

Lph. 4 - Genehmigungsplanung

Bauvorhaben „KV Drehscheibe Rhein Ruhr – Hochwasserschutz“

Genehmigungsstatik Bohrpfehlwand



AUFTRAGGEBER:



DB Netz AG
Königstraße 57
47051 Duisburg

AUFTRAGNEHMER:



WKP Planungsbüro für
Bauwesen GmbH, VBI
Karl-Marx-Straße 23
01109 Dresden

Dresden, 28. Juni 2022

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 Karl-Marx-Straße 23, 01109 Dresden T +49 351 48 50 3-0, F +49 351 48 50 3-20 info@wkp-dresden.de, www.wkp-dresden.de	Datum:	06/2022
		Verfasser:	Gantzckow/ Lippmann

Inhaltsverzeichnis

1	VORBEMERKUNGEN	1-1
1.1	Veranlassung.....	1-1
1.2	Beschreibung des Tragwerkes	1-1
1.3	Literatur/ Vorschriften/ Unterlagen	1-2
1.4	Geometrisches System (Übersicht).....	1-3
1.5	Querschnitte.....	1-3
1.6	Planungsgrundlagen	1-4
1.7	Materialkennwerte	1-4
1.8	Angaben Baugrund.....	1-6
2	BEMESSUNG.....	2-1
2.1	Berechnungsmodell	2-1
2.2	Einwirkungen und Teilsicherheitsbeiwerte.....	2-2
2.2.1	ständige Einwirkungen	2-2
2.2.2	veränderliche Einwirkungen	2-2
2.3	Teilsicherheitsbeiwerte.....	2-3
3	NACHWEIS BOHRPFÄHLE.....	3-1
3.1	Mindestbewehrung eines Bohrpfahls nach DIN EN 1536.....	3-1
3.2	Konstruktive Einbindetiefe und Ausbildung der Bohrpfahlwand	3-1
3.3	Bemessung der Bohrpfahlwand.....	3-2
3.4	Zusammenfassung.....	3-2
4	BEWEHRUNGSSKIZZEN	4-1
4.1	Verankerungslängen nach EC2 [4]	4-1
4.2	Bewehrungsskizzen.....	4-2
5	UNTERSCHRIFTEN	5-1

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite:	0-2
Kapitel / Vorgang:	Inhaltsverzeichnis Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:	

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN	Karl-Marx-Straße 23, 01109 Dresden T +49 351 48 50 3-0, F +49 351 48 50 3-20 info@wkp-dresden.de, www.wkp-dresden.de	Datum: 06/2022 Verfasser: Gantzckow/ Lippmann

Anlagenverzeichnis

Anlage A1 Berechnungsprotokoll Schnitt Ost

Anlage A2 Berechnungsprotokoll Schnitt Mitte

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grundriss.....	1-3
Abbildung 2: Querschnitt Ost.....	1-3
Abbildung 3: Querschnitt Mitte	1-4
Abbildung 4 Baugrundmodell und Bodenkennwerte [11]	1-6
Abbildung 5 Teilsicherheiten für Einwirkungen und Beanspruchungen [6].....	2-3
Abbildung 6 Teilsicherheiten für geotechnische Kenngrößen [6].....	2-4
Abbildung 7 Teilsicherheiten für Widerstände [6].....	2-5
Abbildung 8 Bewehrungsskizze Bohrpfahl und Kopfbalken.....	4-3

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite: 0-3
Kapitel / Vorgang:	Inhaltsverzeichnis Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN	Karl-Marx-Straße 23, 01109 Dresden T +49 351 48 50 3-0, F +49 351 48 50 3-20 info@wkp-dresden.de, www.wkp-dresden.de	Datum: 06/2022 Verfasser: Gantzckow/ Lippmann

1 Vorbemerkungen

1.1 Veranlassung

In mehreren Baustufen erfolgt die Realisierung der KV Drehscheibe Rhein Ruhr im Rangierbahnhof Duisburg-Ruhrort. Durch den geplanten und mit dem BMVBS abgestimmten stufenweisen Ausbau des Standortes Duisburg zu einer Drehscheibenfunktion im Containerumschlag wird der Einsatz von überregionalen KV-Shuttlezügen aus den Seehäfen und einer optimalen Vernetzung mit den regionalen Containerumschlaganlagen insbesondere Dritter möglich.

Im Rahmen eines Planungsvorhabens wurde eine Vorzugsvariante für die Gestaltung der Drehscheibe erarbeitet und bis zur Genehmigungsreife entwickelt. Im Zuge des darauffolgenden Planfeststellungsverfahrens wurde ein Eingriff in den derzeitigen Status des Hochwasserschutzes festgestellt. Laut einer Stellungnahme der Bezirksregierung Düsseldorf ist der Hochwasserschutz sicherzustellen bevor eine andere Baumaßnahme umgesetzt werden kann.

1.2 Beschreibung des Tragwerkes

Zur Herstellung eines ausreichenden Hochwasserschutzes wird in die bestehenden Deichanlagen eine überschnittene Bohrpfahlwand als dichtendes Element eingefügt. Die Bohrpfähle werden mit einem Durchmesser von 60 cm in Ortbeton hergestellt. Die Wand erstreckt sich über eine Länge von 25,00 m.

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite: 1-1
Kapitel/ Vorgang:	1 - Vorbemerkungen Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN	Datum:	06/2022
		Verfasser:	Gantzckow/ Lippmann

1.3 Literatur/ Vorschriften/ Unterlagen

- [1] DIN EN 1990:2010 Grundlagen der Tragwerksplanung
- [2] DIN EN 1990/NA/A1: 2012-08 Nationaler Anhang – Grundlagen der Tragwerks-planung; Änderung A1
- [3] DIN EN 1991-1:2010 Einwirkungen auf Tragwerke. Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke, Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau
- [4] DIN EN 1992-1-1:2004+AC:2010 Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [5] DIN EN 1992-1-1/NA Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau Nationaler Anhang
- [6] DIN EN 1536: 2010+A1:2015 Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Bohrpfähle
- [7] DIN 1054 Baugrund – Sicherheitsnachweis im Erd- und Grundbau – ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
- [8] Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen EAU 2012
- [9] Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ 2. Auflage, 2012
- [10] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten ZTV-ING Stand Oktober 2021
- [11] IBES Baugrundinstitut GmbH: „Geotechnischer Bericht“ zum Projekt BF Duisburg-Ruhrort Hafen, Stand 08.10.2021

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite:	1-2
Kapitel/ Vorgang:	1 - Vorbemerkungen Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:	

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN Karl-Marx-Straße 23, 01109 Dresden T +49 351 48 50 3-0, F +49 351 48 50 3-20 info@wkp-dresden.de, www.wkp-dresden.de	Datum:	06/2022
		Verfasser:	Gantzckow/ Lippmann

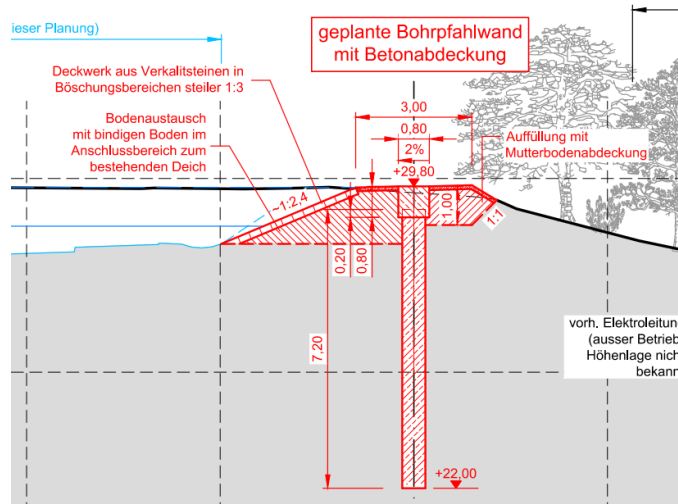


Abbildung 3: Querschnitt Mitte

1.6 Planungsgrundlagen

Objektplanung WKC (Stand 08.10.2021)

Vermessung Angermeier Ingenieure (Stand 20.12.2021)

Baugrundgutachten IBES (Stand 08.10.2021)

1.7 Materialkennwerte

Primärpfahl: Stahlbeton, Festigkeitsklasse C25/30

Expositionsclassen XC2, WA,

Sekundärpfahl: Stahlbeton, Festigkeitsklasse C25/30

Expositionsclassen XC2, WA

Betonstahl B 500 B

Betondeckung $c_{nom} = 50 \text{ mm}$ nach DIN 1536 [6]

Kopfbalken Stahlbeton, Festigkeitsklasse C35/45

Expositionsclassen XC2, XD2, XF2, WA

Betonstahl B 500 B

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite:	1-4
Kapitel/ Vorgang:	1 - Vorbemerkungen Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:	

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN	Datum:	06/2022
		Verfasser:	Gantzckow/ Lippmann

Betondeckung

$c_{nom} = 55 \text{ mm}$ nach ZTV-Ing [10]

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite:	1-5
Kapitel/ Vorgang:	1 - Vorbemerkungen Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:	

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN <small>Karl-Marx-Straße 23, 01109 Dresden T +49 351 48 50 3-0, F +49 351 48 50 3-20 info@wkp-dresden.de, www.wkp-dresden.de</small>	Datum:	06/2022
		Verfasser:	Gantzckow/ Lippmann

1.8 Angaben Baugrund

Das Baugrundgutachten wurde von der Fa. IBES Baugrundinstitut GmbH am 08.10.2021 [11] erstellt und stellt eine Planungsgrundlage dieser Unterlage dar. Das Baugelände ist naturräumlich der mittleren Niederrheinebene zuzuordnen. Zur Erkundung der Baugrundsituation wurden vom 28. bis 30.06.2021 insgesamt 9 Rammkernsondierungen ausgeführt. Darüber hinaus wurde zur Bestimmung der Lagerungsdichte grob- und gemischtkörniger Böden bei den RKS zusätzlich jeweils eine schwere Rammsondierung (DPH) niedergebracht. Aus den Untersuchungen wurde das folgende Baugrundmodell abgeleitet:

Schicht-komplex	Bodenart ¹⁾	Bodengruppe n. DIN 18196	Konsistenz/ Lagerung/	γ/γ' [kN/m³]	ϕ' [°]	c' [kN/m²]	c_u [kN/m²]	E_s [MN/m²]
Oberboden	Oberboden	[SU/OH], [UL/OH]	-	17/8	-	-	0	-
Auffüllungen	Sand, stark kies-, schw. schluffhaltig	[SU]	locker	18/8	30,0	0	0	20-30
			mitteldicht	19/10	35,0			30-50
	Kies, sand-, teilw. schw. schluffhaltig	[GI], [GU]	locker	18/8	32,5	0	0	20-30
			mitteldicht	19/10	35,0			30-50
	Kies, sand- und schluffhaltig bzw. Sand, kies- und schluffhaltig	[GU*], [SU*]	locker	19/9	30,0	0	0	15-20
			mitteldicht	20/10	32,5			20-30
	Ton, sand- und schluffhaltig bzw. Schluff, sand- und tonhaltig	[TL], [TL/TM], [TM], [UL]	weich, weich-steif	19/9	27,5	0-5	20-50	3-6
Auen-lehme	Sand-Schluff-Mischböden	SU*/UL	weich	19/9	27,5	0-2	5-20	6-8
	Ton, schluff- und sandhaltig	TL/TM, TM	weich	19/9	25,0	2-3	20	3-5
	Schluff, ton- und sandhaltig bzw. Sand-Schluff-Mischböden	UL, SU*/UL	weich	19/9	27,5	1-2	20	3-6
Quartäre Kiese	Kies, sand-, teilw. schw. schluffhaltig	GI, GU	mitteldicht	19/9	32,5	0	0	30-50
			dicht	20/10	35,0			50-80

Abbildung 4 Baugrundmodell und Bodenkennwerte [11]

Die erkundeten Schichtdicken sind maßgebend von der einzelnen Rammkernsondierung. Den Berechnungen werden die Sondierungen in der Nähe der Wandachse zugrunde gelegt. Dies sind die RKS/DPH 01 und die RKS/DPH 03.

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite:	1-6
Kapitel/ Vorgang:	1 - Vorbemerkungen Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:	

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN	Datum:	06/2022
		Verfasser:	Gantzckow/ Lippmann

Karl-Marx-Straße 23, 01109 Dresden
T +49 351 48 50 3-0, F +49 351 48 50 3-20
info@wkp-dresden.de, www.wkp-dresden.de

Im Rahmen der Vorplanung wurde sich dafür entschieden, als abdichtendes Element des Deiches eine Bohrpfahlwand aus überschnittenen Großbohrpfählen zu errichten. Die hierfür benötigten Kennwerte der Pfahlmantelreibung und des Pfahlspitzendrucks wurde vom Baugrundgutachter ermittelt und können der folgenden Tabelle entnommen werden.

Schichtkomplex	L.-dichte / Konsistenz	SUK [m NHN]	$q_{s,k}$ [MN/m ²]	q_{bk} [MN/m ²]		
				$s/D_s = 0,02^{1)}$	$s/D_s = 0,03^{1)}$	$s/D_s = 0,10^{1)}$
Auffüllungen + Auenlehme	i. M. locker (Auffüllungen)	24,5	0,02	- ²⁾	- ²⁾	- ²⁾
	i. M. weich (Auenlehme)					
Quartäre Kiese	i. M. locker (-mitteldicht)	23,5	0,06	0,6	0,7	1,6
	i. M. locker (-mitteldicht)	19,5 ³⁾	0,09	0,9	1,1	2,4

¹⁾ Bezogene Pfahlkopfsetzung s/D_s bei $q_{b,k}$

²⁾ Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Schichtmächtigkeit nicht erfüllt

³⁾ Aufschlussendtiefe; die erforderliche Tiefe der Baugrunderkundung muss gemäß EA-Pfähle mind. $4 \times D_A$ -Pfahl unter UK_{Pfahl} betragen, was bei der Dimensionierung der Pfähle zu berücksichtigen ist. Bei tiefer reichenden Pfählen ist zwingend eine Abstimmung mit dem Baugrundgutachter erforderlich

Weiterhin wurde vom zuständigen vom Baugrundgutachter angegeben, dass die Bohrpfähle mindestens 2,5 m in den tragfähigen Baugrund einbinden müssen. Dieser steht mit den quartären Kiesen erst ab einer Tiefe von 24,5 m NHN an.

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite:	1-7
Kapitel/ Vorgang:	1 - Vorbemerkungen Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:	

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN	Karl-Marx-Straße 23, 01109 Dresden T +49 351 48 50 3-0, F +49 351 48 50 3-20 info@wkp-dresden.de, www.wkp-dresden.de	Datum: 06/2022 Verfasser: Gantzckow/ Lippmann

2 Bemessung

2.1 Berechnungsmodell

Die Bemessung und Nachweise der Standsicherheit der überschnittenen Bohrpfahlwand erfolgen an einem Baugrundmodell, bei dem alle maßgebenden Baugrundeigenschaften sowie die Geometrie des Geländes und der Wand erfasst werden. Die Berechnung erfolgt an einem Meterstreifen.

Für die geotechnischen Berechnungen und Bemessungen der überschnittenen Bohrpfahlwand wurde das Programm GGU-Retain Version 7.96 der Firma Civilserve verwendet.

Kontaktadresse: Civilserve GmbH
 EDV für Bauwesen
 Am Hafen 22 Telefon: +49-549-2 96 29 20
 D-38112 Braunschweig Telefax: +49-531-2 15 98 51

GGU-Retain ist ein Programm zur Berechnung und Bemessung von Gründungen nach dem Global- und Teilsicherheitsprinzip sowie EAB und EAP. Das Programm vereinfacht u.a. die Optimierung der Einbindetiefe.

Folgende Parameter fließen für die Dimensionierung der Bohrpfähle an den Bemessungsschnitten ein:

	Schnitt Ost	Schnitt Mitte
OK Wand	29,80 m NHN	29,80 m NHN
Erddruck	aktiv (50% erhöht)	aktiv (50% erhöht)
Bemessungssituation	BS-P	BS-P
Wasserstand (BHQ 2004)	29,77 m NHN	29,77 m NHN
Durchmesser	60 cm	60 cm

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite: 2-1
Kapitel/ Vorgang:	2 - Bemessung Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN	Karl-Marx-Straße 23, 01109 Dresden T +49 351 48 50 3-0, F +49 351 48 50 3-20 info@wkp-dresden.de, www.wkp-dresden.de	Datum: 06/2022 Verfasser: Gantzckow/ Lippmann

2.2 Einwirkungen und Teilsicherheitsbeiwerte

2.2.1 ständige Einwirkungen

Das Eigengewicht der Bohrpfähle wird programmintern mit einer Wichte von 25 kN/m³ [3] berücksichtigt.

Das Gewicht des Kopfbalkens wird als Linienlast je Meter angesetzt und ergibt sich aus dem Querschnitt des Balkens. Es ergeben sich die ständigen Ausbaulasten zu:

$$\begin{aligned}
 \text{Kopfbalken:} & \quad 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,8 \text{ m} \cdot 0,8 \text{ m} & = 16 \text{ kN/m} \\
 \text{Summe:} & & = 16,0 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

2.2.2 veränderliche Einwirkungen

Aufgrund der Lage der Bohrpfähle kommt es keinen veränderlichen Einwirkungen auf die Bohrpfahlwand. Um den sich einstellenden Wasserdruck eines Hochwassers im Modell abzubilden, werden unterschiedliche Wasserspiegellagen auf der aktiven und passiven Seite der Wand eingeben.

Wasserspiegelhöhe Aktivseite:	29,77 m NHN
Wasserspiegelhöhe Passivseite:	27,00 m NHN (≈ Geländegleichlage, Ost)
Wasserspiegelhöhe Passivseite:	25,00 m NHN (≈ Geländegleichlage, Mitte)

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite: 2-2
Kapitel/ Vorgang:	2 - Bemessung Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN	Karl-Marx-Straße 23, 01109 Dresden T +49 351 48 50 3-0, F +49 351 48 50 3-20 info@wkp-dresden.de, www.wkp-dresden.de	Datum: 06/2022 Verfasser: Gantzckow/ Lippmann

2.3 Teilsicherheitsbeiwerte

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

Einwirkung bzw. Beanspruchung	Formelzeichen	Bemessungssituation		
		BS-P	BS-T	BS-A
HYD und UPL: Grenzzustand des Versagens durch hydraulischen Grundbruch und Aufschwimmen				
Destabilisierende ständige Einwirkungen ^a	$\gamma_{G,dst}$	1,05	1,05	1,00
Stabilisierende ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,stb}$	0,95	0,95	0,95
Destabilisierende veränderliche Einwirkungen	$\gamma_{Q,dst}$	1,50	1,30	1,00
Stabilisierende veränderliche Einwirkungen	$\gamma_{Q,stb}$	0	0	0
Strömungskraft bei günstigem Untergrund	γ_H	1,35	1,30	1,20
Strömungskraft bei ungünstigem Untergrund	γ_H	1,80	1,60	1,35
EQU: Grenzzustand des Verlusts der Lagesicherheit				
Ungünstige ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,dst}$	1,10	1,05	1,00
Günstige ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,stb}$	0,90	0,90	0,95
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,50	1,25	1,00
STR und GEO-2: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund				
Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen allgemein ^a	γ_G	1,35	1,20	1,10
Beanspruchungen aus günstigen ständigen Einwirkungen ^b	$\gamma_{G,inf}$	1,00	1,00	1,00
Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen aus Erdruchedruck	$\gamma_{G \cdot E0}$	1,20	1,10	1,00
Beanspruchungen aus ungünstigen veränderlichen Einwirkungen	γ_Q	1,50	1,30	1,10
Beanspruchungen aus günstigen veränderlichen Einwirkungen	γ_Q	0	0	0
GEO-3: Grenzzustand des Versagens durch Verlusts der Gesamtstandsicherheit				
Ständige Einwirkungen ^a	γ_G	1,00	1,00	1,00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,30	1,20	1,00
SLS: Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit				
$\gamma_G = 1,00$ für ständige Einwirkungen bzw. Beanspruchungen				
$\gamma_Q = 1,00$ für veränderliche Einwirkungen bzw. Beanspruchungen				
^a einschließlich ständigem und veränderlichem Wasserdruck.				
^b nur im Sonderfall nach 7.6.3.1 A (2).				

Abbildung 5 Teilsicherheiten für Einwirkungen und Beanspruchungen [7]

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite: 2-3
Kapitel/ Vorgang:	2 - Bemessung Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN	Karl-Marx-Straße 23, 01109 Dresden T +49 351 48 50 3-0, F +49 351 48 50 3-20 info@wkp-dresden.de, www.wkp-dresden.de	Datum: 06/2022 Verfasser: Gantzckow/ Lippmann

Tabelle A 2.2 — Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_M^{3)}$ für geotechnische Kenngrößen

Bodenkenngröße	Formelzeichen	Bemessungssituation		
		BS-P	BS-T	BS-A
HYD und UPL: Grenzzustand des Versagens durch hydraulischen Grundbruch und Aufschwimmen				
Reibungsbeiwert $\tan \phi'$ des dränierten Bodens und Reibungsbeiwert $\tan \phi_u$ des undränierten Bodens	$\gamma_{\phi'}, \gamma_{\phi u}$	1,00	1,00	1,00
Kohäsion c' des dränierten Bodens und Scherfestigkeit c_u des undränierten Bodens	$\gamma_{c'}, \gamma_{cu}$	1,00	1,00	1,00
GEO-2: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund				
Reibungsbeiwert $\tan \phi'$ des dränierten Bodens und Reibungsbeiwert $\tan \phi_u$ des undränierten Bodens	$\gamma_{\phi'}, \gamma_{\phi u}$	1,00	1,00	1,00
Kohäsion c' des dränierten Bodens und Scherfestigkeit c_u des undränierten Bodens	$\gamma_{c'}, \gamma_{cu}$	1,00	1,00	1,00
GEO-3: Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtstandsicherheit				
Reibungsbeiwert $\tan \phi'$ des dränierten Bodens und Reibungsbeiwert $\tan \phi_u$ des undränierten Bodens	$\gamma_{\phi'}, \gamma_{\phi u}$	1,25	1,15	1,10
Kohäsion c' des dränierten Bodens und Scherfestigkeit c_u des undränierten Bodens	$\gamma_{c'}, \gamma_{cu}$	1,25	1,15	1,10

Abbildung 6 Teilsicherheiten für geotechnische Kenngrößen [7]

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite: 2-4
Kapitel/ Vorgang:	2 - Bemessung Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN	Karl-Marx-Straße 23, 01109 Dresden T +49 351 48 50 3-0, F +49 351 48 50 3-20 info@wkp-dresden.de, www.wkp-dresden.de	Datum: 06/2022 Verfasser: Gantzckow/ Lippmann

Tabelle A 2.3 — Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_R^{4)}$ für Widerstände

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

Abbildung 7 Teilsicherheiten für Widerstände [7]

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite: 2-5
Kapitel/ Vorgang:	2 - Bemessung Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN	Karl-Marx-Straße 23, 01109 Dresden T +49 351 48 50 3-0, F +49 351 48 50 3-20 info@wkp-dresden.de, www.wkp-dresden.de	Datum: 06/2022 Verfasser: Gantzckow/ Lippmann

3 Nachweis Bohrpfähle

3.1 Mindestbewehrung eines Bohrpfahls nach DIN EN 1536

Bei der vorliegenden Wand wird jeder zweite Pfahl als bewehrter Pfahl hergestellt. Die Mindestlängsbewehrung der Sekundärpfähle wird dabei gemäß DIN EN 1536 7.5.2.2 [6] ermittelt.

$$\begin{aligned}
 \text{Nettoquerschnitt des Bohrpfahls:} \quad A_c &= 0,28 \text{ m}^2 \\
 \rightarrow A_s \geq 0,5\% A_c: \quad A_{s, \text{erf.}} &= 14,1 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Es werden 6 Stäbe mit einem Durchmesser von 20 mm gewählt. Die Querschnittfläche der Längsbewehrung ergibt sich damit zu $A_{s, \text{gew.}} = 18,85 \text{ cm}^2$. Die Betondeckung ist dabei mit 50 mm auszuführen.

Der Minstdurchmesser der Querbewehrung ergibt sich nach Punkt 7.5.3.1 DIN EN 1536 [6] zu größer 6 mm. Im Programm wurde eine notwendige Querbewehrung von $5 \text{ cm}^2/\text{m}$ ermittelt. Es wird eine Wendelbewehrung ausgeführt (Ganghöhe 25 cm, Stabdurchmesser 14 mm. Es ergibt sich ein Bewehrungsgehalt von $6,16 \text{ cm}^2/\text{m}$.

3.2 Konstruktive Einbindetiefe und Ausbildung der Bohrpfahlwand

Wie unter Punkt 1.8 bereits beschrieben wurde, müssen die Bohrpfähle gemäß den Empfehlungen des Arbeitskreises Pfähle [9] eine Mindesteinbindetiefe von 2,50 m in tragfähigen Boden aufweisen. Dieser ist mit den Quartären Kiesen im anstehenden Baugrund in einer Tiefe von 24,50 m NHN durchgängig gegeben. Die Unterkante der bewehrten und unbewehrten Pfähle ergibt sich damit zu 22,00 m NHN.

Weiterhin muss die Tiefe der Baugrunduntersuchung gemäß EA-Pfähle [9] mindestens $4 \times D_A$ -Pfahl betragen. Der Abstand zur Aufschlussendtiefe beträgt im vorliegenden Fall:

$$\begin{aligned}
 \text{UK Pfahl:} &= 22,00 \text{ m NHN} \\
 \text{Aufschlussendtiefe:} &= 19,50 \text{ m NHN} \\
 19,50 \text{ m} < 22,00 \text{ m NHN} - 2,40 \text{ m} &= 19,60 \text{ m NHN} \quad \text{NW erfüllt}
 \end{aligned}$$

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite:	3-1
Kapitel/ Vorgang:	3 - Nachweis Bohrpfähle Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:	

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN	Karl-Marx-Straße 23, 01109 Dresden T +49 351 48 50 3-0, F +49 351 48 50 3-20 info@wkp-dresden.de, www.wkp-dresden.de	Datum: 06/2022 Verfasser: Gantzckow/ Lippmann

Der Achsabstand der Pfähle wird dabei mit 0,5 m den Empfehlungen der EAU [8] und der ZTV-W folgend gewählt. Gemäß Punkt 10.9.2.1 ist die Wand damit als nahezu wasserdicht anzusehen.

Mit dem zuständigen Baugrundgutachter wurde abgestimmt, dass die Mindesteinbindetiefe nach EA-Pfähle nur für die bewehrten Sekundärpfähle auszuführen ist. Aufgrund der sehr geringen vertikalen Lasten könnten die Sekundärpfähle kürzer ausgeführt werden.

Nach erneuter Rücksprache mit dem Projektingenieur von WKC Hamburg, wurde sich jedoch auf die gleiche Einbindetiefe wie die der Primärpfähle geeinigt.

UK Sekundärpfähle= 22,00 m NHN

3.3 Bemessung der Bohrpfahlwand

Die Bemessung erfolgt mit dem Programm GGU. Ein ausführliches Bemessungsprotokoll kann dem Anhang entnommen werden. Es wurden sowohl die Nachweise der inneren Standsicherheit, als auch der äußeren Standsicherheit geführt.

3.4 Zusammenfassung

Alle Nachweise werden durch die gewählte Konstruktion erfüllt. Es werden überschnittene Bohrpfähle mit einem Durchmesser von 60 cm gewählt, welche einen Achsabstand von 50 cm aufweisen. Die Primärpfähle werden unbewehrt ausgeführt, während die Sekundärpfähle mit Bewehrungskörben hergestellt werden. Die Sekundärpfähle binden mit der Längsbewehrung in einen Kopfbalken ein. Die Unterkante der Bohrpfähle befindet sich bei +22,00 m NHN. Daraus resultiert eine Pfahllänge von 7,00 m.

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite: 3-2
Kapitel/ Vorgang:	3 - Nachweis Bohrpfähle Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN	Karl-Marx-Straße 23, 01109 Dresden T +49 351 48 50 3-0, F +49 351 48 50 3-20 info@wkp-dresden.de, www.wkp-dresden.de	Datum: 06/2022 Verfasser: Gantzckow/ Lippmann

4 Bewehrungsskizzen

Nachfolgend wird die Verankerungslänge der Längsbewehrung in den Kopfbalken ermittelt.

4.1 Verankerungslängen nach EC2 [4]

EC2-1-1, 8.4

Betonfestigkeitsklasse **C35/45**

$$\begin{array}{llll}
 f_{ck} = 35 & \text{MN/m}^2 & f_{cm} = 43 & \text{MN/m}^2 \\
 f_{cd} = 19,8 & \text{MN/m}^2 & f_{ctk,0,05} = 2,25 & \text{MN/m}^2 \\
 f_{ctm} = 3,21 & \text{MN/m}^2 & & \\
 f_{ctd} = 1,5 & \text{MN/m}^2 & E_{cm} = 34,1 & \text{GN/m}^2
 \end{array}$$

Tab. 3.1

Druckstoß

Stabdurchmesser: $\varnothing = 20$ mm

Verbundspannung:

$$\begin{array}{ll}
 \text{für "gute" Verbundbedingungen} & \eta_1 = 1 \\
 \text{Beiwert für Stabdurchmesser} & \eta_2 = 1
 \end{array}$$

8.4.2

Verbundfestigkeit:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 3,38 \text{ MN/m}^2$$

Stahlspannung: $\sigma_{sd} = 435$ MN/m²

Grundwert der Verankerungslänge:

$$l_{b,rqd} = (\varnothing/4) (\sigma_{sd}/f_{bd}) = (20/4) \times (435/3,38) = 643 \text{ mm} \quad (8.3)$$

Mindestverankerungslänge:

$$l_{b,min} = \max \{0,6 \times 643; 10 \times 20; 100\} = 386 \text{ mm} \quad (8.7)$$

$$\begin{array}{ll}
 \alpha_1 = 1,0 & \alpha_2 = 1,0 \\
 \alpha_3 = 1,0 & \alpha_4 = 1,0 \\
 \alpha_5 = 1,0 &
 \end{array}$$

Tab. 8.2

Bemessungswert der Verankerungslänge:

$$\begin{array}{llll}
 l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_5 \alpha_6 l_{b,rqd} = 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 643 = 643 & \geq l_{b,min} \\
 l_{b,min} = 643 & \text{mm}
 \end{array}$$

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite: 4-1
Kapitel/ Vorgang:	4 - Bewehrungsskizzen Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN	Karl-Marx-Straße 23, 01109 Dresden T +49 351 48 50 3-0, F +49 351 48 50 3-20 info@wkp-dresden.de, www.wkp-dresden.de	Datum: 06/2022 Verfasser: Gantzckow/ Lippmann

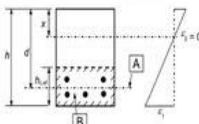
4.2 Pfahlkopfbalken

In Kapitel 4.1 wird die Verankerungslänge des Bohrpfahls in den Kopfbalken rechnerisch ermittelt und muss > 64,3 cm betragen. Der Kopfbalken wird mit einer Höhe von 80 cm ausgeführt und somit ist die rechnerisch ermittelte Verankerungslänge realisierbar.

Ermittlung Mindestbewehrung Kopfbalken:

gewählt:	$\phi_s =$	16	mm
	$a =$	10	cm
	$a_{s, \text{vorh}} =$	20,11	cm ² /m

<u>Material</u>	Betonfestigkeitsklasse C25/30		EC2-2, 3.3.2
$f_{ck} =$	25	MN/m ²	$f_{cm} =$ 33 MN/m ²
$f_{cd} =$	14,2	MN/m ²	$f_{ck, 0,05} =$ 1,79 MN/m ²
$f_{ctm} =$	2,56	MN/m ²	$f_y =$ 435 N/mm ²
$f_{ctd} =$	1,19	MN/m ²	$E_{cm} =$ 31,5 GN/m ²
(für Rissbildung nach 3 bis 5 Tagen)		Faktor 0,50	3.3.2 (2)
	$f_{ct, \text{eff}} =$	0,5 x 2,56 =	1,28 N/mm ²
<u>Geometrie</u>	$h =$	0,80 m	$c_{nom} =$ 5,5 cm
		m	$w_k =$ 0,20 mm
	$h \geq 80$ cm		$k =$ 0,50

<u>Mindestbewehrung für dickere Bauteile</u>		$A_{s, \text{min}} = f_{ct, \text{eff}} \times A_{ct, \text{eff}} / \sigma_s \geq k \times f_{ct, \text{eff}} \times A_{ct} / f_y$		MC2 zu 3.3.2
	$h =$	80	cm	$h/d_1 =$ 12,7
	$d =$	73,7	cm	$h_{ct, \text{eff}}/d_1 =$ 3,27
	$d_1 =$	6,3	cm	$h_{ct, \text{eff}} =$ 20,60 cm
Wirkungsbereich der Bewehrung		$A_{ct, \text{eff}} =$	0,21	m ²
Fläche der Betonzugzone		$A_{ct} =$	0,40	m ²
Grenzdurchmesser:		$d_s^* =$	36,25	mm
zugehörige Spannung:		$\sigma_s =$	138,56	N/mm ²
		$f_{ct, \text{eff}} \times A_{ct, \text{eff}} / \sigma_s =$	19,03	cm ²
		$k \times f_{ct, \text{eff}} \times A_{ct} / f_y =$	5,89	cm ²
$a_{s, \text{vorh}} =$		20,11	cm ² /m	$a_{s, \text{min}} =$ 19,03 cm ² /m
				$a_{s, \text{min}} / a_{s, \text{vorh}} =$ 0,95 Nachweis erfüllt
Verwendung von langsam erhärtenden Betonen mit $r \leq 0,3$		$a_{s, \text{min}}(0,85) =$	16,18	MC2 zu 3.3.2
		$a_{s, \text{min}} / a_{s, \text{vorh}} =$	0,80	

Der Kopfbalken wird wie folgt konstruktiv bewehrt:

längs: Ø 16/10

quer: Bügel Ø12/25

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite:	4-2
Kapitel/ Vorgang:	4 - Bewehrungsskizzen Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:	

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN Karl-Marx-Straße 23, 01109 Dresden T +49 351 48 50 3-0, F +49 351 48 50 3-20 info@wkp-dresden.de, www.wkp-dresden.de	Datum:	06/2022
		Verfasser:	Gantzckow/ Lippmann

4.3 Bewehrungsskizzen

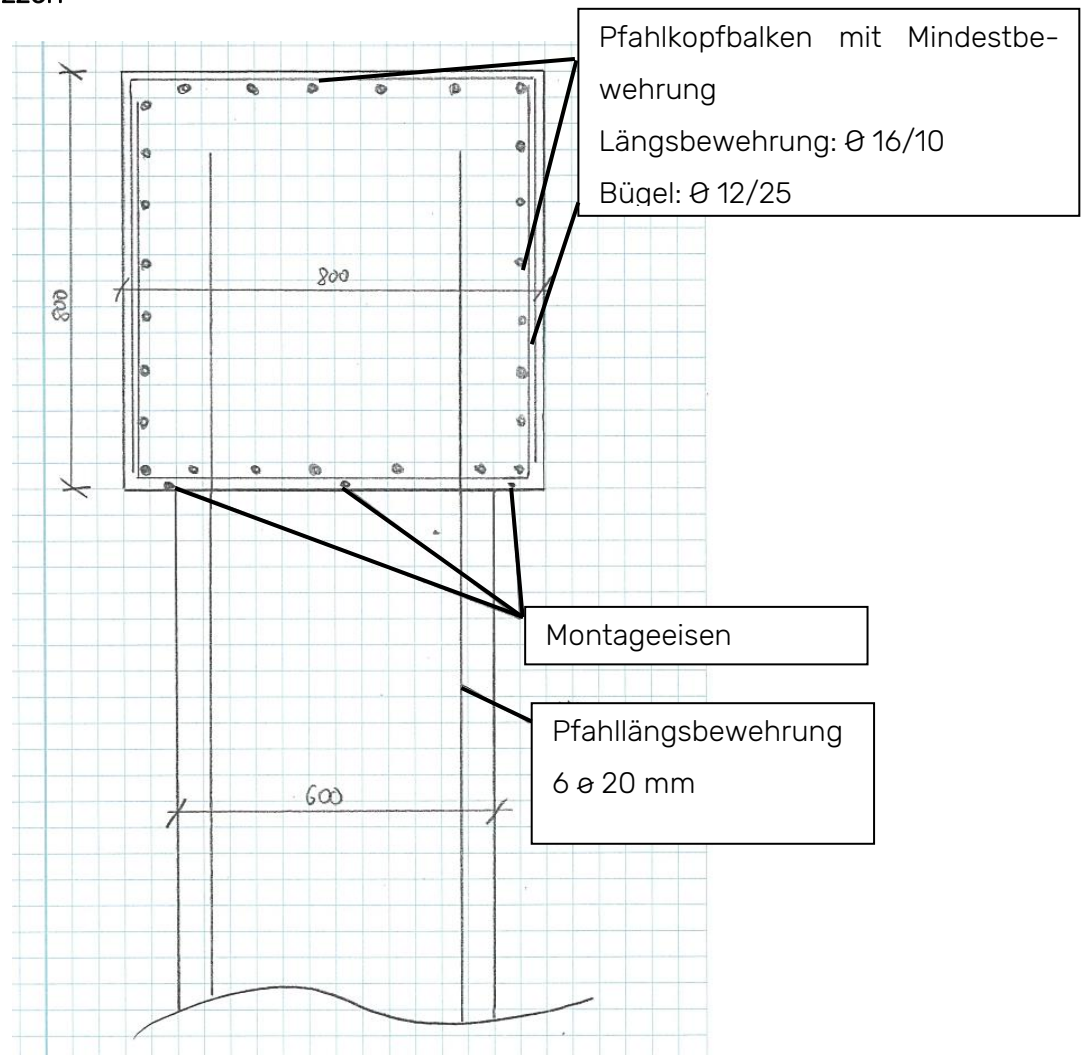


Abbildung 8 Bewehrungsskizze Bohrpfehl und Kopfbalken

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfehlwand	Seite:	4-3
Kapitel/ Vorgang:	4 - Bewehrungsskizzen Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:	

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN	Datum:	06/2022
		Verfasser:	Gantzckow/ Lippmann

5 Unterschriften

Statik aufgestellt:

Dresden, den 29. Juni 2022



(Dipl.-Ing. Florian Gantzckow)

WKP Planungsbüro für
Bauwesen GmbH, VBI

gesehen:

Dresden, den 29. Juni 2022



(Dipl.-Ing. Uwe Bretschneider)

WKP Planungsbüro für
Bauwesen GmbH, VBI

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite: 5-1
Kapitel/ Vorgang:	5 - Unterschriften Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.:

Baumaßnahme:	Anpassung Hochwasserschutz Duisburg	Projekt:	D 21/008
Strecke:	-	Bahn-km:	-
Aufsteller:	 PLANUNGSBÜRO FÜR BAUWESEN	Datum:	06/2022
		Verfasser:	Gantzckow/ Lippmann

Anlage A

Berechnungsprotokolle GGU

Bauteil:	Überschnittene Bohrpfahlwand	Seite: E - 0
Kapitel/ Vorgang:	Anlage A Genehmigungsstatik	Archiv-Nr.: