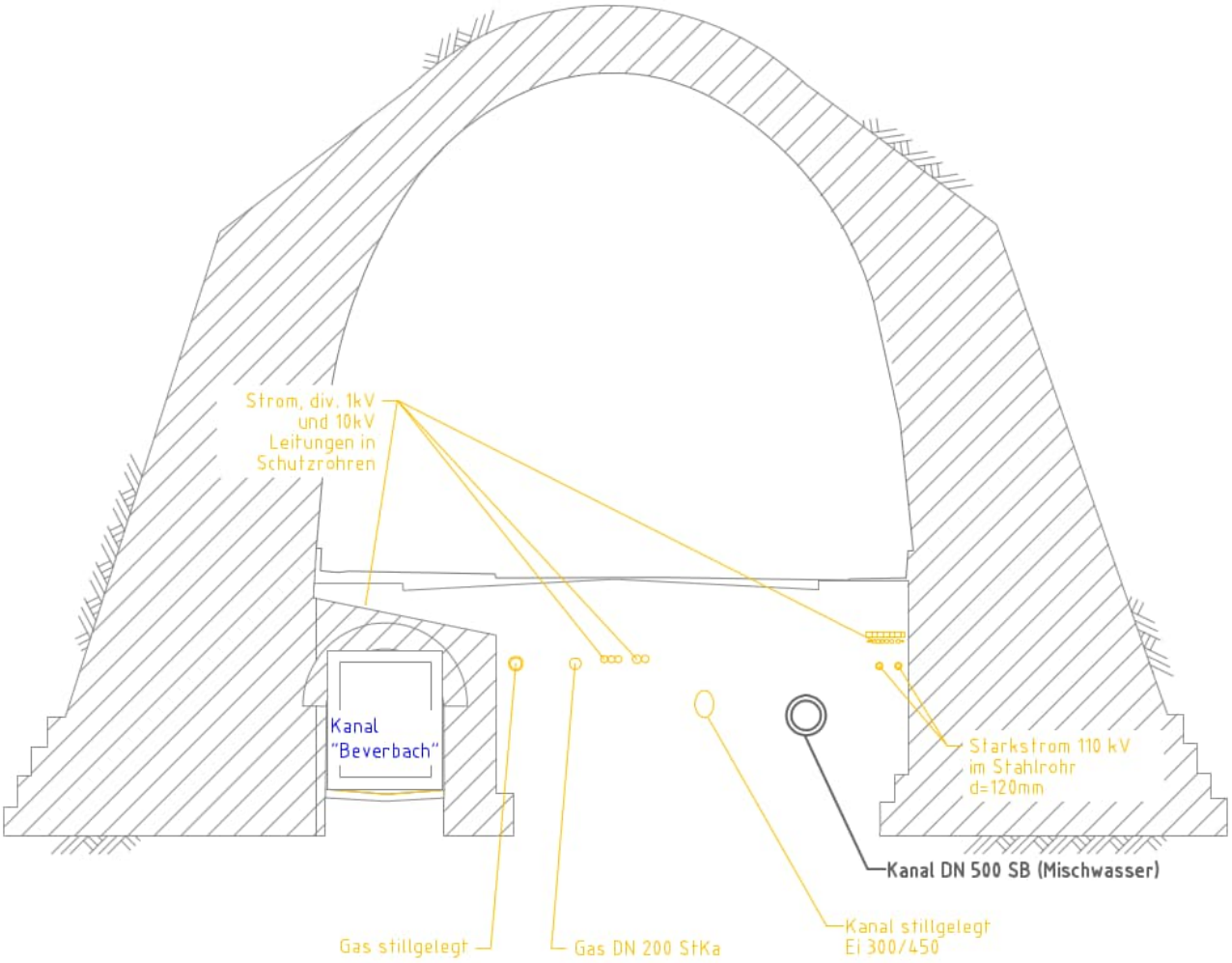
Strecke	2600	km 68,493
Bauwerksnummer	2600/68,493/1615	Entwurfsplanung

Statische Berechnung im Rahmen der Entwurfsplanung Muffengruben und -haus



EÜ Drimbornstraße in Aachen

Inhalt

1 Vorbemerkungen ... 4
1.1 Beschreibung des Tragwerks ... 4
1.2 Quellen ... 5
1.2.1 Technische Vorschriften ... 5
1.2.2 Literatur ... 6
1.2.1 Programme ... 6
1.2.2 Gutachten/Aktenvermerke ... 6
1.3 Lageplan ... 7
1.4 Materialkennwerte ... 9
1.4.1 Betonfestigkeitsklasse ... 9
1.4.2 Eigenschaften der Baustoffe ... 9
1.4.3 Betondeckung ... 10
1.4.4 Unterwasserbetonsohle ... 10
1.5 Baugrundverhältnisse ... 11
1.5.1 Bodenarten und Schichtenfolge ... 11
1.5.2 Baugrundaufbau gemäß Baugrundgutachten ... 13
1.5.3 Grundwasser gemäß Baugrundgutachten ... 13
1.5.4 Gründung ... 13
2 Darstellung und Beschreibung des statischen Systems ... 15
2.1.1 Baugrubenwände ... 15
2.1.2 Kennwerte für die Bemessung ... 17
2.1.3 Statisches System ... 17
3 Einwirkungen und Einwirkungskombination ... 18
3.1 Ständige Einwirkungen ... 18
3.1.1 Eigengewicht des Bauwerks ... 18
3.1.2 Ständiger Erddruck ... 18
3.1.3 Grundwasser ... 18
3.2 Veränderliche Einwirkungen ... 18
3.2.1 Baustellenfahrzeuge ... 18
4 Nachweise am Gesamtsystem ... 19
4.1 Teilsicherheitsbeiwerte ... 19
4.2 Nachweis für Bohrpfahlwände ... 20
4.2.1 Benötigte Bewehrung ... 20
4.3 Nachweise der UWB-Sohle ... 20
4.3.1 Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch ... 21

5 EDV-Ausdrucke 21

Tabellen

Tabelle 1: Streckenparameter der Strecke 2600 4
Tabelle 2: Betoneigenschaften bewehrter Pfähle 9
Tabelle 3: Betonstahleigenschaften 9
Tabelle 4: Betoneigenschaften UWB-Sohle 9
Tabelle 5: Betondeckung Pfähle 10
Tabelle 6: Charakteristische Zahlenwerte ausgewählter geotechnischer Kenngrößen (IBES Baugrundgutachten) 13
Tabelle 7: Charakteristische Werte für Mantelreibung $q_{s,k}$ und Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ bei Bohrpfählen 14
Tabelle 8: Kennwerte der Bohrpfahlwand 17
Tabelle 9: Bodenkennwerte 17
Tabelle 10:Teilsicherheitsbeiwerte ständige und vorübergehende Kombination 19
Tabelle 11:Teilsicherheitsbeiwerte HYD und UPL 19
Tabelle 12:Teilsicherheitsbeiwerte STR und GEO-2 19
Tabelle 13:Teilsicherheitsbeiwerte ständige und vorübergehende Kombination 19
Tabelle 14: Ausnutzungsgrade μ für verschiedene Nachweise 20

Abbildungen

Abbildung 1: Draufsicht 7
Abbildung 2: Querschnitt durch die Drimbornstraße unter der Brücke 8
Abbildung 3: Darstellung der Ausführungssituation für eine Unterwasserbetonsohle, gemäß ZTV-ING 10
Abbildung 4: Lageplan mit Erkundungspunkten 11
Abbildung 5: Bohrkern BK1 12
Abbildung 6: Bohrkerne BK2 und BK3 12
Abbildung 7: Schematischer Längsschnitt eines Muffenhauses (NKT) 15
Abbildung 8: Schematischer Querschnitt eines Muffenhauses (NKT) 15
Abbildung 9: Bohrpfahlwand – Schnitt GGU-RETAIN [m] 16
Abbildung 10: Baugrube ohne UWB-Sohle (links) / Trockenlegung der Baugrube mit UWB-Sohle (rechts) 16

1 Vorbemerkungen

1.1 Beschreibung des Tragwerks

Die hier vorgelegten Berechnungen betreffen die Tiefbaugruben, die für die Erneuerung der Eisenbahnüberführung EÜ Drimbornstraße in Aachen notwendig sind. Der Bahndamm überführt die Strecken 2600, 2564 und 2560.

Grundlage der Berechnungen sind die Vor- und Entwurfsplanungspläne der DB Engineering & Consulting GmbH sowie die Baugrundgutachten von IBES vom 15.01.2016.

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die Streckenparameter zusammengefasst:

Strecke 2600				
Entwurfsgeschwindigkeit (Bahnstrecke)	v_e	=	160	km/h
Bahn-km		=	68,493	km
Überhöhung	u	=	0	mm
Radius	r	=	∞	m
Höhe der Schienenoberkante	H	=	184,8	mNN
Gleislängsneigung	I	=	ca. 2	‰

Tabelle 1: Streckenparameter der Strecke 2600

Unter der Brücke befinden sich ein Mischwasserkanal, ein Bach und diverse Strom und TK-Kabel. Die Strom- und Telekommunikationsleitungen werden vor Erneuerung der Brücke aus dem Brückenbereich entfernt und östlich der Brücke durch den Bahndamm in ein Rohr gelegt. Für die Anschlüsse zwischen Bestand und neuen Leitungen werden für TK- und Stromleitungen Muffengruben benötigt. Die zwei neuen 110kV-Kabel werden nördlich der Brücke in einem Muffenhaus an die Bestandskabel angeschlossen. Südlich der Brücke werden die neuen 110-kV-Kabel bis zum Umspannwerk verlegt, sodass dort kein Muffen erforderlich ist.

Wenn andere Bodeneigenschaften als angenommen vorgefunden werden, ist der Aufsteller zu kontaktieren.

1.2 Quellen

1.2.1 Technische Vorschriften

DIN EN 1990 DIN EN 1990/NA	Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung und Nationaler Anhang
DIN EN 1991-1-1 DIN EN 1991-1-1/NA	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke Teil 1-1: Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau und Nationaler Anhang
DIN EN 1991-1-5 DIN EN 1991-1-5/NA	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke Teil 1-5: Temperatureinwirkungen und Nationaler Anhang
DIN EN 1991-1-7 DIN EN 1991-1-7/NA	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke Teil 1-7: Außergewöhnliche Einwirkungen und Nationaler Anhang
DIN EN 1994-2 DIN EN 1994-2/NA	Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton Teil 2: Allgemeine Bemessungs- und Anwendungsregeln für Brücken und Nationaler Anhang
DIN EN 1997-1 DIN EN 1997-1/NA	Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik Teil 1: Allgemeine Regeln und Nationaler Anhang
Handbuch EC-7-1	Handbuch Eurocode 7 – Geotechnische Bemessung, Band 1
DIN 1054	Baugrund und Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
DIN 4149	Bauten in deutschen Erdbebengebieten Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten
ZTV-ING	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten
EAB	Empfehlung des Arbeitskreises Baugruben 5. Auflage
Ril 836	Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instandhalten
DIN 1045	Beton und Stahlbeton; Bemessung und Ausführung
DIN EN 206	Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

1.2.2 Literatur

Schneider Bautabellen, 20. Auflage, Werner-Verlag 2012

1.2.1 Programme

GGU-RETAIN: Berechnung von Verbauwänden, Version 10.34 04.01 2021, Civilserve GmbH

1.2.2 Gutachten/Aktenvermerke

DB E&C GmbH	Vor- und Genehmigungsplanung Unterlagen, Stand 23.04.2024
IBES Baugrundinstitut GmbH:	Baugrund- und Gründungsgutachten IBES-Projekt-Nr. 13.090.1 vom 15.01.2016 + diverse Stellungnahmen

1.3 Lageplan

Unter der EÜ Drimbornstraße verlaufen im Bestand diverse Stromleitungen, ein Mischwasserkanal und ein Bach. Die Strom- und Telekommunikationsleitungen sollen vor der Baumaßnahme östlich der Brücke in ein Rohr gelegt und somit aus dem Baufeld entfernt werden. In Abbildung 1 ist die Draufsicht des gesamten Abschnitts dargestellt:

Draufsicht

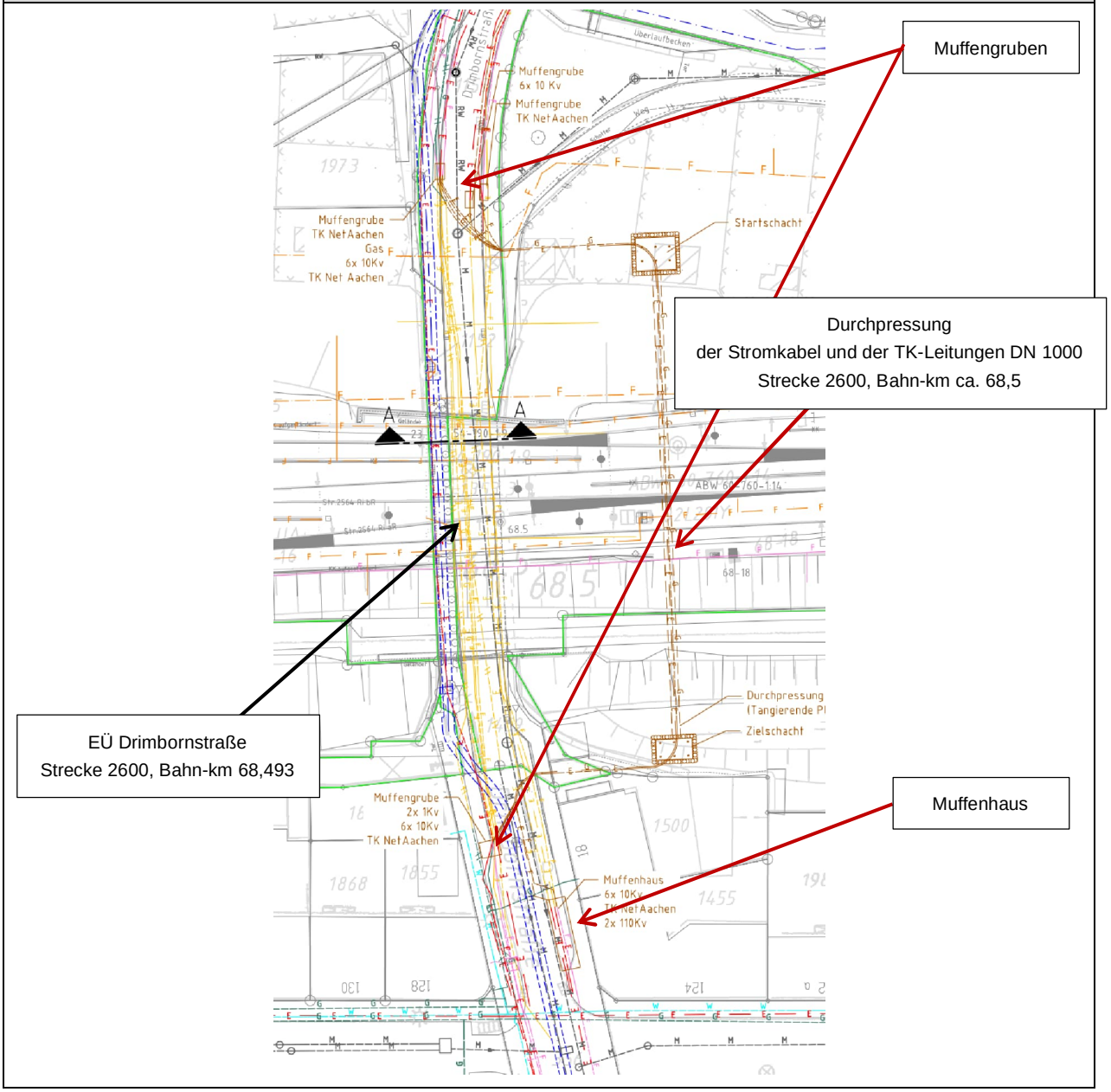


Abbildung 1: Draufsicht

Abbildung 2 zeigt den Querschnitt mit den Bestandskabeln.

Querschnitt

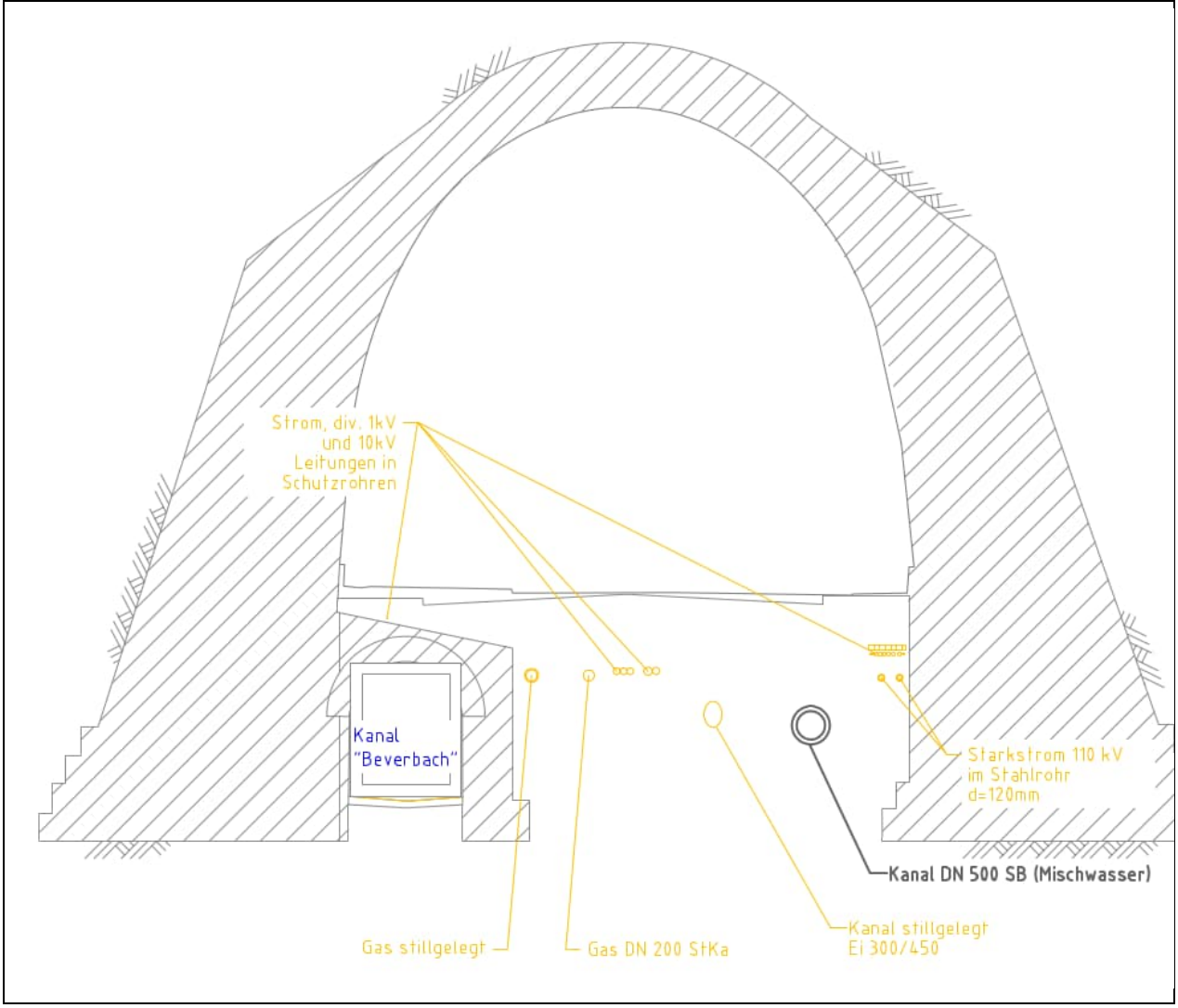


Abbildung 2: Querschnitt durch die Drimbornstraße unter der Brücke

Die Abmessungen der Bauteile sind den Planunterlagen zu entnehmen.

1.4 Materialkennwerte

1.4.1 Betonfestigkeitsklasse

Die Wahl der Betonfestigkeitsklasse hängt von der Expositionsklasse ab. Nach Abschnitt 2(6) der Ril 804.4201 ist für Bauteile von Eisenbahnbrücken im Sprühnebel- und Spritzwasserbereich von Straßen, Rad- und Gehwegen, d.h. mit einem Abstand a < 10 m von der Fahrbahn als tausalzbeansprucht anzusehen. Für diese Bauteile gelten die Anforderungen der ZTV-ING Teil 3 Abschnitt 1 Kapitel 4. Wenn keine Tausalzbeanspruchung vorhanden ist, gilt DIN EN 1992-2.

Ohne Tausalzbeanspruchung ist i.d.R. eine Zuordnung in:

XC1 bis XC4 (Bewehrungskorrosion durch Karbonatisierung),

XF1, XF3 (Frostangriff ohne Taumittel),

XA1 bis XA3 (Betonkorrosion durch chem. Angriff).

1.4.2 Eigenschaften der Baustoffe

Für die bewehrten Pfähle wird die Betonfestigkeitsklasse C30/37 gewählt, siehe Tabelle 2:

Beton				
Charakteristischer Wert der Druckfestigkeit	f_{ck}	=	30	MN/m^2
Elastizitätsmodul	E_{cm}	=	33.000	MN/m^2
Mittlere Zugfestigkeit	f_{ctm}	=	2,9	MN/m^2
Temperaturkoeffizient	α_T	=	$10 \cdot 10^{-6}$	K^{-1}

Tabelle 2: Betoneigenschaften bewehrter Pfähle

Die Eigenschaften des Betonstahls sind nachfolgender Tabelle 3 zu entnehmen.

Betonstahl BSt 500S				
Charakteristischer Wert der Streckgrenze	f_{yk}	=	500	MN/m^2
Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit	$f_{tk,cal}$	=	525	MN/m^2
Elastizitätsmodul	E	=	200.000	MN/m^2

Tabelle 3: Betonstahleigenschaften

Für die unbewehrte Unterwasserbetonsohle wird die Betonfestigkeitsklasse C16/20 gewählt, siehe Tabelle 4:

Beton				
Charakteristischer Wert der Druckfestigkeit	f_{ck}	=	16	MN/m^2
Elastizitätsmodul	E_{cm}	=	29.000	MN/m^2
Mittlere Zugfestigkeit	f_{ctm}	=	1,9	MN/m^2
Temperaturkoeffizient	α_T	=	$10 \cdot 10^{-6}$	K^{-1}

Tabelle 4: Betoneigenschaften UWB-Sohle

1.4.3 Betondeckung

Für die Bohrpfähle gilt nach DIN 1536 die in Tabelle 5 aufgelistete Betondeckung:

Expositionsklasse	Klasse	Beschreibung	Mindestmaß c_{min}
Bewehrungskorrosion, durch Karbonatisierung	XC2	Gründungsbauteile	60 mm

Tabelle 5: Betondeckung Pfähle

Maßgebende Betondeckung $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 60 + 15 = 75$ mm

1.4.4 Unterwasserbetonsohle

Gemäß ZTV-ING – Teil 2 – Abschnitt 1 Baugruben 7.4.2, gilt:

Unterwasserbetonsohlen dürfen für den Nachweis der Auftriebssicherheit des endgültigen Bauwerks nicht herangezogen werden. Unterwasserbetonsohlen sind unbewehrt vorzusehen. Eine Dicke von 1,0 m darf nicht unterschritten werden. Bei einer Nutzung der Unterwasserbetonsohle als Gründungselement sind Maßnahmen zur Minimierung von weichen Ablagerungen unterhalb der Sohle in die Leistungsbeschreibung aufzunehmen. Der Anschlussbereich Sohle / Wand ist vor Einbringen des Unterwasserbetons zu reinigen, durch Tauchereinsatz zu kontrollieren und zu protokollieren. Der Beton ist im Kontraktorverfahren einzubringen.

Die erforderliche Dicke der Unterwasserbetonsohle ist für den festgelegten Bemessungswasserstand für die Bauzeit nachzuweisen.

Zwischen Aushubsohle und Soll-Unterfläche Unterwasserbeton ist für herstellungsbedingte Ungenauigkeiten ein Maß von 30 cm zu berücksichtigen, siehe Abbildung 3 :

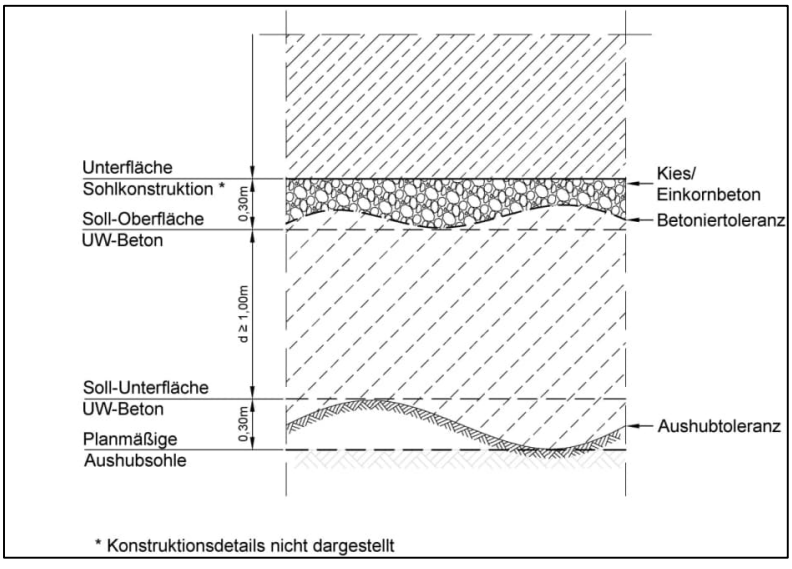


Abbildung 3: Darstellung der Ausführungssituation für eine Unterwasserbetonsohle, gemäß ZTV-ING

Die Ausgleichsschicht ist filterstabil auszuführen, im Randbereich gegen seitliches Ausweichen zu sichern und muss eine Dränwirkung sicherstellen. Aufgesetzte Ankerkopfkonstruktionen sind in der Ausgleichsschicht anzuordnen.

1.5 Baugrundverhältnisse

1.5.1 Bodenarten und Schichtenfolge

Der angenommene Baugrundaufbau für die statischen Berechnungen liegen die Ergebnisse der Baugrunderkundung von IBES zugrunde. Eine Übersicht der Lage der Bohrkerne ist Abbildung 4 zu entnehmen:

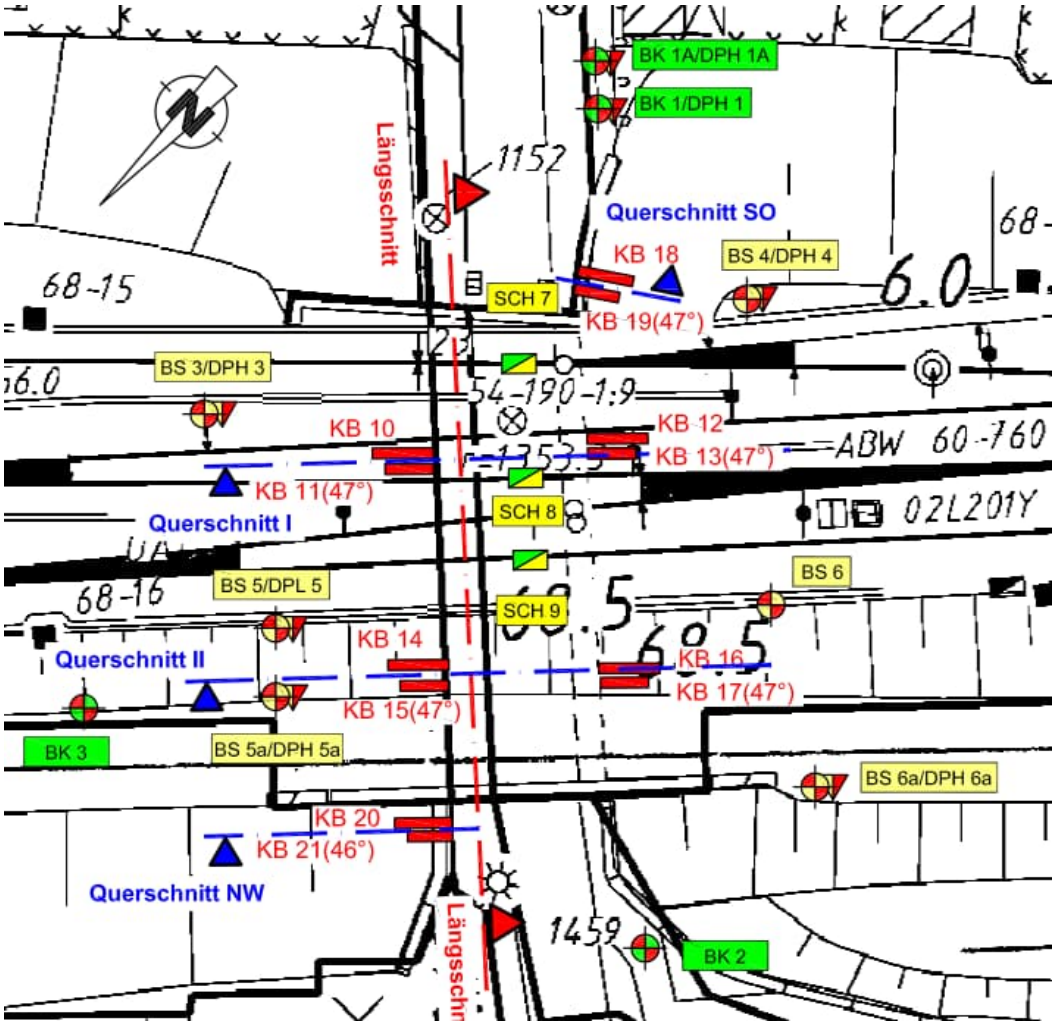


Abbildung 4: Lageplan mit Erkundungspunkten

In Abbildung 5 und Abbildung 6 werden die Ergebnisse der Bohrkerne BK1, BK2 und BK3 dargestellt, die für die Modellierung des Baugrunds verwendet werden.

1.5.1.1 Südseite

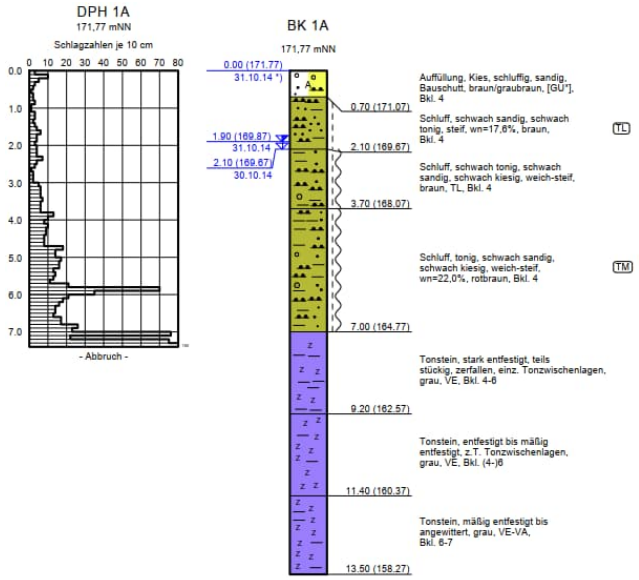


Abbildung 5: Bohrkern BK1

1.5.1.2 Nordseite

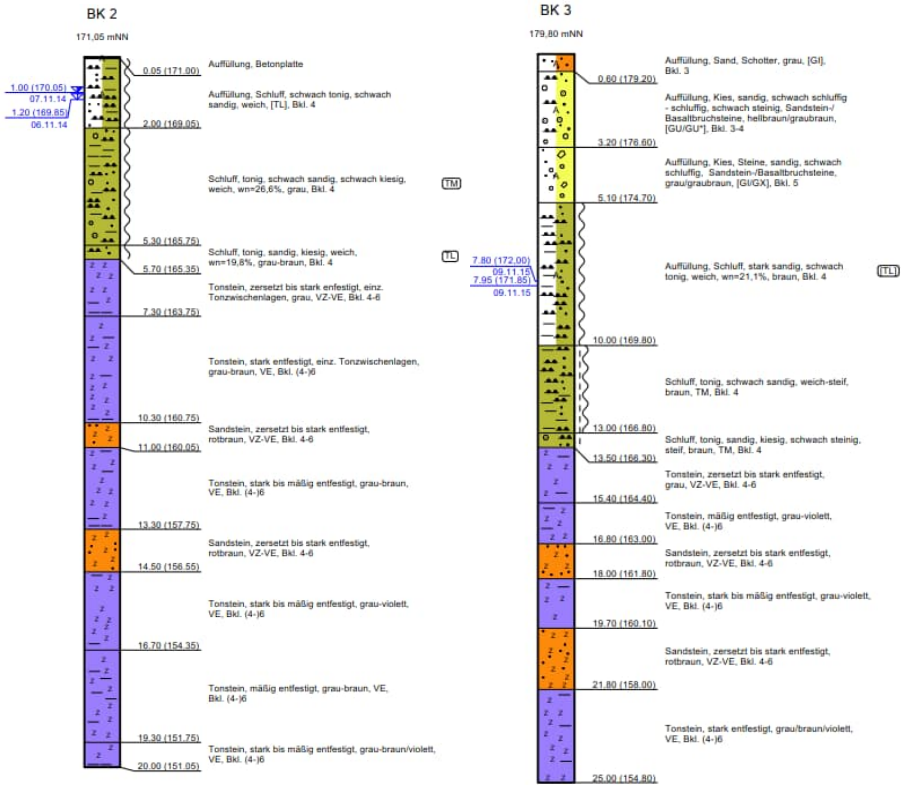


Abbildung 6: Bohrkerne BK2 und BK3

1.5.2 Baugrundaufbau gemäß Baugrundgutachten

In Tabelle 6 sind die charakteristischen Werte der geotechnischen Kenngrößen zusammengefasst:

Schicht-komplex	Bodenart *)	Bodengruppe n. DIN 18196	Konsistenz / Lagerungsdichte / Verwitterungsgrad	γ (γ') [kN/m³]	φk´ [°]	ck´ [kN/m²]	Es,k [MN/m²]
(1)	Kies, sandhaltig,z.T. schwach schluffig / Sand, kieshaltig, z.T. schw. schluffig	[GI], [GU], ([GX]) [SI], [SU]	locker mitteldicht	18 (10) 19 (11)	32,5 35,0	0	30 60
	Kies, sandhaltig, (stark) schluffig / Sand, kieshaltig, (stark) schluffig	[GU*] [SU*]	locker mitteldicht	19 (9) 20 (10)	30,0 32,5	0 3	20 40
	Schluff, ton-, sandhaltig	[TL]	weich steif	19 (10) 20 (11)	27,5	2 5	5 8
		[TM]	weich steif	19 (10) 20 (11)	25,0	2 7	5 8
(2)	Schluff, ton-, sandhaltig	TL	weich steif	19 (10) 20 (11)	27,5	2 5	5 8
		TM	weich steif	19 (10) 20 (11)	25,0	2 7	5 8
(3)	(verwitterter) Tonstein (Sandstein)	(VZ)	zersetzt	21 (12)	25,0	10-20	10 - 20
		(VE)	entfestigt	22 (13)		20-40	20 - 50
		(VA)	angewittert	24 (14)	35,0	40-60	50 - 150

γ (γ´) Wichte (Wichte unter Auftrieb) — c'_k charakteristischer Wert für die Kohäsion
φ'_k charakteristischer Wert für den Reibungswinkel — $E_{s,k}$ charakteristischer Wert für die Steifeziffer
*) Nebenbestandteile, die bei der Vergabe der Kenngrößen unbedeutend sind, sind in dieser Spalte nicht mit aufgeführt.

Tabelle 6: Charakteristische Zahlenwerte ausgewählter geotechnischer Kenngrößen (IBES Baugrundgutachten)

1.5.3 Grundwasser gemäß Baugrundgutachten

Folgende Grundwasserstände werden den Berechnungen für die unterschiedlichen Bemessungssituationen zugrunde gesetzt:

- **$Wsp._{BS-P}$ = 170,5 mNN (= HGW)**
- **$Wsp._{BS-A}$ = 171,0 mNN (= HGW zuzügl. 0,5 m Sicherheitszuschlag)**
- **$Wsp._{BS-T}$ = 170,0 mNN (~ MHGW)**

1.5.4 Gründung

Aufgrund des hohen Grundwasserstands werden überschnittene Bohrpfahlwände vorgesehen, sodass eine wasserdichte Baugrube entsteht.

Bohrpfahlwände

Für Bohrpfähle nach EC 7, DIN-EN 1997 bzw. DIN 1054 und EA Pfähle können die in Tabelle 7 aufgeführten charakteristischen Werte für den Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ sowie die Mantelreibung $q_{s,k}$ zur Konstruktion der Widerstandssetzungslinie gemäß DIN 1054, Anhang B, DIN 4014, 7.1.4 bzw. EA Pfähle bei nicht vorliegender Pfahlprobebelastung, angesetzt werden.

Schicht-komplex	Schicht-UK [mNN]	Lagerungsdichte / Konsistenz / Verwitterungsgrad	Mantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m²]	Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ [1)] [MN/m²]
(1)	167,0	locker-md. / weich bis stf.	0,01 [2)]	- [2)]
(2)	165,0	weich, weich-steif		
(3)	160,0	zersetzt bis stark entfestigt	0,08	1,2
	150,0	entfestigt bis mäßig entfestigt	0,15	2,0

1) bezogene Pfahlkopfsetzung s/D_a bzw. $s/D_b = 0{,}10$ (~ s_g).
2) Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Schichtmächtigkeit nicht erfüllt, daher kein Widerstand ansetzbar.

Tabelle 7: Charakteristische Werte für Mantelreibung $q_{s,k}$ und Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ bei Bohrpfählen

Bei einer Bohrpfahlgründung ist das örtlich gespannte Grundwasser im Tonstein mit zu berücksichtigen und mit Wasserüberdruck zu bohren (vgl. entsprechende Vorschriften).

2 Darstellung und Beschreibung des statischen Systems

2.1.1 Baugrubenwände

Die Strom- und TK-Leitungen werden verlegt und müssen daher südlich und nördlich der Brücke gemufft werden. Für TK- und Stromleitungen werden zum Muffen Tiefbaugruben benötigt. Für den Anschluss der zwei neuen 110kV-Kabel an die Bestandskabel wird nördlich der Brücke ein Muffenhaus gebaut. Südlich der Brücke werden die neuen 110-kV-Kabel bis zum Umspannwerk verlegt. In dieser Statik sollen das Muffenhaus und die Muffengruben berechnet werden.

Diese Baugruben auf der Nordseite der Brücke werden wasserdicht ausgeführt, da sie im Grundwasser liegen. Vertikal wird der Wasserzutritt durch eine UWB-Sohle verhindert. Diese ist nicht kraftschlüssig mit dem Verbau verbunden. Die Muffengruben auf der Südseite liegen oberhalb des Grundwassers und müssen daher nicht durch eine UWB-Sohle gesichert werden. Die Bemessung der Verbauwände erfolgt auf der sicheren Seite für das Muffenhaus. Die gleichen Verbauwände werden für die Muffengruben hergestellt. Da auf der Südseite kein Wasserzutritt erwartet wird, kann je nach vorhandenem Platz geböscht werden.

Das Muffenhaus wird mit einer Grundfläche von L x B = 10,5 m x 2,7 m gemäß Abbildung 7 und Abbildung 8 bemessen. Die lichte Höhe der Baugrube beträgt 2,3 m

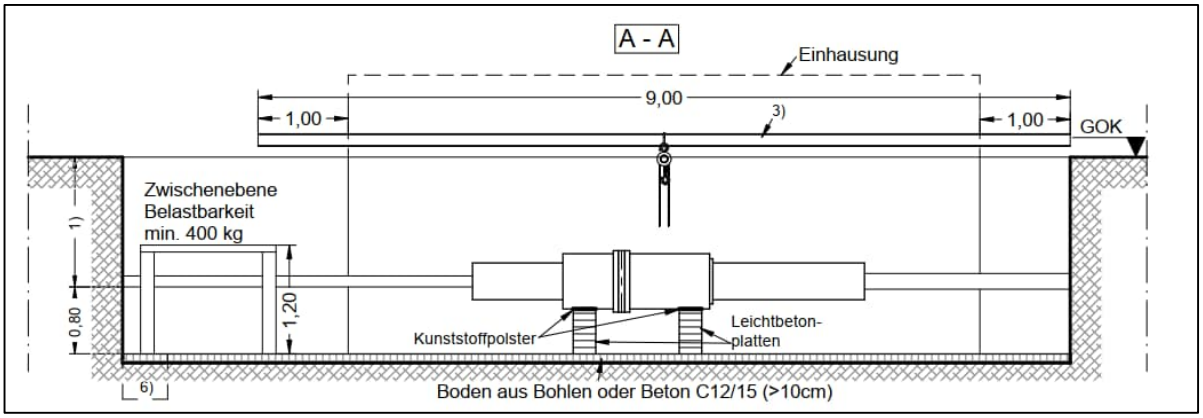


Abbildung 7: Schematischer Längsschnitt eines Muffenhauses (NKT)

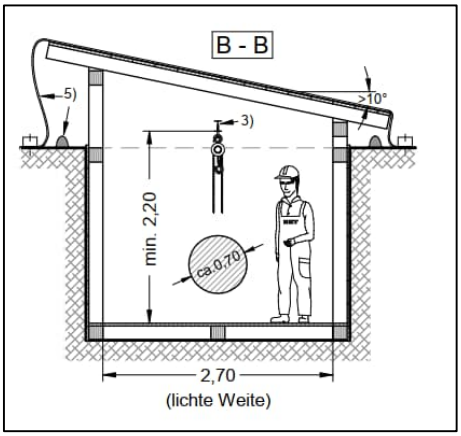


Abbildung 8: Schematischer Querschnitt eines Muffenhauses (NKT)

Der Verbau besteht aus einer Bohrpfahlwand mit den Pfahl-Durchmessern 0,6 m. Die Bohrpfahlwand wird überschnitten hergestellt. Die bewehrten Pfähle haben einen Achsabstand von 1,2 m. Es befinden sich je zwei unbewehrte Pfähle zwischen den bewehrten Pfählen, siehe Abbildung 9.

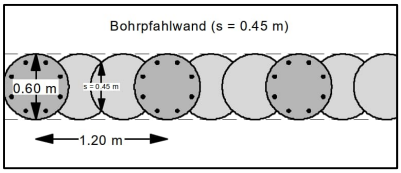


Abbildung 9: Bohrpfahlwand – Schnitt GGU-RETAIN [m]

Für die Bemessung der Verbauwand werden zwei Fälle untersucht. Aushub bis UK der UWB-Sohle mit einer freien Standhöhe von 3,8 m und Zustand nach Einbringen der UWB-Sohle und Trockenlegen der Baugrube mit einer freien Standhöhe der Wand von 2,3 m, siehe Abbildung 10.

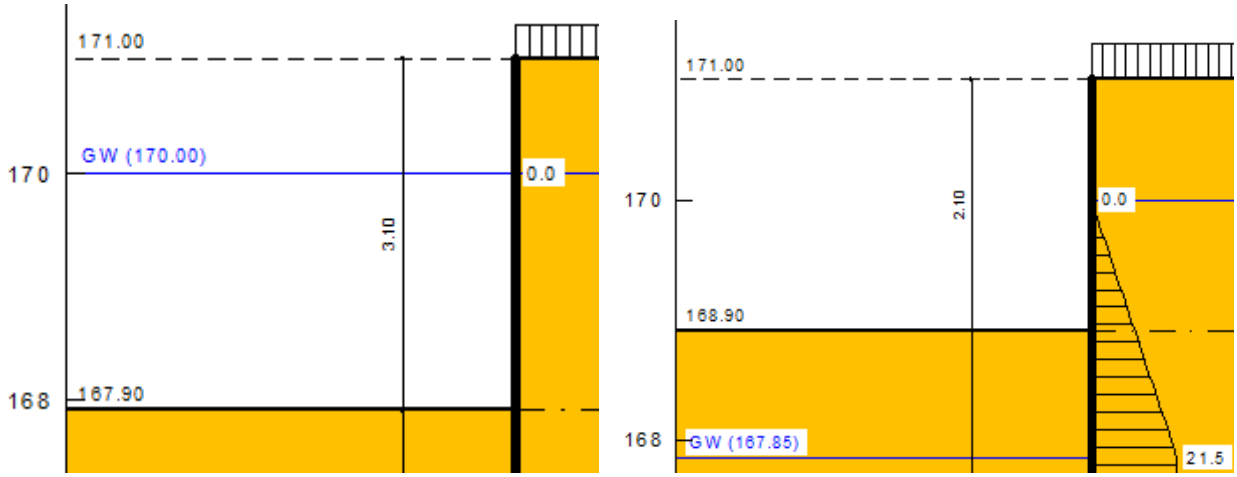


Abbildung 10: Baugrube ohne UWB-Sohle (links) / Trockenlegung der Baugrube mit UWB-Sohle (rechts)

Die Nachweise erfolgen mittels EDV-Berechnung (Programm: GGU-RETAIN).

2.1.2 Kennwerte für die Bemessung

Der Bemessung werden folgende Kennwerte zugrunde gelegt, siehe Tabelle 8:

Konstruktionsart	Ortbeton
Material bewehrter Pfähle	C 30/37
Länge des Muffenhauses	10,5 m
Breite des Muffenhauses	2,7 m
Durchmesser	0,6 m
Achsabstand	1,2 m
Grundwasser BS-T	170 mNN
Baugrubensohle	~ 168,9 mNN
UK-Unterwasserbetonsohle	~ 167,9 mNN
Höhenlage der 110-kV-Kabel	~ 168,5 mNN
UK der TK- und Stromleitungen	< 1,3 m unter Straßen-OK
Straßen-OK Nordseite	~ 171 mNN
Straßen-OK Südseite	~ 172 mNN

Tabelle 8: Kennwerte der Bohrpfahlwand

Die angenommenen Bodenkennwerte sind Tabelle 9 zu entnehmen:

Schicht	Schicht-UK [mNN]	γ (γ') [kN/m³]	ϕ [°]	c [kN/m²]	Mantelreibung BPW $q_{s,k}$ [MN/m²]	Spitzenwiderstand BPW $q_{b,k}$ [MN/m²]
Auffüllung (1)	171	19 (10)	25	2	0,01	0
Schluff (2)	165	19 (10)	25	2	0,01	0
Tonstein (3.1)	160	21 (12)	25	10	0,08	1,2
Tonstein (3.2)	150	22 (13)	25	20	0,15	2,0

Tabelle 9: Bodenkennwerte

2.1.3 Statisches System

Die Einbindetiefe der Verbauwand wird über eine freie Auflagerung am Fuß bestimmt.

3 Einwirkungen und Einwirkungskombination

3.1 Ständige Einwirkungen

3.1.1 Eigengewicht des Bauwerks

Das Eigengewicht der Bohrpfahlwand wird programmintern ermittelt.

γ_{StB} = 25 kN/m³

Eigengewicht der UWB-Sohle gemäß EAB:

γ_{UWB} = 23 kN/m³

3.1.2 Ständiger Erddruck

Gemäß ZTV-ING, Abschnitt 2, 3.3.3 wird 50% des aktiven Erddrucks und 50% des Erdruhedrucks als ständig wirkend angesetzt. Die Erddrucklasten werden programmintern ermittelt.

3.1.3 Grundwasser

Da die Sohle vollständig unter dem Grundwasser liegt, wird die Last aus Auftrieb berücksichtigt.

Wichte Wasser:		γ_w = 10 kN/m³
Berechnung des Wasserdrucks:		w = $\gamma_w \cdot h$
UK-UWB-Sohle:		167,9 mNN
Breite x Länge der Sohle:		B x L = 2,7 m x 10,5 m
Wasserstand BS-T:		170 mNN
Wasserdruck unter Sohle:	h_1 = 2,1 m	w = 2,1 · 10 = 21 kN/m²
		W = 21 · 2,7 · 10,5 = 595 kN

3.2 Veränderliche Einwirkungen

3.2.1 Baustellenfahrzeuge

Gemäß EAB 2.8 wird eine großflächige Gleichlast aus Nutzlasten aus Baustellenverkehr und Baubetrieb auf die GOK angesetzt (170,8 mNN): p_k = 10 kN/m²

4 Nachweise am Gesamtsystem

4.1 Teilsicherheitsbeiwerte

Die Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen werden der DIN EN 1990/NA, Tab. 1.2 und der DIN EN 1990/NA/A1:2012-08, Tab. NA.A2.1 entnommen und folgendermaßen festgelegt:

γ	BS-P		BS-T		BS-A	
	ungünstig	günstig	ungünstig	günstig	ungünstig	günstig
Ständige Einwirkungen	1,35	1,0	1,35	1,0	1,0	1,0
Veränderliche Einwirkungen	1,5	0	1,5	0	1,0	0

Tabelle 10:Teilsicherheitsbeiwerte ständige und vorübergehende Kombination

Die Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen der Tabelle 11 und Tabelle 12 werden der DIN 1054:2010-12 Tabelle A.2.1 und A 2.2 entnommen.

HYD und UPL Versagen durch hydraulischen Grundbruch und Aufschwimmen	γ	BS-P	BS-T	BS-A
Destabilisierende ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,dst}$	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

Tabelle 11:Teilsicherheitsbeiwerte HYD und UPL

STR und GEO-2: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund	γ	BS-P	BS-T	BS-A
Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen, allgemein	γ_G	1,35	1,20	1,10
Beanspruchungen aus günstigen ständigen Einwirkungen	$\gamma_{G,inf}$	1,00	1,00	1,00
Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen aus Erdruhedruck	γ_{E0g}	1,20	1,10	1,00
Beanspruchungen aus ungünstigen veränderlichen Einwirkungen	γ_Q	1,50	1,30	1,00
Beanspruchungen aus günstigen veränderlichen Einwirkungen	γ_Q	0	0	0

Tabelle 12:Teilsicherheitsbeiwerte STR und GEO-2

Die Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe werden der DIN EN 1992-2 entnommen und folgendermaßen festgelegt:

γ	BS-P	BS-A	Erdbeben
Beton	1,5	1,3	1,5
Betonstahl	1,15	1,0	1,15

Tabelle 13:Teilsicherheitsbeiwerte ständige und vorübergehende Kombination

4.2 Nachweis für Bohrpfahlwände

Die Bemessung erfolgt auf Grundlage des EC 7 (DIN EN 1997-1) in Kombination mit DIN 1054:2010-12 für die Bemessungssituationen BS-T. Die Berechnung der Bohrpfahlwand erfolgt mit dem Programm GGU-RETAIN.

Nachfolgender Tabelle 14 sind die Ausnutzungsgrade der geführten Nachweise für die BS-T zu entnehmen:

Nachweise	ohne UWB-Sohle	mit UWB-Sohle
Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit	0,58	0,49
Nachweis Aufbruchsicherheit nach EB 99	0,18	0,16

Tabelle 14: Ausnutzungsgrade μ für verschiedene Nachweise

4.2.1 Benötigte Bewehrung

Längsbewehrung $A_s \leq 14{,}1$ cm²

Schubbewehrung $a_{s,b} \leq 5{,}6$ cm²/m

4.3 Nachweise der UWB-Sohle

Nachweis gegen Aufschwimmen (UPL)

Der Nachweis gegen Aufschwimmen (UPL) muss so geführt werden, dass der Bemessungswert der Kombination von destabilisierenden ständigen und veränderlichen vertikalen Einwirkungen $V_{dst;d}$ kleiner oder gleich der Summe des Bemessungswertes der stabilisierenden ständigen vertikalen Einwirkungen ($G_{stb;d}$) und gegebenenfalls des Bemessungswertes eines zusätzlichen Widerstands gegen Aufschwimmen (R_d) ist, siehe DIN EN 1997-1 2.4.7.4:

$$G_{dst,k} \cdot \gamma_{G,dst} + Q_{dst,rep} \cdot \gamma_{Q,dst} \leq G_{stb,k} \cdot \gamma_{G,stb}$$

Die UWB-Sohle ist nicht kraftschlüssig mit den Bohrpfahlwänden verbunden. Daher wird der Nachweis gegen Aufschwimmen ohne Bohrpfahlwände geführt.

Einwirkung

Destabilisierende Ständige Einwirkung - Auftrieb: $G_{dst,k}$

Auftriebskraft (Kapitel 3.1.3): $G_{dst,k} = 595$ kN

Teilsicherheitsbeiwert für destabilisierende Beanspruchungen: $\gamma_{G,dst} = 1{,}05$ –

Widerstand

Stabilisierende ständige Einwirkung: $G_{stb,k}$

Höhe der UWB-Sohle: h = 1,05 m

Abmessungen der Sohle: L x B = 10,5 m x 2,7 m

Eigengewicht der Sohle: $G_{stb,k} = 685$ kN

Teilsicherheitsbeiwert stabilisierender Einwirkungen: $\gamma_{G,stb} = 0{,}95$ –

Nachweis

Nachweis erfüllt: $595 \cdot 1{,}05 = 625 \text{ kN/m} \leq 685 \cdot 0{,}95 = 650 \text{ kN/m}$

4.3.1 Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch

Nach EAB muss zusätzlich zum Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen auch der Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch geführt werden, sofern

- *die Baugrubenwände nur wenig tief in die annähernd wasserundurchlässige Schicht einbinden,*
- *die Baugrubenwände in eine Schicht einbinden, deren Durchlässigkeit weniger als zwei Zehnerpotenzen kleiner ist als die des übrigen Bodens.*

Die UWB-Sohle ist sehr schwach durchlässig. Daher kann ein hydraulischer Grundbruch ausgeschlossen werden.

5 EDV-Ausdrucke

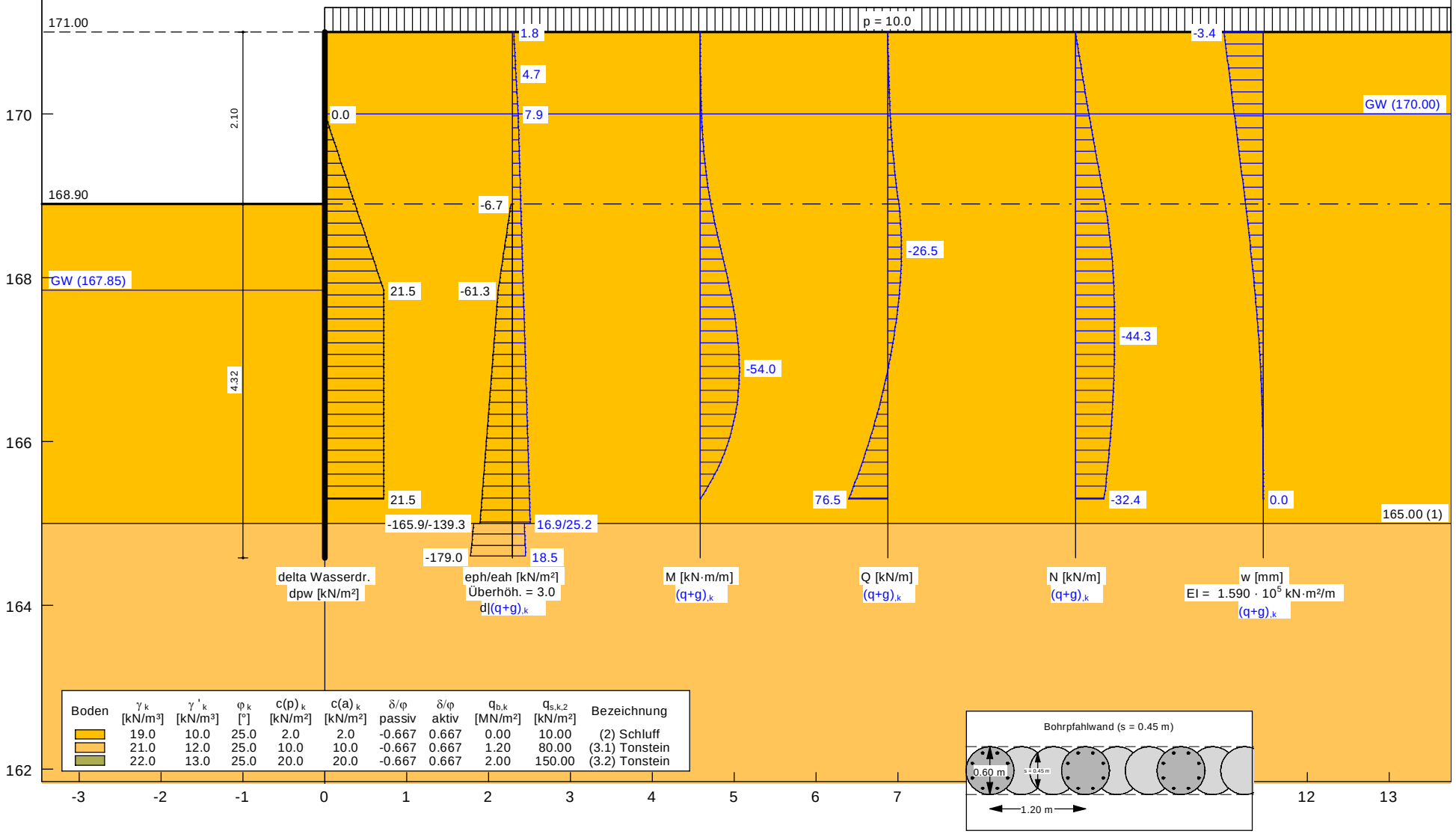
Anlage 1-2: GGU-RETAIN-Druckliste

Muffenhaus Nordseite
Norm: EC 7
Bohrpfahlwand
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Ersatzerddruck-Beiwert mit φ = 40 °
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2017
Bohrpfahldurchmesser = 0.60 m
Bohrpfahlabstand = 1.20 m
Anzahl unbew. Pfähle = 2
Erf. Profillänge = 6.42 m
Erf. Einbindetiefe = 4.32 m
BS: DIN EN 1997-1: BS-T

γ_G = 1.20
γ_Q = 1.30
γ_{Ep} = 1.30
mob. Ep erfüllt / μ = 0.50
μ(Vert. Tragfähigkeit) = 0.49

Bemessung:
Nachweis Bohrpfahlwand
E = 3000.00 kN/cm²
I = 530143.76 cm⁴/m
Bewehrung EC 2
Beton C 30/37
Stahl B500
M(d) = 77.8 kN·m
N(k) = -52.5 kN
eps(c2) [o/oo] = 0.00
ep(c1) [o/oo] = 0.00 / ep(s1) [o/oo] = 0.00
As [cm²] = 14.1 (Mindestbew.) (berechnet = 14.1)
Pfahldurchmesser = 0.600 m
d1 = 0.0850 m

sig1(l) = 3.48 / sig2(l) = -3.85 MN/m²
Schubbewehrung:
Q(d) = VSd = 110.2 kN (bw = 0.594 m z = 0.300 m)
M(d) = 5.4 kN·m; N(k) = -39.6 kN
tauRd,max = 3.83 N/mm² (tauSd / tauRd,max = 0.1617)
As(Schub) = 5.6 cm²/m (Mindestbew.)
Nachweis Unbewehrte Pfähle:
max eah_d = 27.3 kN/m²
Überschnitthöhe = 0.447 m
Dicke Druckgewölbe = 0.224 m
Beton C 20/25
f_{cd} = 9333.33 kN/m²
σ_d = 98.33 kN/m²
Nachweis OK



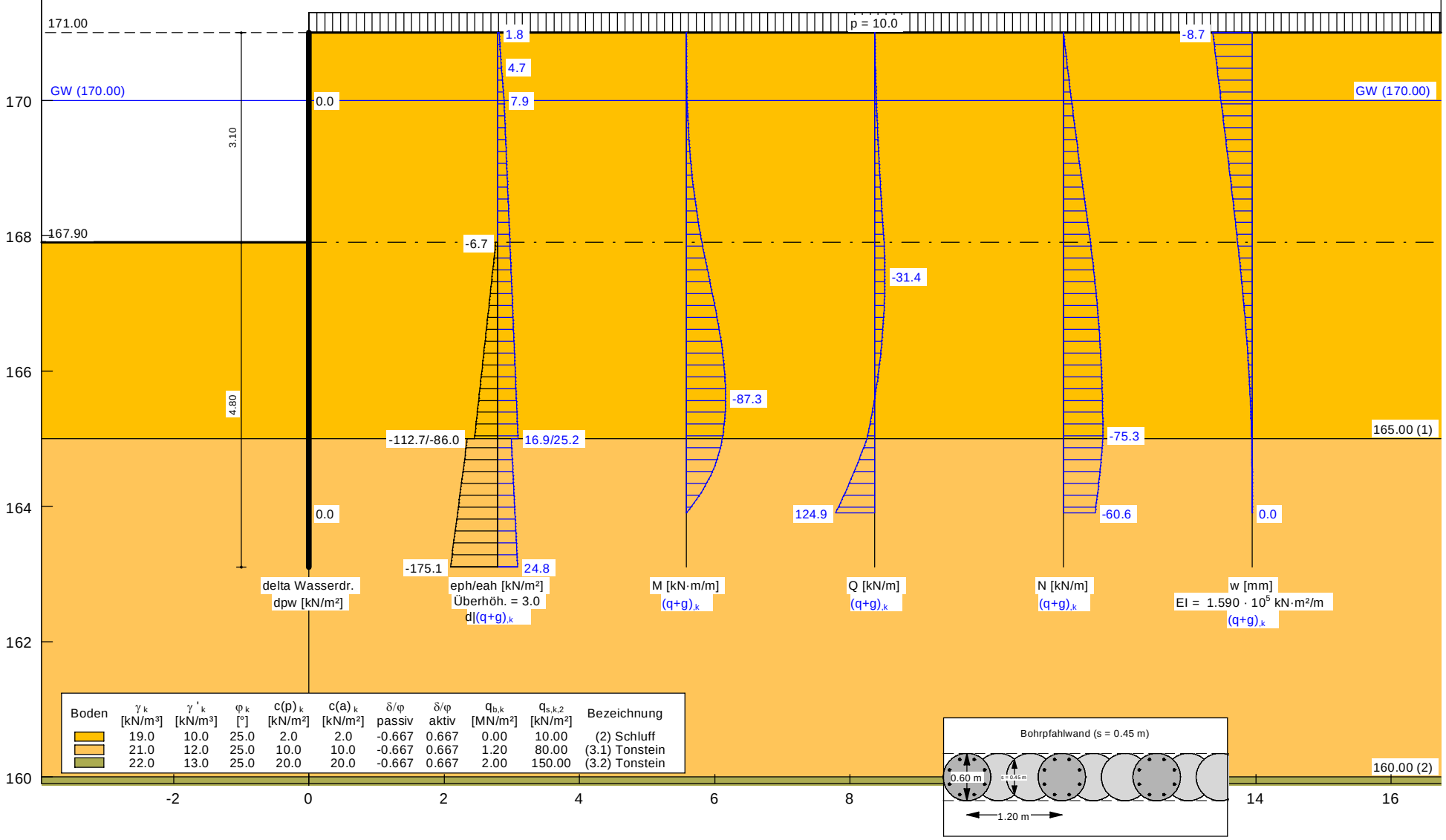
Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k [°]	$c(p)_k$ [kN/m²]	$c(a)_k$ [kN/m²]	δ/φ passiv	δ/φ aktiv	$q_{b,k}$ [MN/m²]	$q_{s,k,2}$ [kN/m²]	Bezeichnung
	19.0	10.0	25.0	2.0	2.0	-0.667	0.667	0.00	10.00	(2) Schluff
	21.0	12.0	25.0	10.0	10.0	-0.667	0.667	1.20	80.00	(3.1) Tonstein
	22.0	13.0	25.0	20.0	20.0	-0.667	0.667	2.00	150.00	(3.2) Tonstein

Muffenhaus Nordseite
Norm: EC 7
Bohrpfahlwand
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Ersatzerddruck-Beiwert mit φ = 40 °
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2017
Bohrpfahldurchmesser = 0.60 m
Bohrpfahlabstand = 1.20 m
Anzahl unbew. Pfähle = 2
Erf. Profillänge = 7.90 m
Erf. Einbindetiefe = 4.80 m
BS: DIN EN 1997-1: BS-T

γ_G = 1.20
γ_Q = 1.30
γ_{Ep} = 1.30
mob. Ep erfüllt / μ = 0.34
μ(Vert. Tragfähigkeit) = 0.58

Bemessung:
Nachweis Bohrpfahlwand
E = 3000.00 kN/cm²
I = 530143.76 cm⁴/m
Bewehrung EC 2
Beton C 30/37
Stahl B500
M(d) = 125.7 kN·m
N(k) = -89.2 kN
eps(c2) [o/oo] = 0.00
ep(c1) [o/oo] = 0.00 / ep(s1) [o/oo] = 0.00
As [cm²] = 14.1 (Mindestbew.) (berechnet = 14.1)
Pfahldurchmesser = 0.600 m
d1 = 0.0850 m

sig1(l) = 5.61 / sig2(l) = -6.24 MN/m²
Schubbewehrung:
Q(d) = VSd = 179.8 kN (bw = 0.594 m z = 0.300 m)
M(d) = 8.8 kN·m; N(k) = -73.7 kN
tauRd,max = 3.83 N/mm² (tauSd / tauRd,max = 0.2639)
As(Schub) = 5.6 cm²/m (Mindestbew.)
Nachweis Unbewehrte Pfähle:
max eah$_d$ = 18.2 kN/m²
Überschnitthöhe = 0.447 m
Dicke Druckgewölbe = 0.224 m
Beton C 20/25
f_{cd} = 9333.33 kN/m²
σ_d = 65.71 kN/m²
Nachweis OK



Boden	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	φ_k [°]	c(p)$_k$ [kN/m²]	c(a)$_k$ [kN/m²]	δ/φ passiv	δ/φ aktiv	$q_{b,k}$ [MN/m²]	$q_{s,k,2}$ [kN/m²]	Bezeichnung
	19.0	10.0	25.0	2.0	2.0	-0.667	0.667	0.00	10.00	(2) Schluff
	21.0	12.0	25.0	10.0	10.0	-0.667	0.667	1.20	80.00	(3.1) Tonstein
	22.0	13.0	25.0	20.0	20.0	-0.667	0.667	2.00	150.00	(3.2) Tonstein