

Bauherr:	Hamburger Stadtentwässerung Billhorner Deich 2 20539 Hamburg
Entwurf:	WTM Engineers GmbH Beratende Ingenieure im Bauwesen Johannisbollwerk 6-8 20459 Hamburg
Bauvorhaben:	Sielumbau U5 City-Nord Baugruben Rohrvortrieb City-Nord 22297 Hamburg
Auftrag:	14434
Inhalt:	Statische Berechnung - Entwurfsplanung Baugruben Sielumbau City-Nord Vorbemessung Index 0
Tragwerksplanung:	WTM ENGINEERS GMBH Beratende Ingenieure im Bauwesen Johannisbollwerk 6-8 20459 Hamburg Bearbeiterin: Mayra Madita Fonfara, M.Sc. Telefon: 040 / 35 00 9 - 171 Mail: m.fonfara@wtm-hh.de

REVISIONSBLATT

Index	Seiten	aufgestellt	Datum	Unterschrift	Bemerkung
		gesehen			
0		M. Fonfara	08.06.2026		

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Vorbemerkungen	3
2. Vorschriften und Empfehlungen	4
2.1 Sonstige Unterlagen	4
3. Bauwerksbeschreibung	5
3.1 Bauablauf.....	6
3.2 Arbeitsraumbreite	6
4. Berechnungsgrundlagen	6
4.1 Bemessungsprofil und charakteristische Bodenkennwerte.....	6
4.2 Bemessungswasserstand.....	7
4.3 Geländehöhen	7
4.4 Baugrubensohle	7
4.5 Teilsicherheitsbeiwerte	8
4.6 Erddruckermittlung	8
4.6.1 Grundlagen	8
4.6.2 Erddruckneigungswinkel.....	8
4.6.3 Erddruckumlagerung	8
4.6.4 Erdwiderstand.....	8
4.6.5 Wasserdruckermittlung	8
4.6.6 Nutzlasten.....	8
4.6.7 Sonstige Lasten	9
4.7 Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.....	9
4.8 Baustoffe.....	9
5. Berechnungsverfahren	9
5.1 Bemessung der Einzelteile	9
5.1.1 Bohlen und Ausfachungen	9
5.2 Verwendete Software	9
6. Startbaugrube für den Rohrvortrieb.....	10
6.1 Nachweis Trägerbohlwand	12
6.1.1 Nachweis Trägerbohlwand Startbaugrube, BZ01	13
6.1.2 Nachweis Trägerbohlwand Startbaugrube, BZ02	14
6.2 Nachweis Ausfachung	15
6.3 Nachweis Gurtung	15
6.4 Nachweis Steifen	17
6.5 Berechnungsergebnisse Startbaugrube	20
7. Zielbaugrube für den Rohrvortrieb.....	21

7.1	Nachweis Trägerbohlwand	22
7.1.1	Nachweis Trägerbohlwand Zielbaugrube, BZ01	23
7.1.2	Nachweis Trägerbohlwand Zielbaugrube, BZ02	24
7.2	Nachweis Ausfachung	25
7.3	Nachweis Gurtung	25
7.4	Nachweis Steifen	27
7.5	Berechnungsergebnisse Zielbaugrube	30
8.	Nachweis des Erdwiderstand Pressenwiderlager	30

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage A	Startbaugrube Gurt RSTAB
Anlage B	Zielbaugrube Gurt RSTAB



1. Vorbemerkungen

Das vorliegende Dokument umfasst im Zuge der Entwurfsplanung den Nachweis der Baugrubenumschließung für die Start- und Zielbaugrube des Rohrvortriebes eines R-Siels DN 1400 im Rahmen der Baumaßnahme für den Sielumbau U5 Ost bei der Haltestelle City Nord.

Die hier definierten Verkehrslasten sind bei der Wahl der Baustelleneinrichtung und der Baugeräte durch den AN zu berücksichtigen. Änderungen der hier definierten Verkehrslasten infolge der gewählten Baustelleneinrichtung, der zum Einsatz kommenden Baugeräte oder infolge von Nutzungsänderungen bedürfen der Rücksprache und Freigabe durch den Tragwerksplaner und der Freigabe durch die genehmigende Behörde. Die Änderungen sind durch Revision der statischen Berechnungen aktenkundig zu machen.



2. Vorschriften und Empfehlungen

Grundlage der statischen Nachweisführung sind die derzeit gültigen Technischen Regelwerke, und die Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik DGGT (EAB).

Übergeordnete technische Regelwerke sind die Eurocodes DIN EN 1990 bis DIN EN 1999 in der jeweils gültigen Fassung. Weiterhin werden die unter Abschnitt 3.1 als sonstige Unterlagen aufgeführten Dokumente für die statische Nachweisführung herangezogen.

2.1 Sonstige Unterlagen

[1] Baugrund- und Gründungsempfehlung von IWB

3. Bauwerksbeschreibung

Bei der Baumaßnahme handelt es sich um eine Start- und Zielbaugrube für den Einbau eines mittels Rohrvortrieb herzustellendes Regenwassersiel DN 1400. Der Rohrvortrieb startet in der nördlichen Baugrube (Startbaugrube) und verläuft Richtung Süden in die Zielbaugrube. Die Startbaugrube hat die Abmessungen B x L von ca. 5,6 x 7,4 m, die Zielbaugrube von B x L von ca. 6,6 x 8,0 m. Außerdem ist in der Startbaugrube im Zuge des Rohrvortriebs ein Pressenwiderlage mit den Abmessungen B x H von 3,0 x 3,0 m vorgesehen.

Durchgeführt wird die Maßnahme nach dem Neubau der Haltestelle City Nord der U5 Ost. Die GOK liegt ca. bei NHN + 13,85 m bzw. + 14,20 und die Bemessungssohle der Startbaugrube bei NHN + 7,51 m und der Zielbaugrube bei NHN + 7,39 m.



Abbildung 1: Sielbaumaßnahme City Nord – Rohrvortrieb und Baugruben

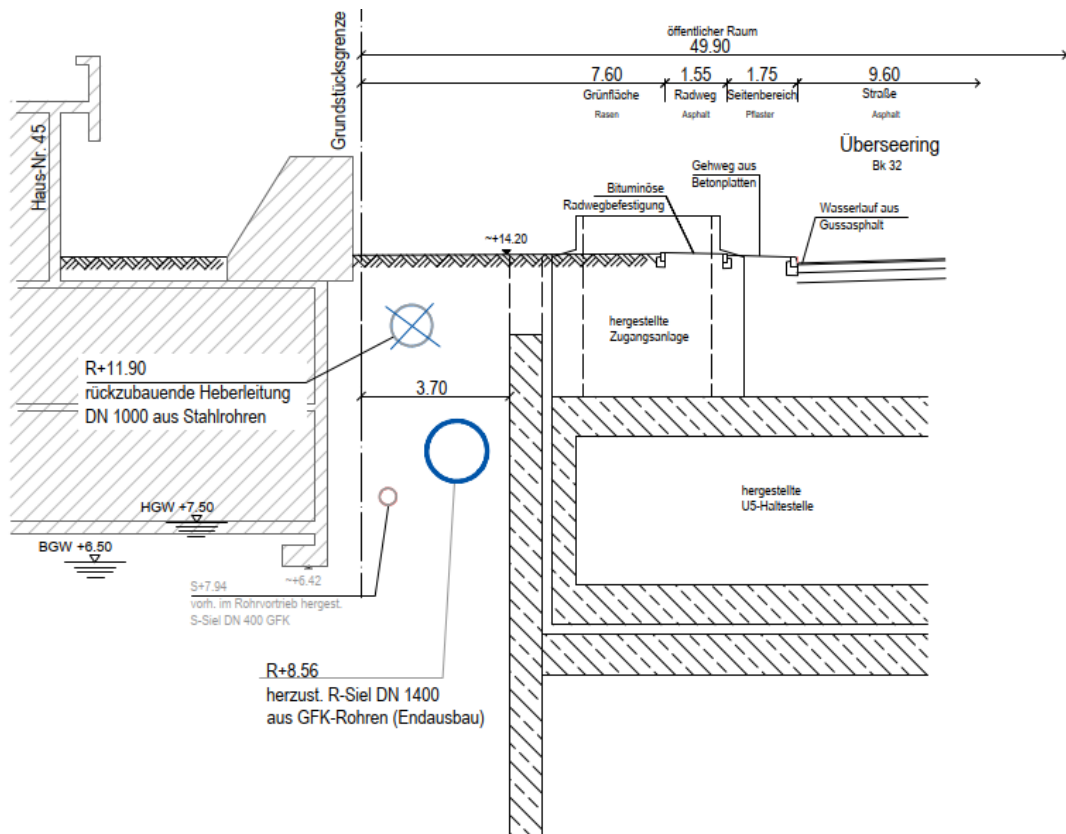


Abbildung 2: Querschnitt A-A – herzustellendes R-Siel (blau)



3.1 Bauablauf

- Baufeldfreimachung /Straßensicherung bzw. -abspernung
- Suchaufgrabungen für Trägerstandorte
- Auflockerungsbohrungen für Trägereinbau
- Einstellen Träger
- Aushub mit sukzessivem Einbau der Ausfachung
- Einbau Gurtung
- Aushub mit sukzessivem Einbau der Ausfachung bis zur Baugruben Sohle und Einbau Steifen
- Liegen auf Höhe der Baugrubensohle gut tragfähige Geschiebemergel vor:
-> Herstellung der Sauberkeitsschicht
- Stehen auf Höhe der Baugrubensohle aufgelockerte / aufgeweichte Schichten an:
-> 0,30 m der Schichten ausheben und mit gut verdichtbaren Sand-Kies-Gemischen austauschen und Herstellung der Sauberkeitsschicht.

3.2 Arbeitsraumbreite

Gem. DIN 4124:2012-01, Abschnitt 9.1.6 muss an der engsten Stelle ein lichter Abstand von mindestens 0,60 m vorhanden sein.

4. Berechnungsgrundlagen

4.1 Bemessungsprofil und charakteristische Bodenkennwerte

Das Bemessungsprofil und die charakteristischen Bodenkennwerte sind der Baugrund- und Gründungsempfehlung von IWB entnommen.

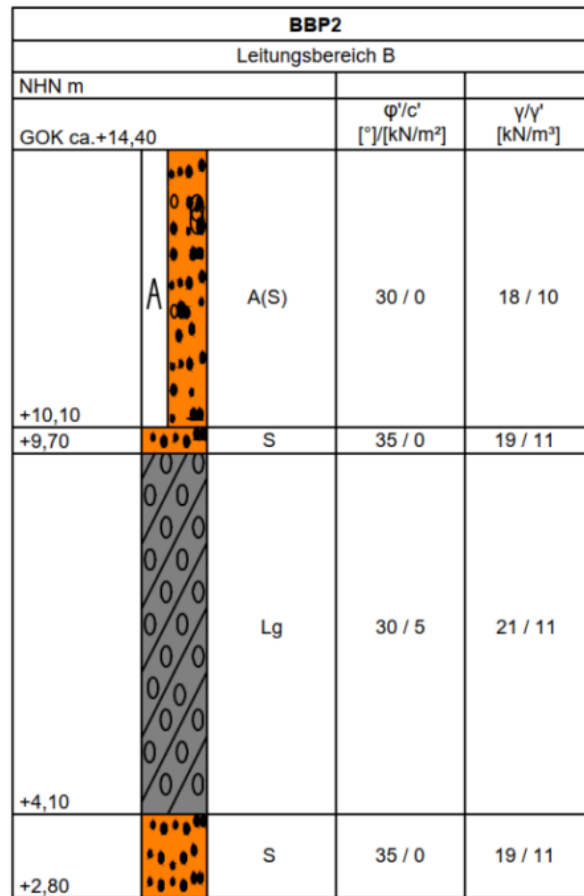


Abbildung 3: Bemessungsprofil Leitungsbereich B

4.2 Bemessungswasserstand

Der Bemessungswasserstand ist [1] entnommen. Der bauzeitliche Bemessungswasserstand liegt bei NHN +6,50 m und somit ca. 1 m tiefer als die Unterkante der Start- sowie Zielbaugrube. Die Baugruben sind gegen eintretendes Niederschlagswasser zu sichern. Für die Trockenhaltung der Baugrube wird eine offene Wasserhaltung vorgesehen.

4.3 Geländehöhen

Die Geländeoberkanten (GOK) für die statische Berechnung des Verbaus sind den Bohrprofilen aus [1] entnommen.

	GOK
Startbaugrube	NHN +13,85 m
Zielbaugrube	NHN +14,2 m

4.4 Baugrubensohle

Die erforderliche Baugrubensohle (BGS) für die Errichtung der Schachtbauwerke wird der erforderlichen Baugrubensohle aus den Anforderungen der Vortriebsmaßnahme gegenübergestellt. Maßgebend ist die Baugrubensohle resultierend aus dem Rohvortrieb.

	BGS
Startbaugrube	NHN +7,51 m
Zielbaugrube	NHN +7,39 m

4.5 Teilsicherheitsbeiwerte

Die Bemessung der Baugrubenkonstruktion erfolgt grundsätzlich in der Bemessungssituation BS-T. Die Bemessung der Steifen erfolgt gemäß EAB in der Bemessungssituation BS-P.

4.6 Erddruckermittlung

4.6.1 Grundlagen

Die Berechnung des Erddrucks erfolgt gemäß EC 7 in Ergänzung durch DIN 4085 und der EAB unter Beachtung der oben festgelegten Bemessungsprofile.

Aufgrund der zur Reduzierung der Verformungen erforderlichen Steifigkeit des Verbaus wird in Anlehnung an EAB ein erhöhter aktiver Erddruck mit $E_{h,k} = 0,25 E_{0h,k} + 0,75 E_{ah,k}$ in Ansatz gebracht.

4.6.2 Erddruckneigungswinkel

Als Wandreibungswinkel wird auf der aktiven und passiven Seite mit folgenden Werten gerechnet: $\delta_{a/p} = \pm 2/3 \varphi$

4.6.3 Erddruckumlagerung

Die Erddruckumlagerung erfolgt in Anlehnung an die EAB.

4.6.4 Erdwiderstand

Die Berechnung des Erdwiderstands erfolgt gemäß EC7 in Ergänzung durch DIN 4085 und der EAB unter Beachtung der oben festgelegten Bemessungsprofile.

Der Anpassungsfaktor des Erdwiderstands η_{Ep} wird gem. EAB, EB 22 angesetzt.

Der Nachweis der Einbindetiefe, die Ermittlung der Schnittgrößen und die Ermittlung der Verformungen der Verbauwand erfolgt über den Berechnungsansatz eines eingespannten bzw. frei aufgelagerten Wandfußes. Dabei wird gem. ZTV-Siele das statische System so ausgelegt, dass die Einspannung auf das unbedingt notwendige Maß begrenzt wird. Die Mindesteinbindung in tragfähige Schichten von 2,50 m in Anlehnung an die EA-Pfähle wird beachtet.

Der Anteil des Erdwiderstands infolge von Kohäsion ist gem. EAB EB 14 bis auf die Hälfte des errechneten Wertes abzumindern.

4.6.5 Wasserdruckermittlung

Es wird kein Wasserdruck angesetzt.

4.6.6 Nutzlasten

Gemäß EAB E57 wird eine großflächige Gleichlast von 10 kN/m² angesetzt.

Gemäß EAB E57 wird eine zusätzliche Streifenlast von 40 kN/m² auf 2 m bei einem Abstand von 60 cm zu der Baugrubenwand angesetzt.

4.6.7 Sonstige Lasten

Die vorhandene Pressenkraft für den Rohrvortrieb wird mit OD 1499 $F_d = 3.729$ kN angenommen.

Eine Übersicht der geplanten Anschlüsse gibt die nachfolgende Tabelle

Baugrube	Anschlüsse
Startbaugrube	R-Siel DN 1500 R-Siel DN 1400 (im Rohrvortrieb)
Zielbaugrube	S-Siel DN 500 2x S-Siel DN 250 R-Siel DN 1400 (im Rohrvortrieb) R-Siel DN 1500 R-Siel DN 400

4.7 Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Gem. ZTV-Siele ist die obere Gurtung nicht tiefer als 1,0 m vorzusehen, es sei denn es wird eine maximale Verformung des Verbaukopfes von 2 cm statisch nachgewiesen.

4.8 Baustoffe

Träger: Stahl: S235

Ausfachung: Nadelholz: C24

Im Bereich der Leitungsdurchführung: Spritzbetonausfachung C16/20 & C20/25

Gurte: Stahl: S235

5. Berechnungsverfahren

5.1 Bemessung der Einzelteile

5.1.1 Bohlen und Ausfachungen

Gem. Weißenbach und in Analogie zur EAB EB 47 wird der Bemessungserddruck bei dreiecksförmigen Lastfiguren zur Bemessung der Ausfachung auf $e'h = 0,8 \cdot e_h$ abgemindert.

Die rechnerische Stützweite der Bohlen ergibt sich gem. Weißenbach zu

$$l_s = aT - 4/5 b_t$$

mit aT = Bohlträger-Achsabstand und b_t = Breite des Bohlträgers.

5.2 Verwendete Software

Für die statische Bemessung der Baugrubenwand wird folgende Software verwendet:

GGU-RETAIN, Version 12.37

RSTAB by Dlubal Software GmbH, Version 8.39

6. Startbaugrube für den Rohrvortrieb

Auf den folgenden Seiten sind die statischen Nachweise für die Startbaugrube für den Rohrvortrieb aufgeführt. Die Verbauwand dient zur temporären Sicherung des Geländeversprungs während der Bauzeit. Die Baugrube hat lichte Abmessungen von etwa $b \times l = 5,62 \times 7,39$ m. Es wird ein maximaler Trägerabstand von 3 m nachgewiesen (vgl. Abbildung 4 und Abbildung 5).

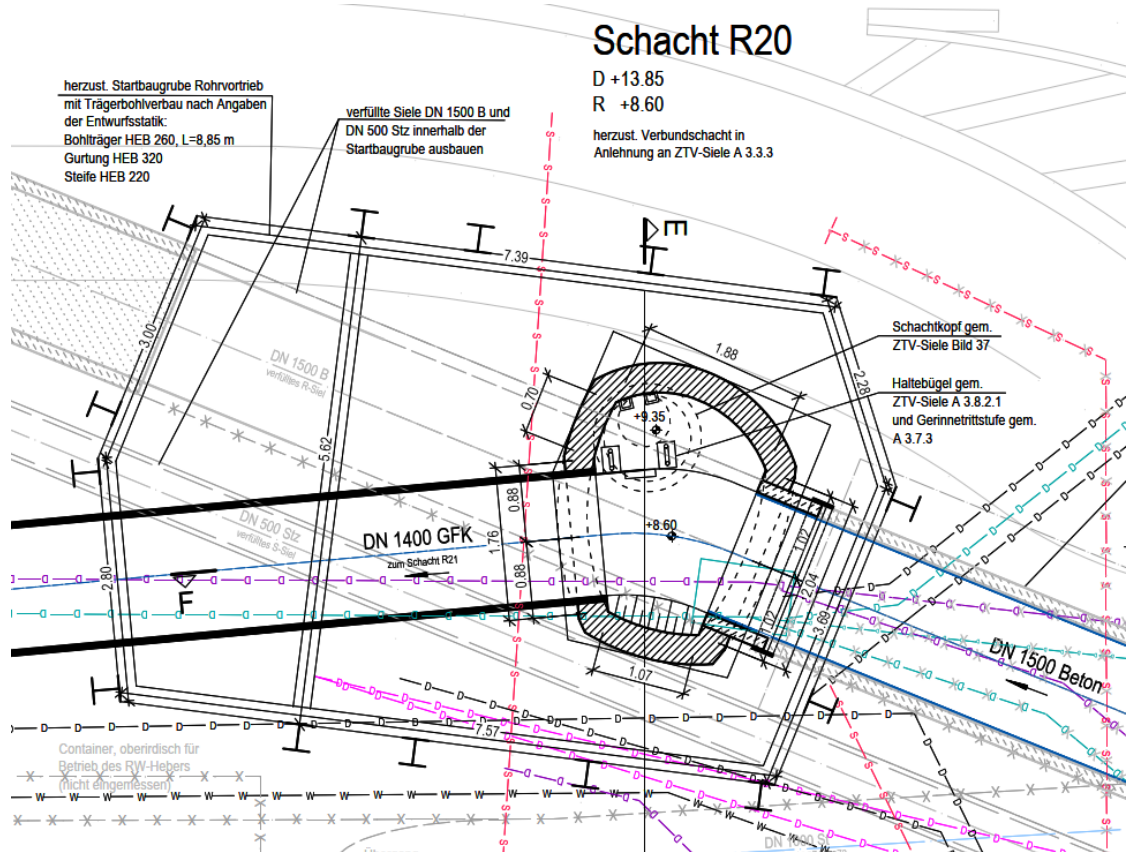


Abbildung 4: Draufsicht Startbaugrube, Schacht R20

Die Ausfachung wird aus Holz ausgeführt. Ausnahme ist der Bereich der Leitungsdurchführung mittels Rohrvortriebsmaschine. Dort wird eine Spritzbetonausfachung hergestellt.

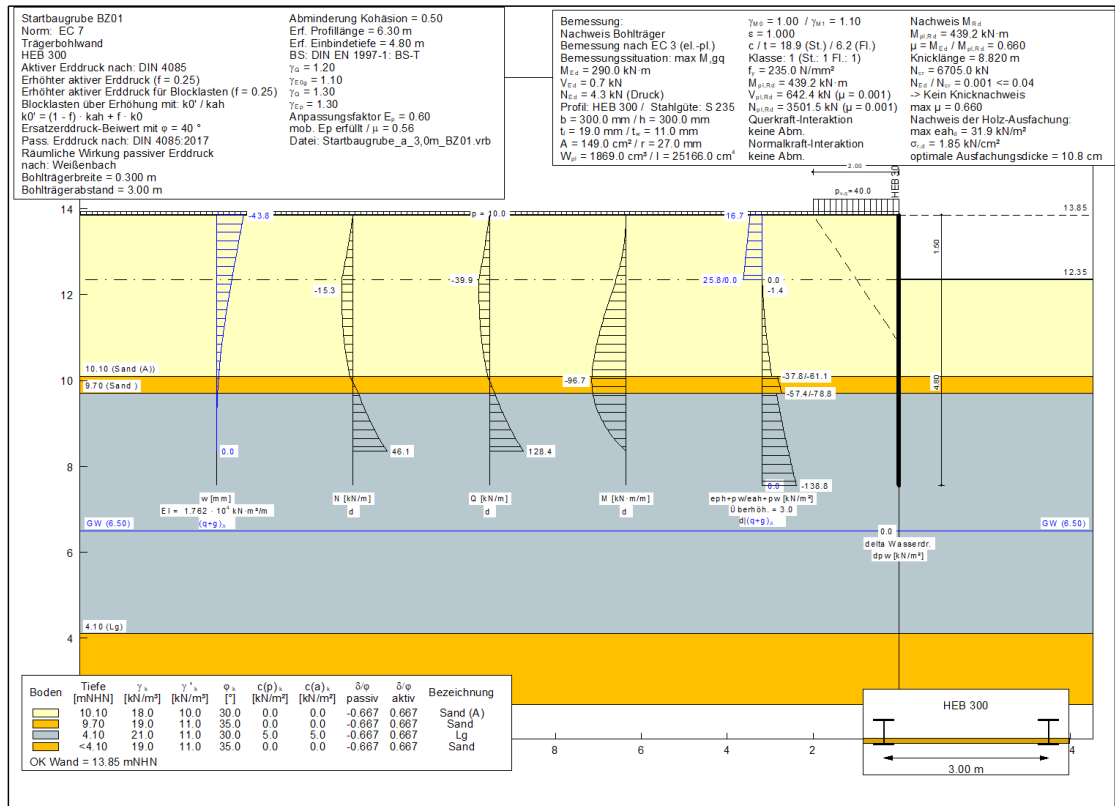
Die Unterkante des R-Siels liegt bei NHN ca. +8,61 m. Unter der Unterkante des Rohrs ist eine Höhe von 70 cm für die Hebemaschine vorgesehen. Darunter kommt ca. 10 cm Sauberschicht. Da im Bereich der Baugrubensohle bindiger Boden vorliegt, ist ein Bodenaustausch von 30 cm vorgesehen, so dass die Unterkante der Baugrubensohle bei NHN +7,51 m liegt.

6.1 Nachweis Trägerbohlwand

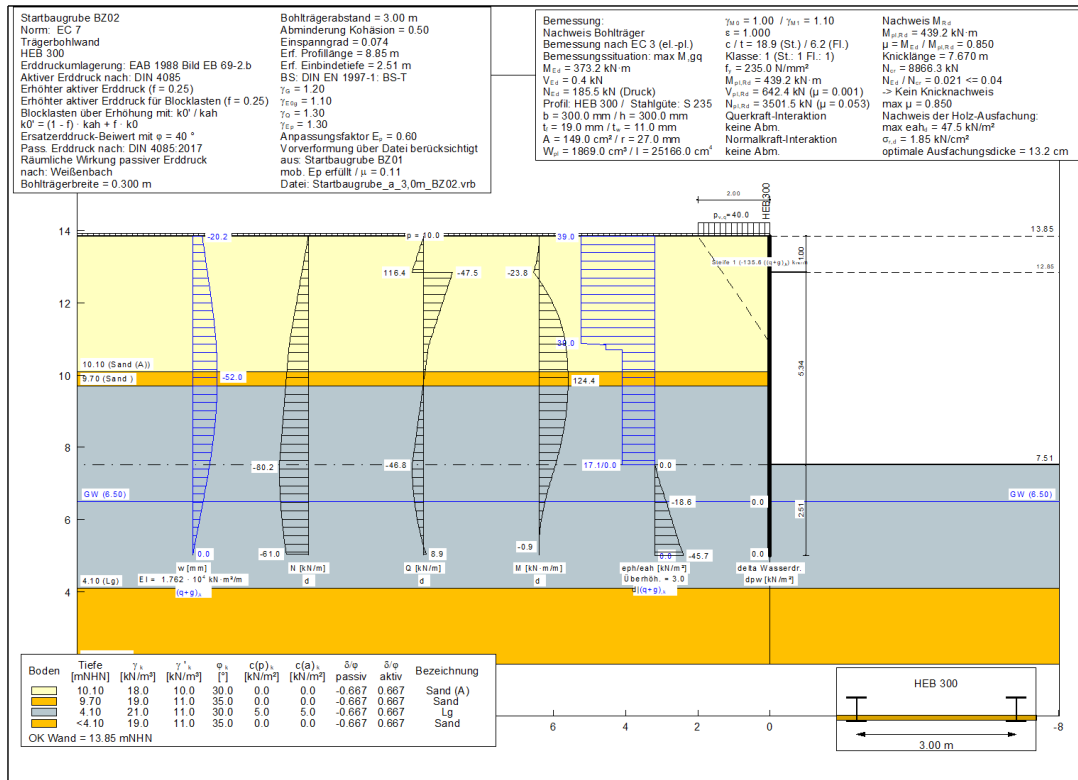
Die Herstellung der Baugrube erfolgt in zwei Bauabschnitten: die obere Aussteifungslage wird 1,0 m unter GOK angeordnet. Hierzu ist eine Aushubtiefe von 1,50 m erforderlich (Bauzustand 01). Der Vollaushub erfolgt in Bauzustand 02.

Geländeoberkante	max. NHN + 13,85 m
Gurtung Lage	NHN + 12,35 m
Steifenlänge	ca. 5,63 m
Baugrubensohle	NHN + 7,51 m
Max. Trägerabstand	3,0 m
Träger	HEB 300
Einbindelänge	2,50 m (stat. erforderlich = 2,31 m)
Bohlträgerlänge	8,85 m

6.1.1 Nachweis Trägerbohlwand Startbaugrube, BZ01



6.1.2 Nachweis Trägerbohlwand Startbaugrube, BZ02



6.2 Nachweis Ausfachung

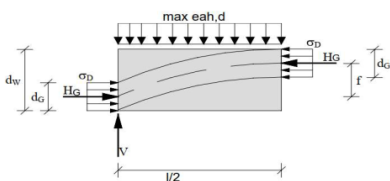
Nachweis Holzausfachung

 max. Bohlträgerabstand $a = 3,0$ m

Holzausfachung	
Bauteil	Startbaugrube
Allgemeine Informationen:	
Trägerprofil	HEB 300
Trägerabstand	$a_T = 3$ m
Trägerbreite	$b_t = 0,3$ m
Effektive Stützweite	$L_s = 2,76$ m
Aktiver Erddruck aus GGU	$e_{a,h,d} = 39$ kN/m ²
Abminderung n. EB47	0,80
Bemessungsmoment	$M_d = 3713,58$ kNm/m
Ausfachung:	
Holz	
Festigkeitsklasse	C24
Gewählte Dicke	$d_H = 12$ cm
Widerstandsmoment	$W_{y,n} = 2400$ cm ³ /m
Biegefestigkeit	$f_{m,k} = 24$ N/mm ²
Modifikationsbeiwert	$k_{mod} = 1$ -
Teilsicherheitsbeiwert	$\gamma_M = 1,3$ -
Nachweis der Biegenormalspannung:	
$M_d / W_{y,n} =$	$E_d = 1,55$ kN/cm ²
$f_{m,d} = k_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma_M =$	$R_d = 1,85$ kN/cm ²
	$\mu = 0,84 < 1,0$ i.O.

Nachweis Spritzbetonausfachung

 max. Bohlträgerabstand $a = 3,0$ m

Spritzbetonausfachung	
Bauteil	Startbaugrube
Allgemeine Informationen:	
Trägerprofil	HEB 300
Trägerabstand	$a_T = 3$ m
Aktiver Erddruck aus GGU	$e_{a,h,d} = 39$ kN/m ²
	
Ausfachung:	
Spritzbeton	
Festigkeitsklasse	C20/25
Gewählte Dicke	$d_w = 16$ cm
Gewölbedicke $d_w / 2 =$	$d_g = 8$ cm
Gewölbestic $d_w / 2 =$	$f = 8$ cm
Druckspannung im Gewölbe nach Baldauf/Timm	
$\sigma_D = 3/4 \cdot e_{a,h,d} \cdot (a_T/d_w)^2 =$	$\sigma_D = 10,28$ N/mm ²
Spannungsnachweis:	
Bemessungsdruckspannung	$\sigma_D = 10,28$ N/mm ²
Betondruckfestigkeit	$f_{c,d} = 11,30$ N/mm ²
	$\mu = 0,91 < 1,0$ i.O.

6.3 Nachweis Gurtung

Der Gurt dient gleichzeitig der Aussteifung des Systems und wird hier, auf der sicheren Seite liegend, für die längere Baugrubenseite bemessen.

Die Lasten werden punktförmig im Bereich der Träger in die Gurte eingeleitet.

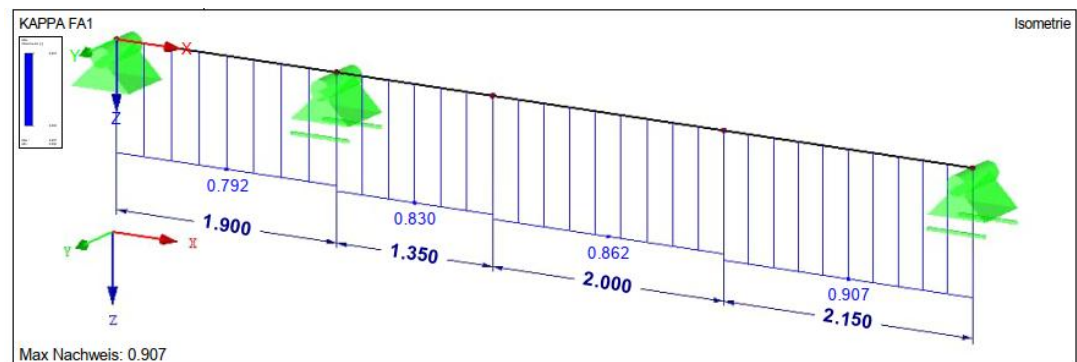
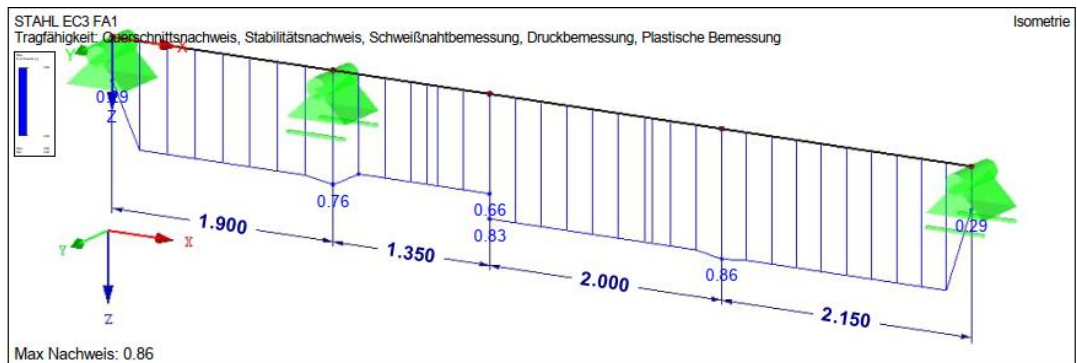
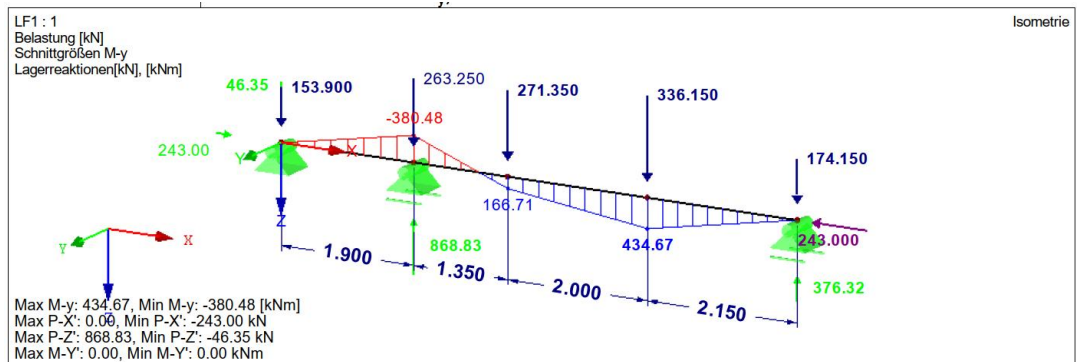
maximaler Steifenabstand:

 $a_{max} = 5,5$ m

Steifenkraft aus Bemessung TBW (BS-T):

 $N_d = 164$ kN/m

➔ Gewählt: **HEB 320, S235**



6.4 Nachweis Steifen

Es wird ein Steifenprofil von HEB 220, S235 gewählt. Für den Stabilitätsnachweis wird eine Ausmittigkeit zur Lotrechten von 1/6 der Bauteilhöhe (gem. EB 52, Abs. 4) in Haupttragrichtung berücksichtigt. In horizontaler Richtung wird angenommen, dass sich durch eine Verschiebung der Steifenlage keine ausmittige Lasteinleitung, sondern lediglich eine Veränderung des Steifenabstandes bzw. der Lasteinzugsbreiten ergibt.

Für die Steifen wird eine vertikale Verkehrslast von $\bar{q}_k = 1,0 \text{ kN/m}$ gem. EB56, Abs. 5 berücksichtigt.

Die Steifen werden für die Bemessungssituation BS-P bemessen. Für den Steifenausfall werden gem. EAB alle Teilsicherheitsbeiwerte auf $\gamma_M = 1,0$ gesetzt

Lasteinzugsbreite Steife $a_{\max} = 3,7 \text{ m}$ (lange Baugrubenseite)

Länge Steife $L \approx 5,63 \text{ m}$

Steifenkraft aus Bemessung TBW $N_d' = 185 \text{ kN/m}$

➔ Gewählt: **HEB 220, S235**

Bemessung:

$$N_d' = 185 \text{ kN/m} \cdot 3,7 \text{ m} = 684,5 \text{ kN}$$

$$\text{Ausmitte } e = h / 6 = 0,2 \text{ m} / 6 = 0,03 \text{ m}$$

$$M_{N,d} = 0,03 \text{ m} \times 684,5 \text{ kN} = 20,54 \text{ kNm}$$

$$q_k = 1,0 \text{ kN/m}$$

$$M_{q,d} = 1,5 \times 1,0 \text{ kN/m} \times 5,63^2 / 8 = 5,94 \text{ kNm}$$

$$\text{HEB 220: } A = 91 \text{ cm}^2 \quad W_{y,el} = 736 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = 684,5 / 91 + (20,54 + 5,94) / 736 \times 100 = 11,12 \text{ kN/cm}^2 < f_{y,d} = 23,5 \text{ kN/cm}^2$$

Stabilitätsnachweis Steifen (BS-P)
1. Angaben Trägerprofil

Stahlbauprofil	HEB 220		
Werkstoff	S 235		
Streckgrenze	$f_{y,k}$	=	235 N/mm ²
Elastizitätsmodul	E_s	=	210.000 N/mm ²
Knicklinie yy	KL_{yy}	=	b (nach DIN EN 1993, Tabelle 6.2)
Knicklinie zz	KL_{zz}	=	c
Teilsicherheitsbeiwert für Stahl	γ_{M1}	=	1,10

2. Querschnittswerte

Flanschbreite	b	=	220 mm
Profilhöhe	h	=	220 mm
Querschnittsfläche	A	=	91,00 cm ²
elastisches Widerstandsmoment y	$W_{y,el}$	=	736 cm ³
plastisches Widerstandsmoment y	$W_{y,pl}$	=	826 cm ³
Flächenmoment 2. Grades y	I_y	=	8.090 cm ⁴
Trägheitsradius y	i_y	=	9,4 cm
elastisches Widerstandsmoment z	$W_{z,el}$	=	258 cm ³
plastisches Widerstandsmoment z	$W_{z,pl}$	=	394 cm ³
Flächenmoment 2. Grades z	I_z	=	2.840 cm ⁴
Trägheitsradius z	i_z	=	5,6 cm
Torsionsflächenmoment 2. Grades	I_T	=	77 cm ⁴
Wölbflächenmoment 2. Grades	I_w	=	295.400 cm ⁶

3. Systemparameter

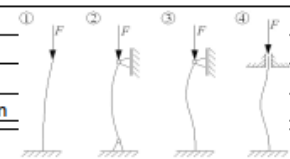
Steifenlänge	L	=	5,63 m
Lotrechte Nutzlast (s. EB 56, Abs. 11)	q_k	=	1,0 kN/m
Anpralllast	$q_{A,k}$	=	0,0 kN

4. Einwirkungen

Eigengewicht	G_k	=	0,715 kN/m
Bemessungswert der Normalkraft	N_{Ed}	=	685,0 kN
Ausmittigkeit der Krafteinleitung	w_k	=	36,7 mm
Biegemoment infolge Ausmittigkeit	$M_{w,y,Ed}$	=	25,1 kNm
Bemessungswert des Momentes	$M_{y,Ed}$	=	34,9 kNm

5. Biegedrillknicken (einachsige Biegung)

Festlegung des Eulerfalls	Eulerfall	=	2
Knicklängenbeiwert nach Euler	β	=	1,0
Knicklänge	l_{cr}	=	$\beta \cdot l$
		=	5,63 m
Schlankheit zur Bestimmung des Schlankheitsgrads	λ_1	=	$\pi \cdot (E / f_y)^{0,5}$
		=	93,9
Imperfektionsbeiwert in Abhängigkeit der zugeordneten Knicklinie	α_z	=	0,49
Bezogener Schlankheitsgrad	λ_z	=	$l_{cr} / (i_z \cdot \lambda_1)$
		=	1,07
Funktion zur Bestimmung des Abminderungsbeiwertes	ϕ_z	=	$0,5 \cdot [1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0,20) + \lambda_z^2]$
		=	1,290
Abminderungsbeiwert entsprechend der maßgebenden Knicklinie	χ_z	=	$1 / [\phi_z + (\phi_z^2 - \lambda_z^2)^{1/2}]$
		=	0,499



Imperfektionsbeiwert in Abhängigkeit der zugeordneten Knicklinie	α_y	=	0,34	-
Bezogener Schlankheitsgrad	λ_y	=	$l_{cr} / (i_y \cdot \lambda_1)$	
		=	0,64	-
Funktion zur Bestimmung des Abminderungsbeiwertes	ϕ_y	=	$0,5 \cdot [1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y - 0,20) + \lambda_y^2]$	
		=	0,776	-
Abminderungsbeiwert entsprechend der maßgebenden Knicklinie	χ_y	=	$1 / [\phi_y + (\phi_y^2 - \lambda_y^2)^{1/2}]$	
		=	0,819	-
Momentenbeiwert	ζ	=	1,12	-
Belastungsangriffspunkt	z_p	=	-110	mm
Drehradius des Querschnitts	c^2	=	$(I_w + 0,039 \cdot l_{cr}^2 \cdot I_T) / I_z$	
		=	437,4	cm ²
Ideale Verzweigungslast	$N_{cr,z}$	=	$\pi^2 \cdot E \cdot I_z / l_{cr}^2$	
		=	1857,04	kN
Ideales Biegedrillknickmoment	M_{cr}	=	$\zeta \cdot N_{cr,z} \cdot [(c^2 + 0,25 \cdot z_p^2)^{0,5} + 0,5 \cdot z_p]$	
		=	33540,19	kNcm
Imperfektionsbeiwert in Abhängigkeit der zugeordneten Knicklinie	α_{LT}	=	0,34	-
Bezogener Schlankheitsgrad	λ_{LT}	=	$(W_y \cdot f_y / M_{cr})^{0,5}$	
		=	0,76	-
Funktion zur Bestimmung des Abminderungsbeiwertes	ϕ_{LT}	=	$0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0,4) + 0,75 \cdot \lambda_{LT}^2]$	
		=	0,778	-
Abminderungsbeiwert entsprechend der maßgebenden Knicklinie	χ_{LT}	=	$1 / [\phi_{LT} + (\phi_{LT}^2 - 0,75 \cdot \lambda_{LT}^2)^{1/2}]$	
		=	0,838	-
Korrekturbeiwert	k_ζ	=	0,940	-
Modifikationsfaktor	f	=	$1 - 0,5 \cdot (1 - k_\zeta) [1 - 2 \cdot (\lambda_{LT} - 0,8)^2]$	
		=	0,970	-
modifizierter Abminderungsbeiwert	$\chi_{LT,mod}$	=	0,864	-
Bemessungswert der Normalkrafttragfähigkeit	N_{Rd}	=	$A \cdot f_y / \gamma_{M1}$	
		=	1944,09	kN
Bemessungswert der Momententragfähigkeit	$M_{y,Rd}$	=	$W_{y,pl} \cdot f_y / \gamma_{M1}$	
		=	176,52	kNm
Äquivalenter Momentenbeiwert	C_m	=	0,986	-
Interaktionsbeiwerte	k_{yy}	=	$C_{my} \cdot [1 + (\lambda_y - 0,20) \cdot N_{Ed} / (\chi_y \cdot N_{Rd})]$	
		=	$\leq C_{my} \cdot [1 + 0,80 \cdot N_{Ed} / (\chi_y \cdot N_{Rd})]$	
		=	1,17	
	k_{zy}	=	$[1 - 0,1 \cdot \lambda_z / (C_{mLT} - 0,25) \cdot N_{Ed} / (\chi_z \cdot N_{Rd})]$	
		=	$\geq [1 - 0,1 / (C_{mLT} - 0,25) \cdot N_{Ed} / (\chi_z \cdot N_{Rd})]$	
		=	0,90	
Nachweis starke Achse	η	=	$N_{Ed} / (\chi_y \cdot N_{Rd}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed} / (\chi_{LT} \cdot M_{y,Rd})$	
		=	0,71	$\leq 1,00$
				☒
Nachweis schwache Achse	η	=	$N_{Ed} / (\chi_z \cdot N_{Rd}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed} / (\chi_{LT} \cdot M_{y,Rd})$	
		=	0,92	$\leq 1,00$
				☒

6.5 Berechnungsergebnisse Startbaugrube

Bohlträger

Profil	HEB 300
Stahlgüte	S 235
Bohlträgerabstand	$a_{Tmax} = 3,0 \text{ m}$
Bohlträgerlänge	$L = 8,85 \text{ m}$

Ausfachung

Holzausfachung	$d = 12 \text{ cm}$ C 24
Spritzbetonausfachung	$d = 16 \text{ cm}$ C 20/25

Gurtung

Profil	HEB 320
Stahlgüte	S 235

Aussteifung

Länge	ca. 5,63 m
Profil	HEB 220
Stahlgüte	S 235

7. Zielbaugrube für den Rohrvortrieb

Auf den folgenden Seiten sind die statischen Nachweise für die Zielbaugrube für den Rohrvortrieb aufgeführt. Die Verbauwand dient zur temporären Sicherung des Geländeversprungs während der Bauzeit.

Die Baugrube hat maximale lichte Abmessungen von etwa $b \times l = 6,57 \times 8,02$ m. In der oberen linken Ecke ist sie über eine Länge von etwa 2,25 m abgeschrägt. Es wird ein maximaler Trägerabstand von 2,25 m nachgewiesen (vgl. Abbildung 6 und Abbildung 7).

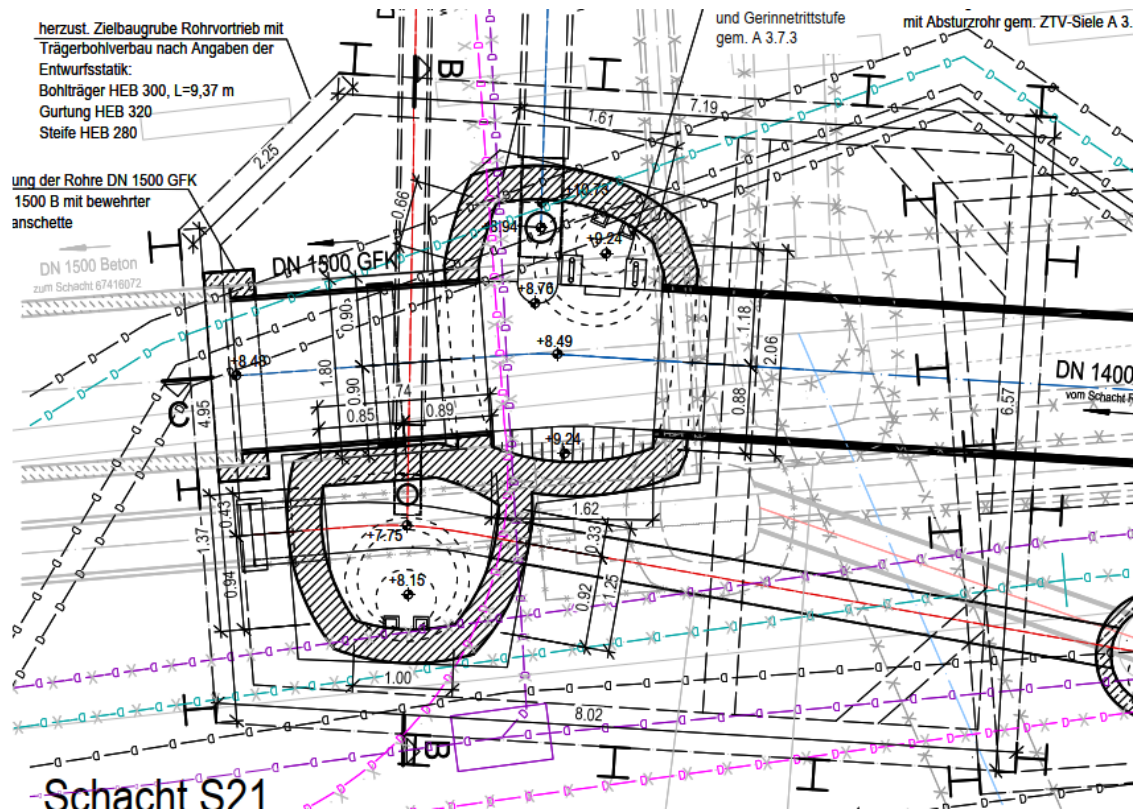


Abbildung 6: Zielbaugrube Draufsicht, Schacht R21 und S21

Schnitt B-B

M. 1:50

Schacht R21

D +14,26
R +10,73 Abst.
R +8,49
herz. Verbundschacht in
Anlehnung an ZTV-Siele A 3.3.3
mit Absturzrohr gem. ZTV-Siele A 3.6.1

Schacht S21

D +14,30
S +10,17 Abst.
S +7,75
herz. Verbundschacht in
Anlehnung an ZTV-Siele A 3.3.3
mit Absturzrohr gem. ZTV-Siele A 3.6.1

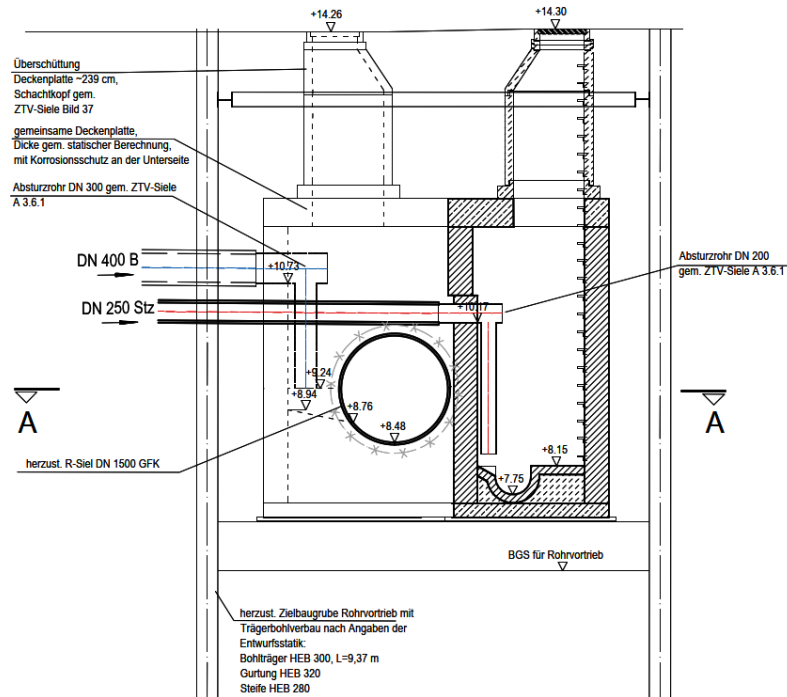


Abbildung 7: Zielbaugrube Querschnitt B-B, Schacht R21 und S21

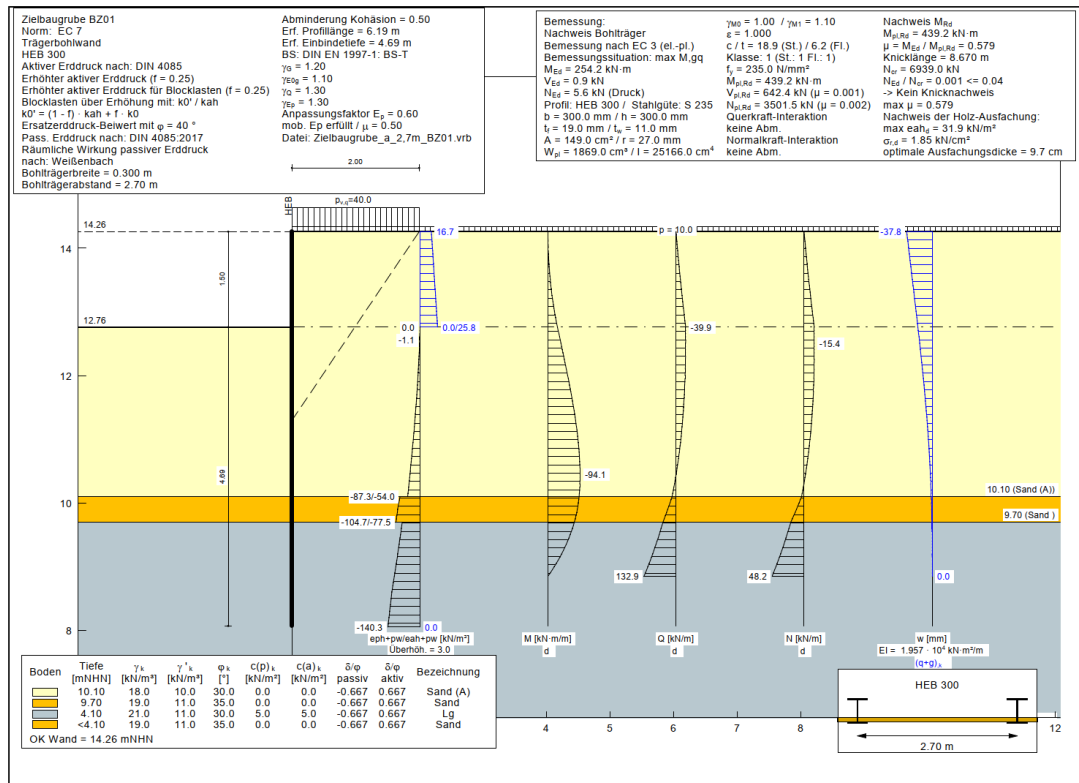
Die Ausfachung wird aus Holz ausgeführt. Ausnahme ist der Bereich der Leitungsdurchführung mittels Rohrvortriebsmaschine. Dort wird eine Spritzbetonausfachung hergestellt.

Die Unterkante des R-Siels liegt bei NHN ca. +8,49 m. Unter der Unterkante des Rohrs ist eine Höhe von 70 cm für die Hebemaschine vorgesehen. Darunter kommt ca. 10 cm Sauberschicht. Da im Bereich der Baugrubensohle bindiger Boden vorliegt, ist ein Bodenaustausch von 30 cm vorgesehen, so dass die Unterkante der Baugrubensohle bei NHN +7,39 m liegt.

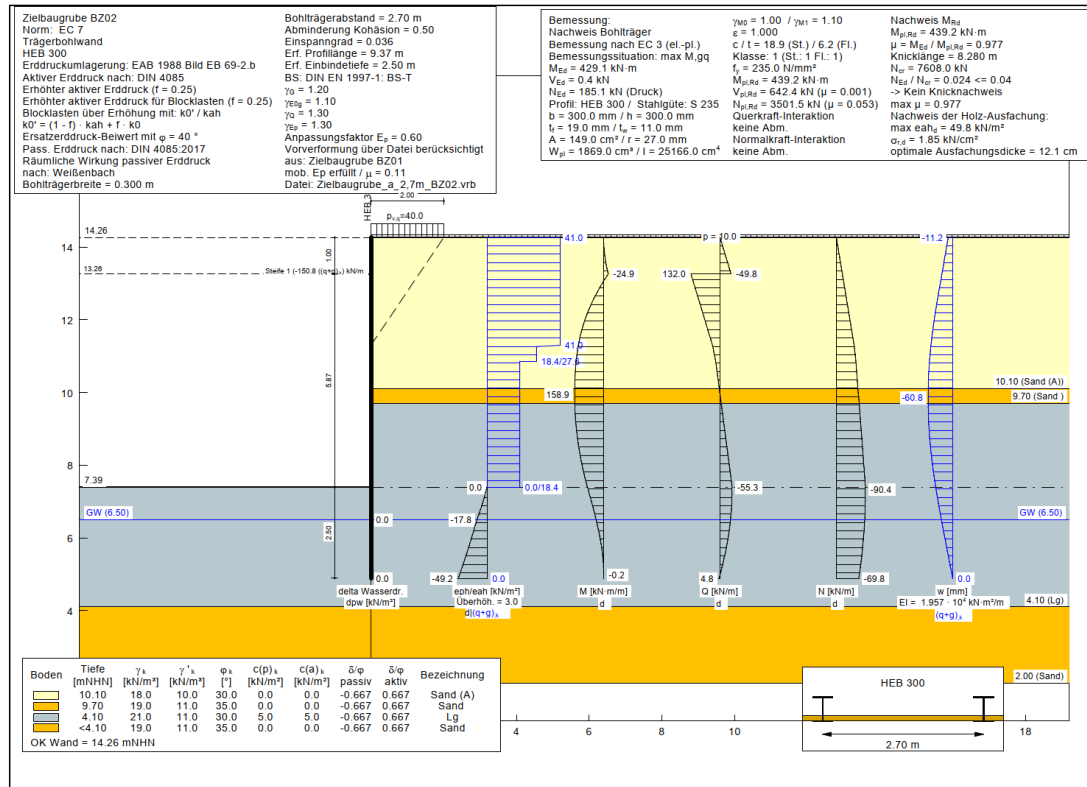
7.1 Nachweis Trägerbohlwand

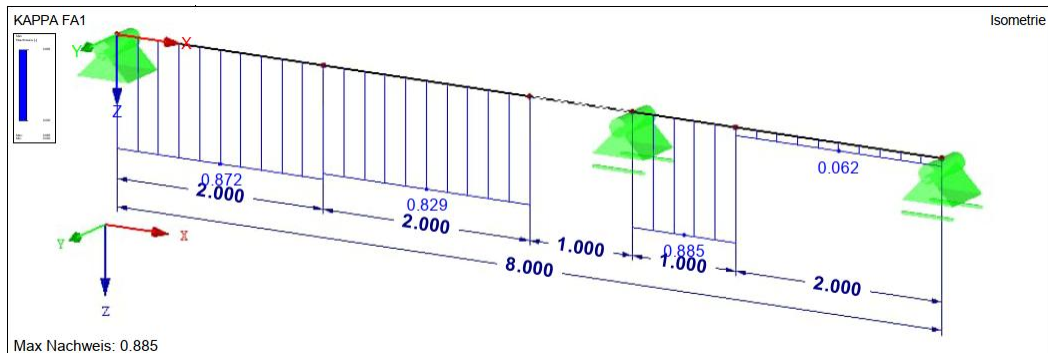
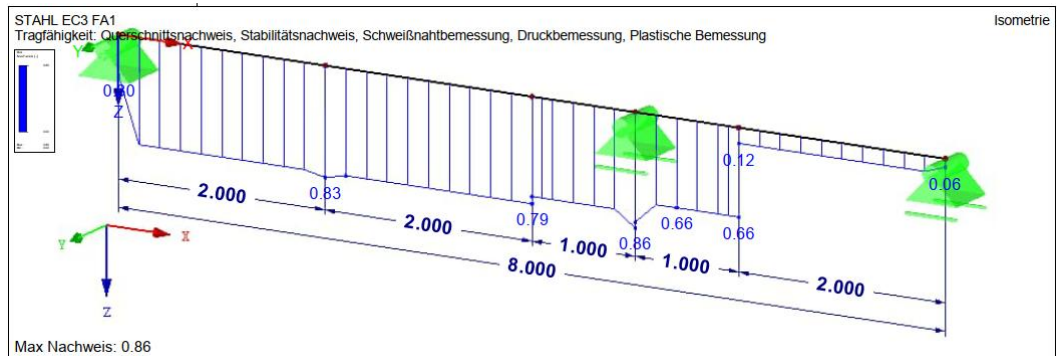
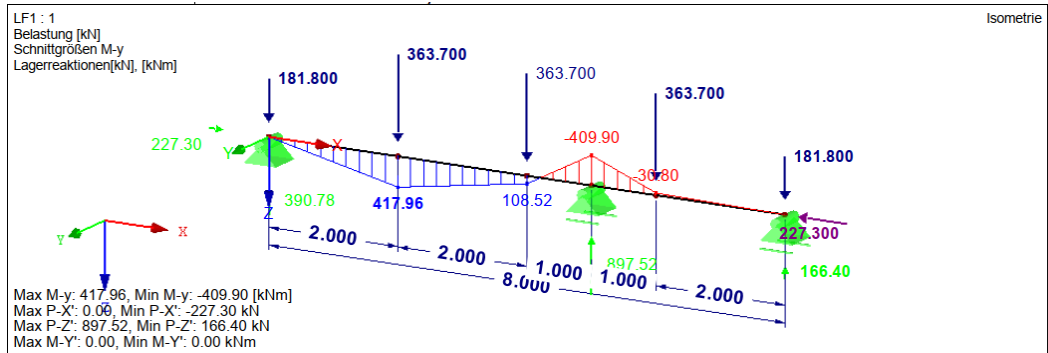
Geländeoberkante	max. NHN + 14,26 m
Gurtung Lage	NHN + 12,76 m
Baugrubensohle	NHN + 7,39 m
Max. Trägerabstand	2,70 m
Träger	HEB 300
Einbindelänge	2,50 m (stat. erforderlich = 2,39 m)
Bohlträgerlänge	min. 9,37 m

7.1.1 Nachweis Trägerbohlwand Zielbaugrube, BZ01



7.1.2 Nachweis Trägerbohlwand Zielbaugrube, BZ02





7.4 Nachweis Steifen

Es wird ein Steifenprofil von HEB 280, S235 gewählt. Für den Stabilitätsnachweis wird eine Ausmittigkeit zur Lotrechten von 1/6 der Bauteilhöhe (gem. EB 52, Abs. 4) in Haupttragrichtung berücksichtigt. In horizontaler Richtung wird angenommen, dass sich durch eine Verschiebung der Steifenlage keine ausmittige Lasteinleitung, sondern lediglich eine Veränderung des Steifenabstandes bzw. der Lasteinzugsbreiten ergibt.

Für die Steifen wird eine vertikale Verkehrslast von $\bar{q}_k = 1,0 \text{ kN/m}$ gem. EB56, Abs. 5 berücksichtigt.

Die Steifen werden für die Bemessungssituation BS-P bemessen. Für den Steifenausfall werden gem. EAB alle Teilsicherheitsbeiwerte auf $\gamma_M = 1,0$ gesetzt.

Lasteinzugsbreite Steife	$a_{\max} = 4,0 \text{ m}$ (lange Baugrubenseite)
Länge Steife	$L \approx 5,93 \text{ m}$
Steifenkraft aus Bemessung TBW	$N_d' = 205 \text{ kN/m}$

→ Gewählt: **HEB 280, S235**

Bemessung:

$$N_d' = 205 \text{ kN/m} \cdot 4,0 \text{ m} = 820 \text{ kN}$$

$$\text{Ausmitte } e = h / 6 = 0,28 / 6 = 0,047 \text{ m}$$

$$M_{N,d} = 0,047 \times 820 = 38,54 \text{ kNm}$$

$$q_k = 1,0 \text{ kN/m}$$

$$M_{q,d} = 1,5 \times 1,0 \times 5,93^2 / 8 = 6,6 \text{ kNm}$$

$$\text{HEB 280: } A = 131,4 \text{ cm}^2 \quad W_{y,el} = 1380 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = 820 / 131,4 + (38,54 + 6,6) / 1380 \times 100 = 9,5 \text{ kN/cm}^2 < f_{y,d} = 23,5 \text{ kN/cm}^2$$

Stabilitätsnachweis Steifen (BS-P)
1. Angaben Trägerprofil

Stahlbauprofil	HEB 280		
Werkstoff	S 235		
Streckgrenze	$f_{y,k}$	=	235 N/mm ²
Elastizitätsmodul	E_s	=	210.000 N/mm ²
Knicklinie yy	KL_{yy}	=	b (nach DIN EN 1993, Tabelle 6.2)
Knicklinie zz	KL_{zz}	=	c
Teilsicherheitsbeiwert für Stahl	γ_{M1}	=	1,10

2. Querschnittswerte

Flanschbreite	b	=	280 mm
Profilhöhe	h	=	280 mm
Querschnittsfläche	A	=	131,00 cm ²
elastisches Widerstandsmoment y	$W_{y,el}$	=	1.380 cm ³
plastisches Widerstandsmoment y	$W_{y,pl}$	=	1.530 cm ³
Flächenmoment 2. Grades y	I_y	=	19.270 cm ⁴
Trägheitsradius y	i_y	=	12,1 cm
elastisches Widerstandsmoment z	$W_{z,el}$	=	471 cm ³
plastisches Widerstandsmoment z	$W_{z,pl}$	=	718 cm ³
Flächenmoment 2. Grades z	I_z	=	6.590 cm ⁴
Trägheitsradius z	i_z	=	7,1 cm
Torsionsflächenmoment 2. Grades	I_T	=	144 cm ⁴
Wölbflächenmoment 2. Grades	I_w	=	1.130.000 cm ⁶

3. Systemparameter

Steifenlänge	L	=	5,93 m
Lotrechte Nutzlast (s. EB 56, Abs. 11)	q_k	=	1,0 kN/m
Anpralllast	$q_{A,k}$	=	0,0 kN

4. Einwirkungen

Eigengewicht	g_k	=	1,031 kN/m
Bemessungswert der Normalkraft	N_{Ed}	=	1216,0 kN
Ausmittigkeit der Krafteinleitung	w_k	=	46,7 mm
Biegemoment infolge Ausmittigkeit	$M_{w,y,Ed}$	=	56,7 kNm
Bemessungswert des Momentes	$M_{y,Ed}$	=	69,5 kNm

5. Biegedrillknicken (einachsige Biegung)

Festlegung des Eulerfalls	Eulerfall	=	2	
Knicklängenbeiwert nach Euler	β	=	1,0	
Knicklänge	l_{cr}	=	$\beta \cdot l$	
		=	5,93 m	
Schlankheit zur Bestimmung des Schlankheitsgrads	λ_1	=	$\pi \cdot (E / f_y)^{0,5}$	
		=	93,9	
Imperfektionsbeiwert in Abhängigkeit der zugeordneten Knicklinie	α_z	=	0,49	
Bezogener Schlankheitsgrad	λ_z	=	$l_{cr} / (i_z \cdot \lambda_1)$	
		=	0,89	
Funktion zur Bestimmung des Abminderungsbeiwertes	ϕ_z	=	$0,5 \cdot [1 + \alpha_z \cdot (\lambda_z - 0,20) + \lambda_z^2]$	
		=	1,065	
Abminderungsbeiwert entsprechend der maßgebenden Knicklinie	χ_z	=	$1 / [\phi_z + (\phi_z^2 - \lambda_z^2)^{1/2}]$	
		=	0,606	

Imperfektionsbeiwert in Abhängigkeit der zugeordneten Knicklinie	α_y	=	0,34	-
Bezogener Schlankheitsgrad	λ_y	=	$I_{cr} / (i_y \cdot \lambda_1)$	
		=	0,52	-
Funktion zur Bestimmung des Abminderungsbeiwertes	ϕ_y	=	$0,5 \cdot [1 + \alpha_y \cdot (\lambda_y - 0,20) + \lambda_y^2]$	
		=	0,690	-
Abminderungsbeiwert entsprechend der maßgebenden Knicklinie	χ_y	=	$1 / [\phi_y + (\phi_y^2 - \lambda_y^2)^{1/2}]$	
		=	0,875	-
Momentenbeiwert	ζ	=	1,12	-
Belastungsangriffspunkt	z_p	=	-140	mm
Drehradius des Querschnitts	c^2	=	$(I_w + 0,039 \cdot I_{cr}^2 \cdot I_T) / I_z$	
		=	471,1	cm ²
Ideale Verzweigungslast	$N_{cr,z}$	=	$\pi^2 \cdot E \cdot I_z / I_{cr}^2$	
		=	3884,14	kN
Ideales Biegedrillknickmoment	M_{cr}	=	$\zeta \cdot N_{cr,z} \cdot [(c^2 + 0,25 \cdot z_p^2)^{0,5} + 0,5 \cdot z_p]$	
		=	68763,09	kNcm
Imperfektionsbeiwert in Abhängigkeit der zugeordneten Knicklinie	α_{LT}	=	0,34	-
Bezogener Schlankheitsgrad	λ_{LT}	=	$(W_y \cdot f_y / M_{cr})^{0,5}$	
		=	0,72	-
Funktion zur Bestimmung des Abminderungsbeiwertes	ϕ_{LT}	=	$0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - 0,4) + 0,75 \cdot \lambda_{LT}^2]$	
		=	0,751	-
Abminderungsbeiwert entsprechend der maßgebenden Knicklinie	χ_{LT}	=	$1 / [\phi_{LT} + (\phi_{LT}^2 - 0,75 \cdot \lambda_{LT}^2)^{1/2}]$	
		=	0,858	-
Korrekturbeiwert	k_ϵ	=	0,940	-
Modifikationsfaktor	f	=	$1 - 0,5 \cdot (1 - k_\epsilon) [1 - 2 \cdot (\lambda_{LT} - 0,8)^2]$	
		=	0,970	-
modifizierter Abminderungsbeiwert	$\chi_{LT,mod}$	=	0,884	-
Bemessungswert der Normalkrafttragfähigkeit	N_{Rd}	=	$A \cdot f_y / \gamma_{M1}$	
		=	2798,64	kN
Bemessungswert der Momententragfähigkeit	$M_{y,Rd}$	=	$W_{y,pl} \cdot f_y / \gamma_{M1}$	
		=	326,88	kNm
Äquivalenter Momentenbeiwert	C_m	=	0,991	-
Interaktionsbeiwerte	k_{yy}	=	$C_{my} \cdot [1 + (\lambda_y - 0,20) \cdot N_{Ed} / (\chi_y \cdot N_{Rd})]$	
		=	$\leq C_{my} \cdot [1 + 0,80 \cdot N_{Ed} / (\chi_y \cdot N_{Rd})]$	
		=	1,15	
	k_{zy}	=	$[1 - 0,1 \cdot \lambda_z / (C_{mLT} - 0,25)] \cdot N_{Ed} / (\chi_z \cdot N_{Rd})]$	
		=	$\geq [1 - 0,1 / (C_{mLT} - 0,25)] \cdot N_{Ed} / (\chi_z \cdot N_{Rd})]$	
		=	0,91	
Nachweis starke Achse	η	=	$N_{Ed} / (\chi_y \cdot N_{Rd}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed} / (\chi_{LT} \cdot M_{y,Rd})$	
		=	0,78	$\leq 1,00$
				☒
Nachweis schwache Achse	η	=	$N_{Ed} / (\chi_z \cdot N_{Rd}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed} / (\chi_{LT} \cdot M_{y,Rd})$	
		=	0,94	$\leq 1,00$
				☒

7.5 Berechnungsergebnisse Zielbaugrube

Bohlträger

Profil	HEB 300
Stahlgüte	S 235
Bohlträgerabstand	$a_{Tmax} = 2,7 \text{ m}$
Bohlträgerlänge	$L = 9,37 \text{ m}$

Ausfachung

Holzausfachung	$d = 11 \text{ cm}$ C 24
Spritzbetonausfachung	$d = 15 \text{ cm}$ C 16/20

Gurtung

Profil	HEB 320
Stahlgüte	S 235

Steifen

Profil (angenommen)	HEB 280
Steifenlänge	$L \approx 5,93 \text{ m}$
Stahlgüte (angenommen)	S 235

8. Nachweis des Erdwiderstand Pressenwiderlager

Die Einwirkung aus der Presse ist durch die eigens dafür hergestellte Stahlbetonwand durch im Baugrund durch Bettung aufzunehmen. Nachfolgend ist der Nachweis der Aufnahme der Bettungsspannungen durch die teilweise Mobilisierung des Erdwiderstands nachgewiesen.

Der Nachweis erfolgt die Startbaugrube. Die Bemessung der Stahlbetonwand des Pressenwiderlagers erfolgt durch die ausführende Firma.

Die anzusetzende Pressenkraft beträgt:

$$\rightarrow F_d = 3.729 \text{ kN}$$

Höhen:

GOK: NHN +13,85 m

BGS: NHN +7,91m

$$\rightarrow \text{Höhe } h = 5,94 \text{ m (nach DIN 4085)}$$

Pressenwiderlager: Stahlbetonwand

3,0 m x 3,0 m x 0,5 m

Formbeiwert bei räumlichen Erdwiderstand (nach DIN 4085):

$$b = 3,0 \text{ m} > 0,3 \cdot h = 1,78$$

$$\rightarrow \mu^{(res)}_{pgh} = 1 + 0,6 \cdot b/h \cdot \tan 30 = 1,7$$

$$\rightarrow \mu^{(res)}_{pch} = 1 + 0,3 \cdot b/h \cdot (1 + 1,5 \cdot \tan 30) = 2,1$$

Erdwiderstand:

$$E_{pgh}^r = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot K_{pgh} \cdot \mu_{pgh}^{(res)} = 0,5 \cdot 21 \cdot 5,942 \cdot 5 \cdot 1,7 = 3149 \text{ kN}$$

$$E_{pch}^r = c \cdot h \cdot K_{pch} \cdot \mu_{pch}^{(res)} = 5 \cdot 5,94 \cdot 5,5 \cdot 2,1 = 343 \text{ kN}$$

$$\rightarrow E_{ph} = 3149 + 343 = 3.492 \text{ kN}$$

Nachweis:

$$F_d / E_{ph} = 3729 / 3492 = 1,07$$

Der Nachweis der Bettungsspannungen (unter Ansatz des mobilisierten passiven Erdwiderstands) ergibt eine geringe Überschreitung ($\eta \approx 1,07$). Die Differenz wird über die Ausbildung und Bemessung des Pressenwiderlagers abgetragen. Die Bemessung der Stahlbetonwand des Pressenwiderlagers erfolgt durch die ausführende Firma.

Das Dokument

Statische Berechnung - Entwurfsplanung –Vorbemessung

Bauvorhaben:

Sielumbau U5 City-Nord Stufe 2
Baugruben Rohrvortrieb City-Nord

Auftrag:

14434

Seiten:

I bis II
1 bis 31

Anlagen:

Anlage A (7 Seiten), Anlage B (7 Seiten)

wurde aufgestellt von:

WTM ENGINEERS GMBH
Beratende Ingenieure im Bauwesen

Johannisbollwerk 6-8
20459 Hamburg

Bearbeiter:

Mayra Madita Fonfara, M.Sc.

Projektleiter:

Dipl.-Ing. Sonja Thureau

Geschäftsführer

Hamburg, den 08.06.2026

