

Yachtclub Büdelsdorf

- Modernisierung der Slipbahn –



Statische Berechnung

Auftraggeber:

Waterkant Ingenieure
Plönort 1
24357 Güby

Projekt- Nr.:

2022-11

Ahrensburg, den 15.6.2023

VERFASSEN:



SEITE

I

PROGRAMM:

ABT.

BAUWERK: **Slipbahn Büdelsdorf**

ASB NR.:

DATUM

Inhaltsverzeichnis

1. UNTERLAGEN	1
2. VORBEMERKUNGEN.....	2
3. PLANUNGSRANDBEDINGUNGEN	4
3.1 Baugrund.....	4
3.2 Verkehrslast	6
3.3 Eisdruck.....	7
3.4 Wellenlasten	7
4. BERECHNUNG.....	8
4.1 Untere Führungsschiene / Pos. 06.01	8
4.2 Betonfertigteilplatte/ Pos. 05.01	10
4.3 Jochbalken / Pos. 03.01 & 04.01	15
4.4 Auflagerträger / Pos. 03.02 & 04.02	16
4.5 Gründungsrohr / Pos. 01.01	18

VERFASSER: 		SEITE	1
PROGRAMM:		ABT.	
BAUWERK:	Slipbahn Büdelsdorf	ASB NR.:	15.6.2023
			DATUM

1. Unterlagen

- [1] EAU 2020. Verlag Ernst & Sohn
- [2] „Bauanfrage zur Genehmigungsfähigkeit der Modernisierung der Slipbahn des Büdelsdorfer Yacht-Clubs“, Waterkant Ingenieure GbR, 2022
- [3] Plan: „Wassersportzentrum Büdelsdorf - Geologische Schnitte / Profil B, Blatt 5“, Dipl.-Ing. Hans-Joachim Steude, Kiel, 23.4.1979
- [4] Bestandsplan „Slipbahn – Büdelsdorfer Yacht Club“, 7.10.1982
- [5] Ausführungsplan „Modernisierung Slipbahn“, Draufsicht und Schnitte, Zeichnungsnummer 2022-004-003 Rev a, Waterkant Ingenieure GbR, 13.6.2023
- [6] Sublift 12t – Produktbrochüre, Fa. Sublift, Schweden

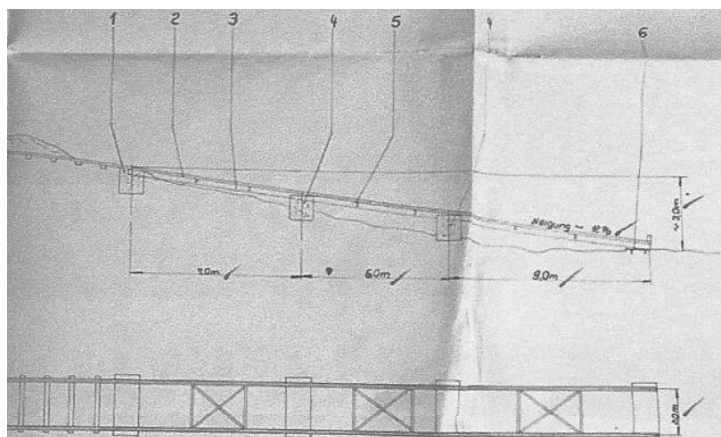
2. Vorbemerkungen

Die im Jahr 1982 / 1983 gebaute schienenengebundene Slipanlage im Bereich des Büdelsdorfer Yacht Clubs soll modernisiert werden. Der folgenden Abbildung kann die Lage der neu geplanten Anlage entnommen werden, die unmittelbar neben dem Bestandsbauwerk geplant ist.



Abb. 1: Lageplan der neu geplanten Slipanlage (rot) neben dem Bestandsbauwerk [2]

Die bestehende Anlage besteht aus einem ca. 2m breiten und 40m langen Schienensystem, über das größere Schiffe mit einem Gewicht von bis zu 6t in eine Wassertiefe von ca. 3m eingefahren werden können. Der folgenden Abbildung kann entnommen werden, dass die Bestandskonstruktion aus einem Stahlrahmen gefertigt wurde, welcher auf Betonfundamenten flach gegründet wurde.



- 1 Betonfundament 2,5x1,0x1,0m tief
- 2 Schiene DIN 5901 S20 ✓
- 3 I 360 DIN 1025 S137-2 bzw. I 300 DIN 1025 S137-2 ✓
- 4 Betonfundamente 2,5x1,0x1,0m aus Unterwasserbeton
- 5 Querversteifung aus L 140 DIN 1026 S137-2
- 6 Blech 15 S137-2 22x10m mit Schienenverstärkung

Abb. 2: Zeichnung Bestandsbauwerk [4]

Im Rahmen des Neubaus soll eine Slipbahn entstehen, die die Befahrung mittels eines radgebundenen Slipwagen ermöglichen soll. Dieser ist für eine Transportlast von bis zu 12t auszulegen. Die Räder sind dabei einseitig zu führen. Für das Befahren kleinerer Systeme mit schmale-ren Spurweiten soll der obere Bereich der Neuanlage als durchgehende Betonplatte hergestellt werden.

Der folgenden Abbildung kann der geplante Neubau als Lageplan und Längsschnitt entnommen werden.

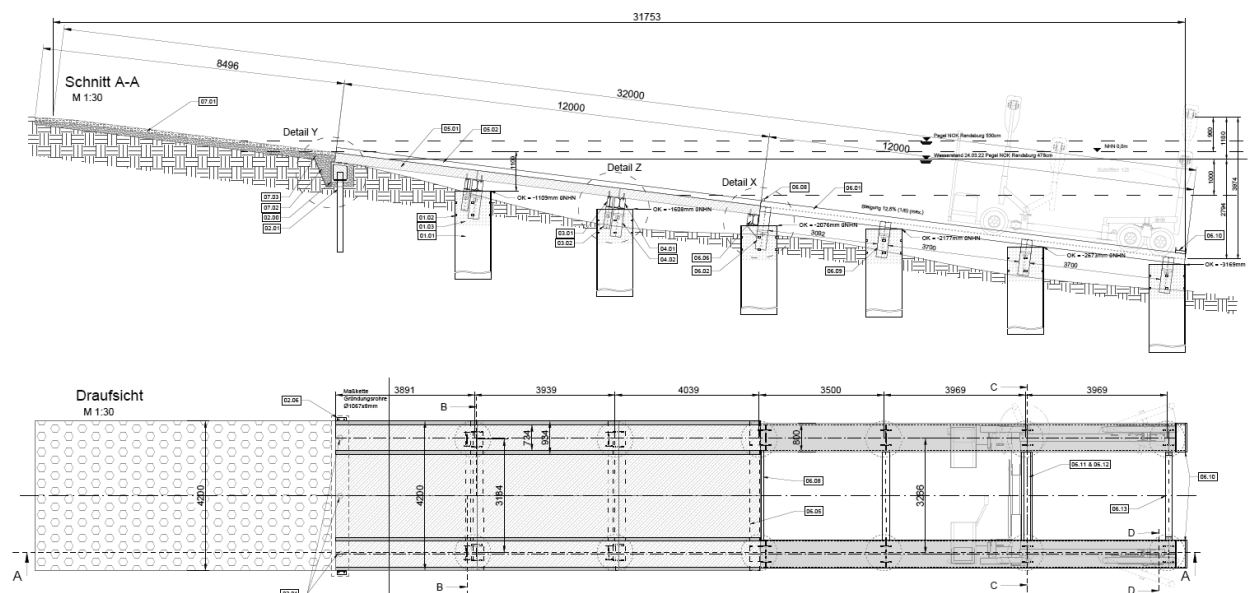


Abb. 3 Draufsicht und Längsschnitt des geplanten Neubaus [5]

Dem Planausschnitt ist zu entnehmen, dass der geplante Neubau eine Länge von insgesamt knapp 32 m aufweist. Der obere 8,5m lange Bereich liegt dabei an Land und wird mit Rasengittersteinen und entsprechend tragfähigem Unterbau befestigt.

Im Anschluss geht die Slipbahn in eine ca. 12 m lange und 26 cm starke Betonplatte über, die alle 4 m auf tiefgegründeten Stahljochen aus HEB 300 Profilen aufliegt. Diese sind auf den Auflagern mit IPE 400 Trägern versehen, die über eine Betonplombe in ein 4m langes Gründungsrohr Ø1067 x 8 [mm] einbinden.

Der untere 12 m lange Bereich besteht aus zwei quer liegenden HEB 800 Profilen, die als Spurrinne des Slipwagens dienen. Die Auflagerung erfolgt entsprechend den oben beschriebenen Steckträgern IBE 400.

3. Planungsrandbedingungen

3.1 Baugrund

Für die Baugrundbeschreibung liegen nur die für die Altmaßnahme vorliegenden Baugrundprofile vor [3]. Dabei liegen die Sondierungen B12 und Son 4 im Bereich der zukünftigen Slipbahn. Dem folgenden Planausschnitt können die Sondierpunkte entnommen werden.

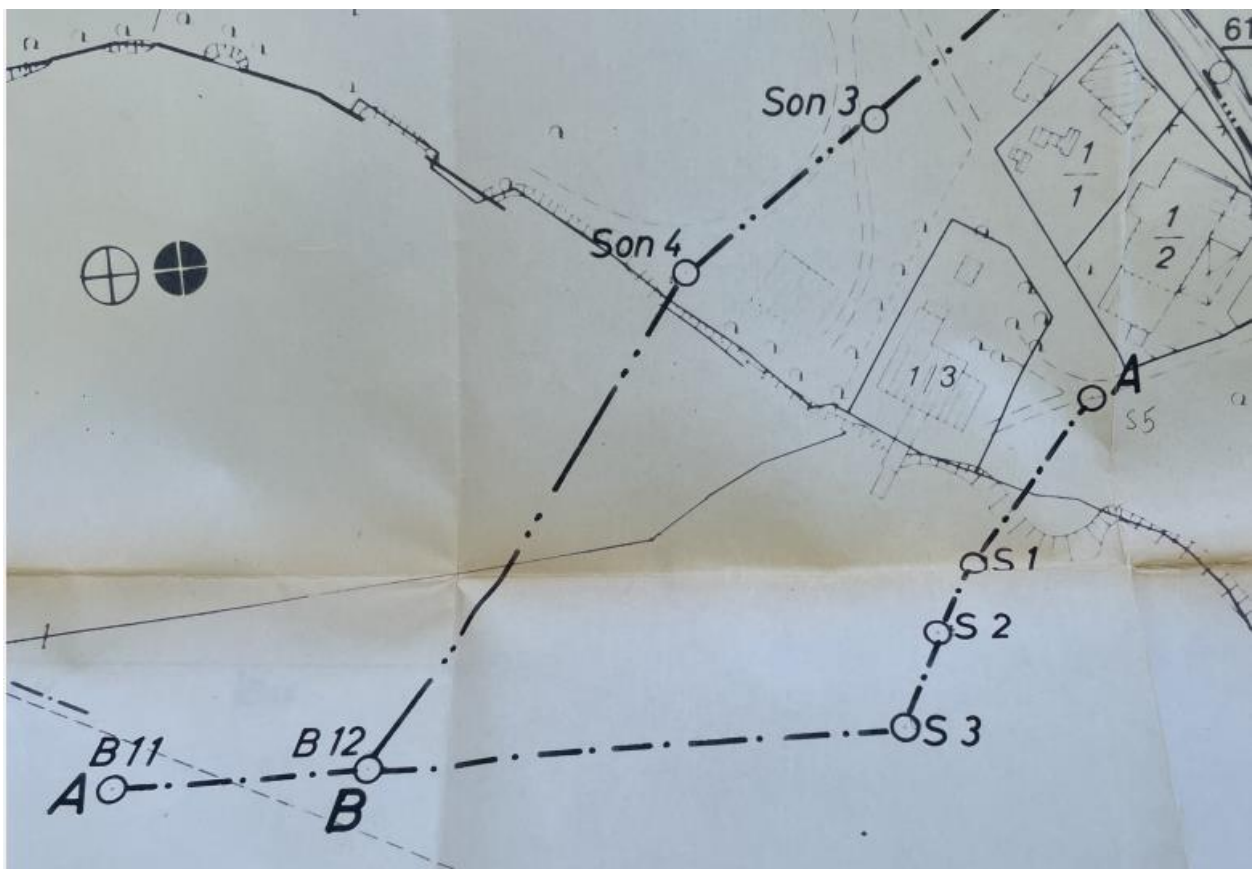


Abb. 4: Lageplan der Baugrunderkundungen [5]

Die Sondierungen zeigen ab Gewässersohle zunächst Füllboden und Sande mitteldichter Lagerung. Diese liegen im Bereich der Bohrung B12 bis auf Tiefe NHN – 15,5m. Die Unterkante des Sandhorizontes steigt in Richtung Land steil auf ca. NHN -5 m (Son 4) an. Unterhalb des Sandes wurden holzäne Gytja Schichten angetroffen. Die Konsistenz dieser organischen Schicht ist nicht bekannt. Der folgenden Abbildung kann der Querschnitt entnommen werden.

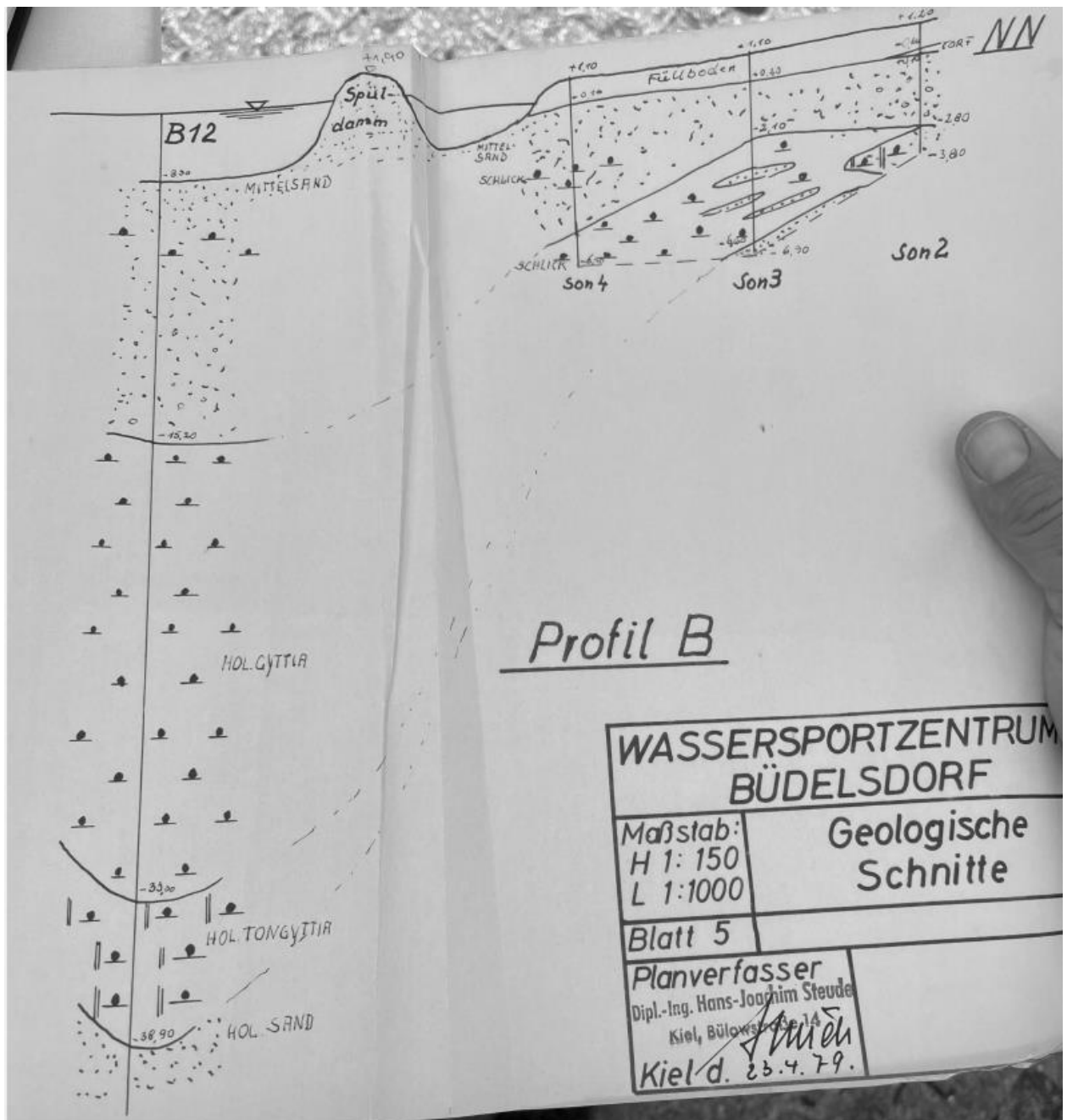


Abb. 5: Querschnitt der Bodenprofile B12 und Son 4 [3]

Aufgrund der nicht nur bedingt vorliegenden Baugrunduntersuchungen und dem sicheren Abtrag der Horizontallasten aus Seitenstoß, wird eine Gründung auf kurzen Großrohrpfählen empfohlen.

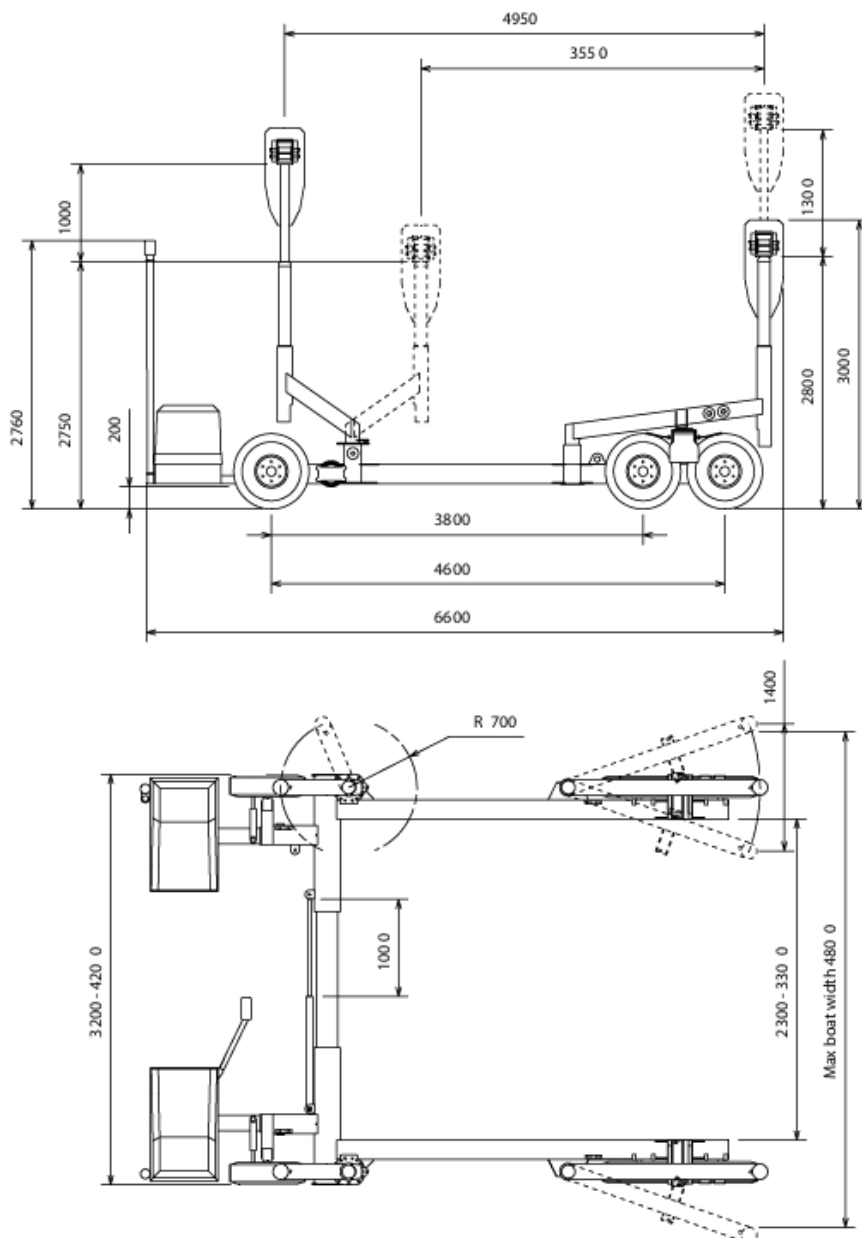
Dem Baugrund kann ein Widerstand unter dem Pfahlbeton von $\sigma_k = 400 \text{ kN/m}^2$ zugewiesen werden. Der maximale äußere Mantelwiderstand beträgt im Sand $q_{s,k} = 20 \text{ kN/m}^2$.

3.2 Verkehrslast

Auf der äußeren Fahrspur wird ein Slipwagen der Firma Sublift mit einer maximalen Traglast von 12t angesetzt. Mit dem Eigengewicht des Wagens von knapp 4t ergibt sich eine maximale Gesamtlast von $Q_k = 120 + 40 = 160$ kN. Die Aufteilung der Last erfolgt wie folgt:

Vorderachse: $Q_k = 1/3 \times 160 = 54$ kN

Hinterachsen: $Q_k = 2/3 \times 160 = 107$ kN (Pro Achse $Q_k = 107 / 2 = 53,5$ kN)



Sublift 12t - Data

Service weight:	4 000 kg
Max load:	12 000 kg
Max load/sling front:	4 800 kg
Max load/sling rear:	7 200 kg
Highest slope:	1/8
Max side slope:	1/15
Engine:	Kubota 26 kW
Max speed:	8 km/h

Die innere Fahrspur, die bis zum Bereich der Betonplatte befahren werden kann, wird vereinfacht für eine Verkehrslast von $q_k = 10 \text{ kN/m}^2$ bemessen. Über eine Breite von 2m und eine Feldlänge von 4m wird damit eine Wagenlast von $Q_k = 10 \times 2 \times 4 = 80 \text{ kN}$ (8to) abgedeckt.

3.3 Eisdruck

Anlehnend an den HPA Teil C [B5] kann der Eisdruck auf NHN +0,5 m über eine Länge von $L = 1,0\text{m}$ mit $H_k = 100 \times b = 40 \text{ kN}$ angenommen werden. Aufgrund der Lage des Wasserspiegels im Kanal kann der Nachweis des Lastabtrags aus Eisdruck entfallen.

3.4 Wellenlasten

Wellenbelastungen sind nach Abstimmung mit dem Entwurfsverfasser nicht zu berücksichtigen.

4. Berechnung

4.1 Untere Führungsschiene / Pos. 06.01

Die Belastung aus dem Slipwagen beträgt gemäß den Angaben in Ziff. 3.2 wie folgt:

Vorderachse: $Q_k = 1/3 \times 160 = 54 \text{ kN}$

$$Q_d = 1,5 \times 54 = 81 \text{ kN (pro Seite: } Q_d = 81 / 2 = 40,5 \text{ kN)}$$

Hinterachsen: $Q_k = 2/3 \times 160 = 107 \text{ kN}$

$$Q_d = 1,5 \times 107 = 160,5 \text{ kN (pro Seite: } Q_d = 160,5 / 2 = 80 \text{ kN)}$$

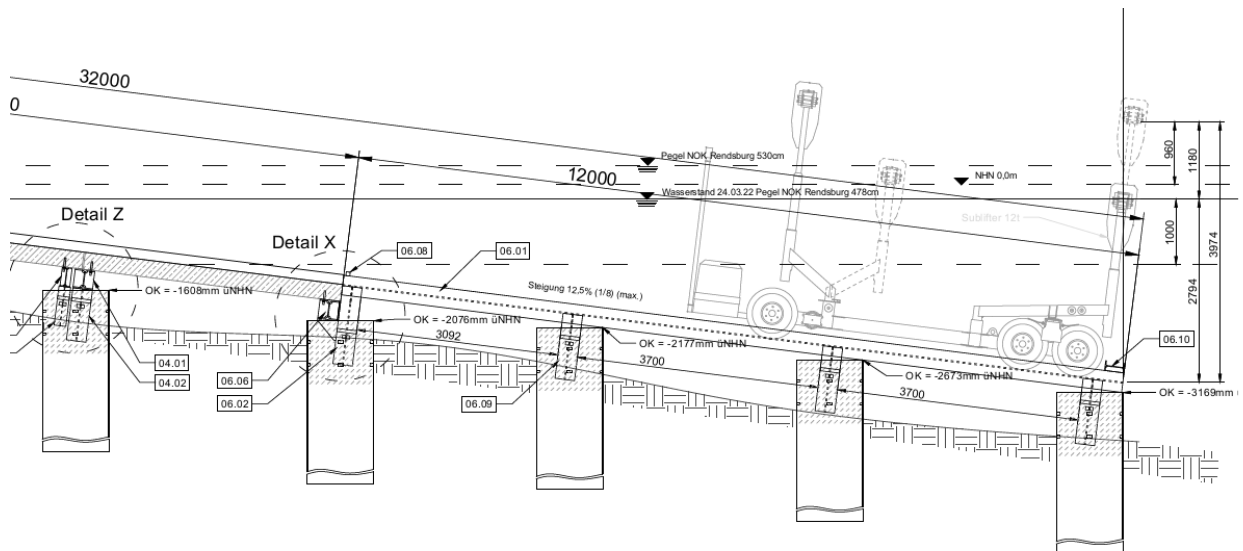
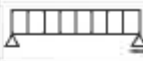
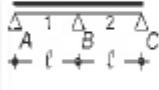
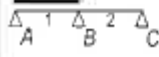


Abb. 6: Querschnitt des unteren Bereiches der Slipbahn [5]

Aus Eigengewicht des Trägers HEB 800 ergibt sich:

$$g_d = 2,7 \times 1,35 = 3,65 \text{ kN/m}$$

Die Berechnung der maßgebende Schnittgröße M_d ergibt sich vereinfacht und auf der sicheren Seite liegend gemäß Schneider Bautabellen wie folgt:

Lastfall	Kraft- größen					
		Belastung 1	Belastung 2	Belastung 3	Belastung 4	Belastung 5
	M_l	0,070	0,048	0,056	0,062	0,156
	M_b	-0,125	-0,078	-0,093	-0,106	-0,188
	A	0,375	0,172	0,207	0,244	0,313
	B	1,250	0,656	0,786	0,911	1,375
	V_{bl}	-0,625	-0,328	-0,393	-0,456	-0,688
	M_l	0,096	0,065	0,076	0,085	0,203
	M_b	-0,063	-0,039	-0,047	-0,053	-0,094
	A	0,438	0,211	0,253	0,297	0,406
	C	-0,063	-0,039	-0,047	-0,053	-0,094

Aus Verkehrslast Hinterachse:

Belastungsbild 5: $M_d = 0,203 \times Q_d \times l = 0,203 \times 80 \times 3,7 = 60,1 \text{ kNm}$

Aus Eigengewicht:

Belastungsbild 1: $M_d = 0,07 \times g_d \times l^2 = 0,07 \times 3,65 \times 3,7^2 = 3,5 \text{ kNm}$

Bemessung: $\sigma_d = M_d / W_z = 63,6 \times 100 / 994 = 6,4 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{R,d} = 24 \text{ kN/cm}^2$

4.2 Betonfertigteilplatte/ Pos. 05.01

Pro Feld werden zwei Fertigteilplatten mit den Abmessungen: $L \times B \times h = 2,1 \times 4,0 \times 0,26$ [m] aufgelegt. Die Platten werden auf der sicheren Seite liegend mit einer Betonfestigkeitsklasse C30/37 nachgewiesen. Eingebaut wird mit Blick auf die Expositionsklassen ein Beton C35/45.

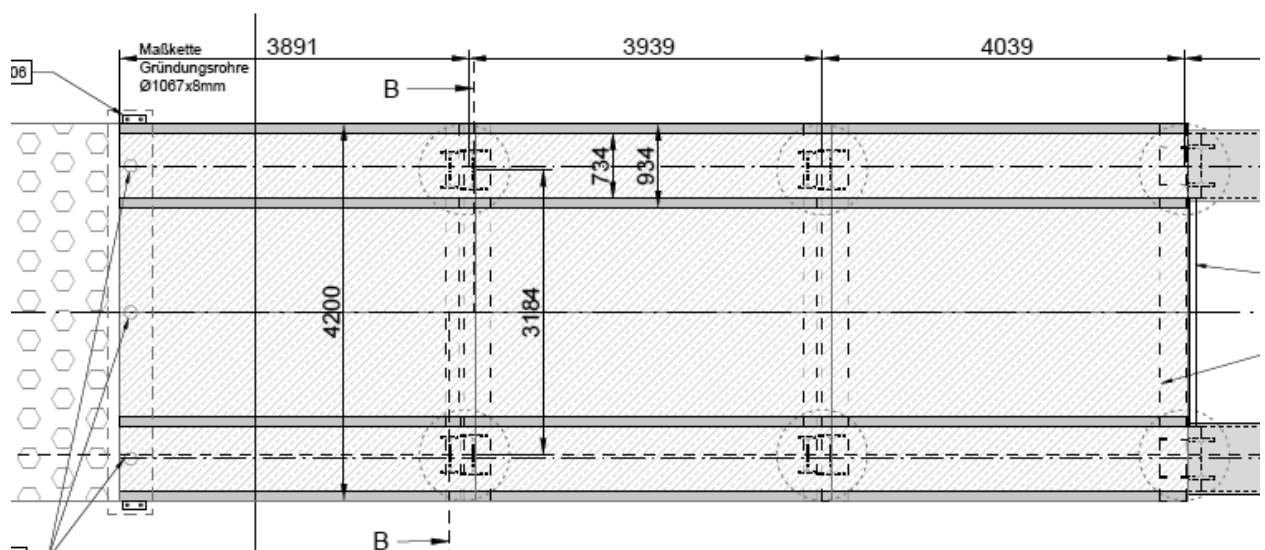
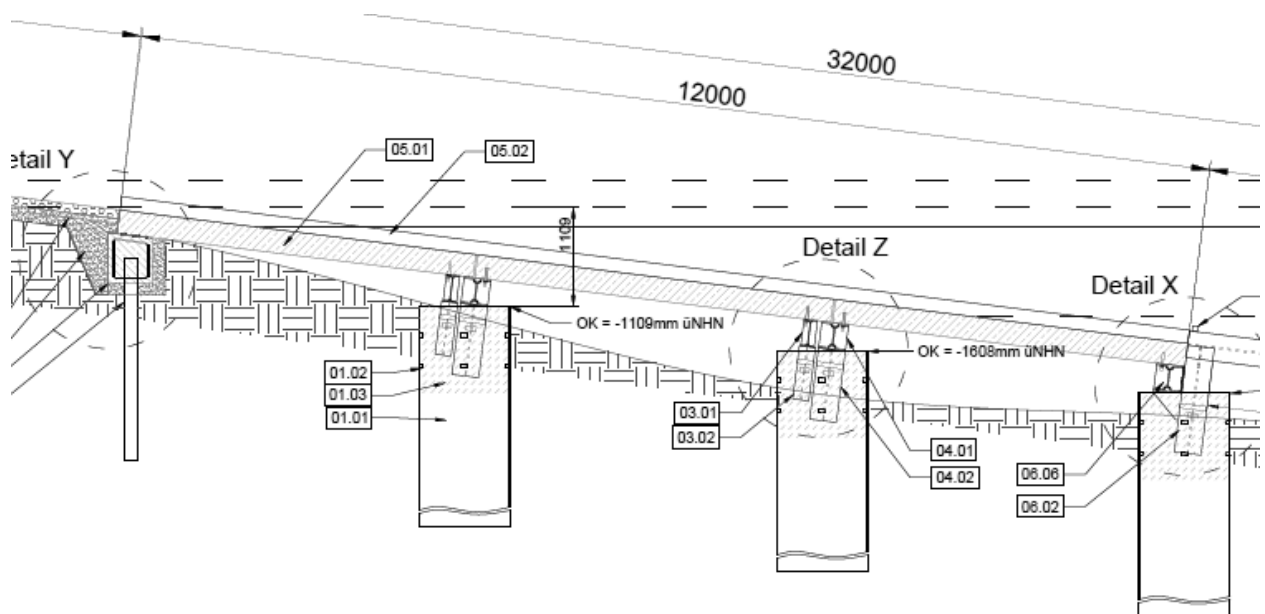
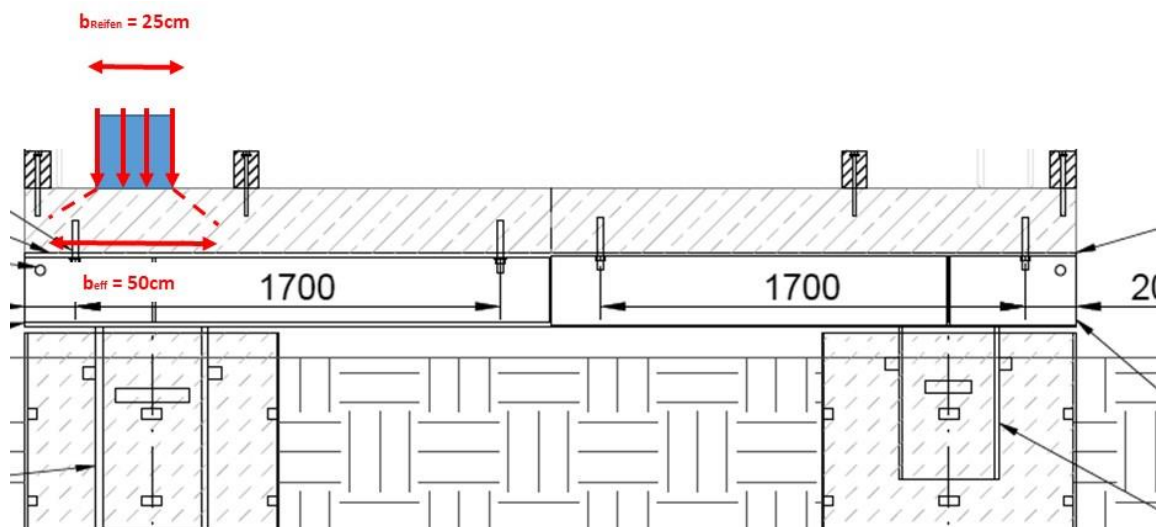


Abb. 7: Querschnitt und Draufsicht des mittleren Bereiches der Slipbahn [5]

Maßgebend für die Bemessung ist die Belastung aus der Überfahrt des 12 to Sublifts. Hier wird vereinfacht und auf der sicheren Seite liegend die Belastung der Hinterachse angesetzt. Über eine Reifenbreite verteilt sich die Belastung unter 1:1 auf eine Balkenbreite von $B = 50 \text{ cm}$.



Folgende Belastungen werden angesetzt:

Hinterachsen: $Q_k = 2/3 \times 160 = 107 \text{ kN}$

$Q_d = 1,5 \times 107 = 160,5 \text{ kN}$ (pro Seite: $Q_d = 160,5 / 2 = 80 \text{ kN}$)

Aus Eigengewicht des Betonbalkens $B = 50 \text{ cm}$ ergibt sich:

$g_d = 0,5 \times 0,26 \times 25 = 3,25 \text{ kN/m}$

Die Last der beiden Hinterräder von $Q_d = 80 \text{ kN}$ verteilen sich pro Rad auf $Q_{d,1} = 40 \text{ kN}$. Der Abstand der beiden Räder beträgt $a = 80 \text{ cm}$. Damit ergeben sich folgende Schnittgrößen:

Aus Verkehrslast Hinterachse:

$M_d = Q_{d,1} \times L_1 = 40 \times 1,6 = 64 \text{ kNm}$

Aus Eigengewicht:

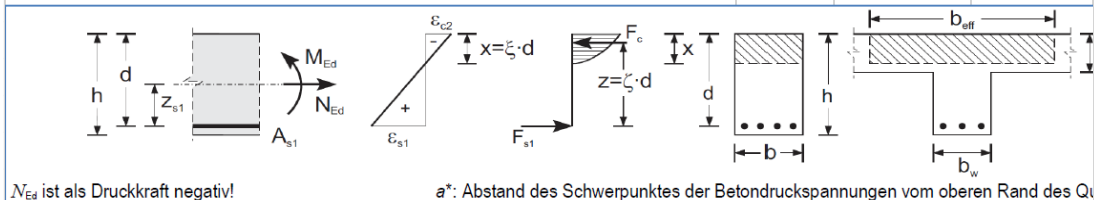
Belastungsbild 1: $M_d = g_d \times l^2 / 8 = 3,25 \times 4^2 / 8 = 6,5 \text{ kNm}$

Die Biegebemessung des Fertigteils erfolgt über das μ_{Eds} -Verfahren.

D

Mit dimensionslosen Beiwerten

Rechteckquerschnitt/ Ohne Druckbewehrung

**Schnittgrößen**

Bemessungswert des Biegemoments	M_{Ed}	70,0	[kNm]
Bemessungswert der Normalkraft	N_{Ed}	0,0	[kN]
Abstand zwischen Normalkraft und Biegezugbewehrung	z_{s1}	0,00	[m]
Bezogenes Biegemoment	M_{Eds}	70,0	[kNm]

Bauteilabmessungen

Breite des Bauteils	b	50,00	[cm]
Höhe des Bauteils	h	26,00	[cm]
Abstand der Zugbewehrung zum Rand	d_1	5,00	[cm]
Statische Nutzhöhe	d	21,00	[cm]

Bemessung

Betonfestigkeitsklasse	FK	C30/37	[-]
Bemessungswert der Betondruckfestigkeit	f_{cd}	17,00	[N/mm ²]
Beiwert	μ_{Eds}	0,1867	[-]
Mechanischer Bewehrungsgrad (interpoliert)	$\omega^{1)}$	0,2098	[-]
Beiwert für Betondruckzonenhöhe	ξ	0,259	[-]
Höhe der Betondruckzone	x	5,45	[cm]
Beiwert für inneren Hebelarm	ζ	0,892	[-]
Innere Hebelarm	z	18,73	[cm]
Dehnung Beton	ϵ_{c2}	-3,500	[‰]
Dehnung Betonstahl	ϵ_{s1}	10,015	[‰]
Spannung im Bewehrungsstahl	σ_{sd}	434,8	[N/mm ²]
Erforderliche Biegezugbewehrung	A_{s1}	8,61	[cm ²]

1) ω -Tafeln entnommen, Werte werden interpoliert

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

$$A_{s1} = \frac{1}{f_{yd}} (\omega_1 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + N_{Ed})$$

VERFASSEN: 		SEITE	13
PROGRAMM:		ABT.	
BAUWERK:	Slipbahn Büdelsdorf	ASB NR.:	15.6.2023
			DATUM

Als Grundbewehrung der Fertigteilplatte wird eine Betonstahlmatte Q 636A mit einer Grundbewehrung von $A_s = 6,36 \text{ cm}^2/\text{m}$ in Längsrichtung gewählt.

Zulage unten allgemein: Ø10/10 mit $A_s = 7,85 \text{ cm}^2/\text{m}$ ergibt $A_s = 14,21 \text{ cm}^2/\text{m}$

Zulage unten Fahrbahnrand $b = 100 \text{ cm}$:

Ø12/10 mit $A_s = 11,31 \text{ cm}^2/\text{m}$ ergibt $A_s = 11,31 + 6,36 = 17,67 \text{ cm}^2/\text{m}$.

Damit ist die erforderliche Längsbewehrung von $8,61 \text{ cm}^2$ unter der stark beanspruchten Fahrbahn mit $A_{s, \text{vorh.}} = 17,67 * 0,5 = 8,83 \text{ cm}^2$ abgedeckt.

Eine entsprechende Stehbügelbewehrung kann konstruktiv von Seiten des Herstellers gewählt werden.

Als Randeinfassung werden Steckbügel 8/20 gewählt.

Folgende Expositionsklassen sind einzuhalten: XC 4, XD 3, XS1, XF 4, WA

Demnach ergibt sich eine auszuführende Betonfestigkeit eine Betons 35/45.

Ein Nachweis der Rissbreitenbeschränkung erfolgte überschlägig und ist mit der eingesetzten Bewehrung abgedeckt. Die maximale Querkraftbelastung beträgt $Q_{d,1} = 40 \text{ kN}$. Im Folgenden erfolgt der Nachweis der Querkrafteinleitung in den Jochbalken

Querkraftbemessung

Gemäß DIN EN 1992-1-1:2011-01, Abschnitt 6.2.2

Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Bewehrung**Querschnittswerte**

Querschnittshöhe	h	0,26 [m]
Querschnittsbreite	b_w	0,50 [m]
Statische Nutzhöhe	d	0,21 [m]
Hebelarm der inneren Kräfte	$z = 0,9 d$	0,19 [m]
Neigung der Bügel	α	90,0 [°]

Einwirkungen

Bemessungswert der Querkraft (Betondruckstrebe)	V_{Ed}	40,0 [kN]
Bemessungswert der Querkraft (Bewehrung)	$V_{Ed,red}$	40,0 [kN]
Bemessungswert der Normalkraft	N_{Ed}	0,0 [kN]

Beton

Charakteristische Betonfestigkeit	f_{ck}	30 [N/mm²]
Rechenwert der Betonfestigkeit	f_{cd}	17,00 [N/mm²]
Teilsicherheitsbeiwert Beton	γ_c	1,5 [-]

Zugbewehrung

Querschnittsfläche der Zugbewehrung	A_{sl}	8,0 [cm²]
Längsbewehrungsgrad	ρ_l	0,762 [%]

Querkraftwiderstand ohne Querrastbewehrung

Betonspannung	σ_{cd}	0,000 [N/mm²]
Beiwert für den Einfluss der Bauteilhöhe	k	1,976 [-]
Beiwert für Mindestwert des Querkraftwiderstands	K_t	0,0525 [-]
Bemessungswert für Querkraftwiderstand	$V_{Rd,c}$	59 [kN]
Mindestwert des Querkraftwiderstands	$V_{Rd,c,min}$	56 [kN]
Maßgebender Querkraftwiderstand	$V_{Rd,c,maßg}$	59 [kN]
Nachweis	$V_{Ed,red} / V_{Rd,c,maßg}$	0,68 [-]

 $d \leq 0,6m \rightarrow K_t = 0,0525$; $d \geq 0,8m \rightarrow K_t = 0,0375$ (Zwischenwerte interpolieren)

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}}$$

$$V_{Rd,c} = \left[\frac{0,15}{\gamma_c} \cdot k \cdot (\rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0,12 \cdot \sigma_{cd} \right] \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,c,min} = \frac{\chi_l}{\gamma_c} \cdot \sqrt{k^3 \cdot f_{ck} + 0,12 \cdot \sigma_{cd}}$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d}$$

Es ist keine Querkraftbewehrung erforderlich!

4.3 Jochbalken / Pos. 03.01 & 04.01

Die Jochbalken aus IPE 300 bzw. HEB 300 werden mit einer Stahlgüte S240 nachgewiesen. Die Auflagerkraft aus der Befahrung des großen Slipwagens auf der äußeren Fahrspur ist für die Bemessung des Jochbalkens nicht relevant. Diese geht direkt über in die unter dem Joch angebrachten Auflagerträger Pos. 03.02 & 04.02 in die Gründungsrohre ein. Zur Sicherung der Lastenleitung werden jeweils Rippenbleche in die Träger geschweißt.

Der Jochträger wird für das Eigengewicht von Platte und Träger, sowie die zwischen den Fahrbahnen wirkenden Verkehrslast von $q_k = 10 \text{ kN/m}^2$ bemessen.

Auflagerkraft aus Eigenwicht Betonplatte $h = 26 \text{ cm}$:

$$G_d = L \times h \times \gamma_B \times \gamma_G = 4,0 \times 0,26 \times 25 \times 1,35 / 2 = 18 \text{ kN/m}$$

Auflagerkraft aus Verkehrslast $q_k = 10 \text{ kN/m}^2$ über 2m Breite

$$Q_d = 10 \times 2 \times 4,0 \times 1,5 / 2 = 60 \text{ kN/m}$$

Die Lasten werden vereinfacht über den Abstand der Gründungsrohre von $a = 3,1 \text{ m}$ als Einfeldträger nachgewiesen.

$$M_d = (18 + 60) \times 3,1^2 / 8 = 94 \text{ kNm}$$

$$\sigma_d = M/W = 94 \times 100 / 557 = 17 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{R,d} = 24 \text{ kN/cm}^2$$

VERFASSER: 		SEITE	16
PROGRAMM:		ABT.	
BAUWERK:	Slipbahn Büdelsdorf	ASB NR.:	15.6.2023
			DATUM

4.4 Auflagerträger / Pos. 03.02 & 04.02

Die Auflagerträger Pos. 03.02 (IPE 400) und Pos. 04.02 (HEB 450) nehmen die Belastung des Jochträgers auf und leiten die Auflagerkraft in den mit Beton gefüllten Kopfbereich des Gründungsrohres Ø1067 x 8 [mm] Pos. 01.01.

Pro Auflagerträger wird als Maximalbelastung die Lasten aus dem 12to Slipwagen (Hinterachse) sowie den Eigengewichtslasten aus Jochbalken und Betonplatten aufgenommen.

Folgende Belastungen werden angesetzt:

Hinterachsen: $Q_k = 2/3 \times 160 = 107 \text{ kN}$

$Q_d = 1,5 \times 107 = 160,5 \text{ kN}$ (pro Seite: $Q_d = 160,5 / 2 = 80 \text{ kN}$)

Auflagerkraft aus Eigengewicht Betonplatte $h = 26 \text{ cm}$:

$G_d = B \times L \times h \times \gamma_B \times \gamma_G = 4,2 \times 4,0 \times 0,26 \times 25 \times 1,35 / 2 / 2 = 37 \text{ kN}$

Auflagerkraft aus Eigengewicht Träger HEB 300:

$G_d = 1,17 \times 4,2 / 2 = 2,5 \text{ kN}$

Damit muss pro Auflager eine Last von $V_d = 80 + 37 + 2,5 = 119 \text{ kN}$ aufgenommen werden.

An die Auflagerträger werden zur Lastweiterleitung in den Beton des Gründungsrohres umlaufend je vier Knaggen mit den Abmessungen $B \times L \times H = 40 \times 300 \times 40 \text{ [mm]}$ angeschweißt.

Diese können dem folgenden Planausschnitt entnommen werden.

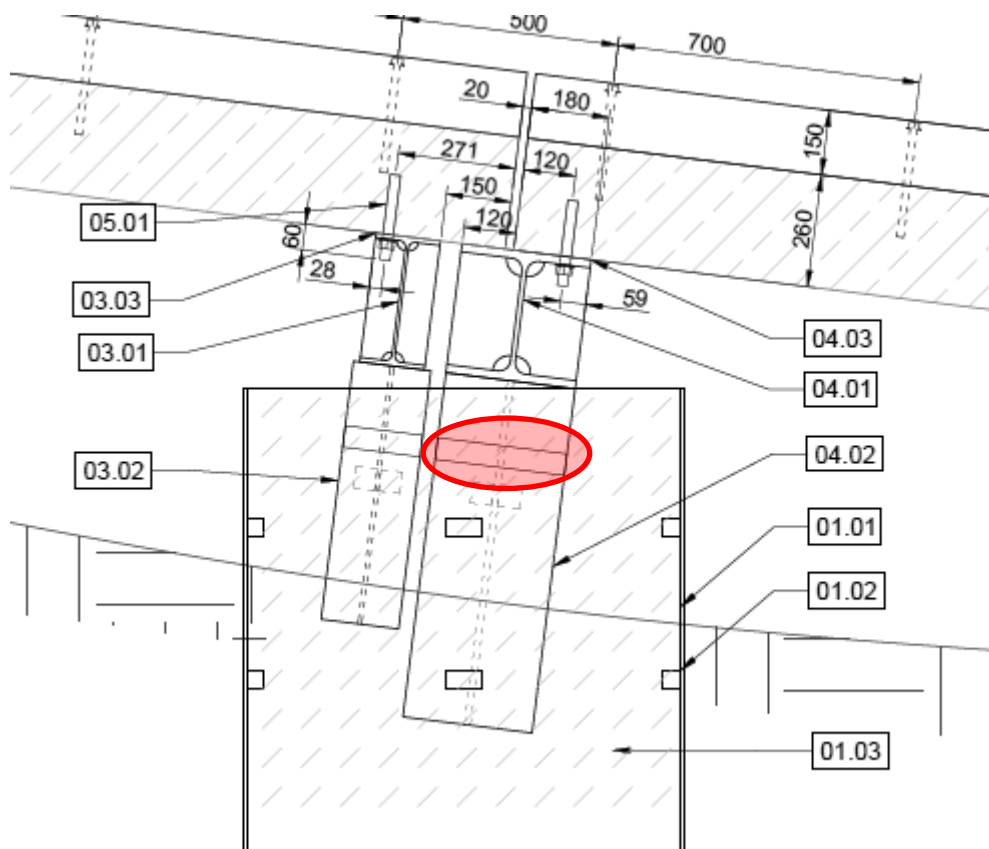


Abb. 8: Lasteinleitungsknaggen der Auflagerträger im Kopf der Gründungsrohre [5]

Die Knaggen weisen eine Auflagerfläche von $A_s = 4 \times 30 \times 4 = 480 \text{ cm}^2$ auf.

Mit einem Pfahlbeton der Güte C30 / 37 ergibt sich eine Betonspannung von:

$$\sigma_d = V_d / A_s = 119 / 0,048 = 2480 \text{ kN/m}^2$$

Die zulässige Betondruckspannung liegt bei $f_{cd} = 17.000 \text{ kN/m}^2$. Damit ist das Nachweis der Lasteinleitung erfüllt.

4.5 Gründungsrohr / Pos. 01.01

Das Gründungsrohr hat einen Durchmesser von Ø1067 x 8 [mm] und bindet ca. 3,0 m in den Baugrund ein. Nach dem Einbau der Rohre wird der Boden im inneren des Rohres über eine Höhe von ca. 1,2 m bis 1,5m ausgehoben und die Rohrwandung gesäubert. Von einer genauen Ausrichtung der Rohre in Lage und Höhe wird ausgegangen.

Die Jochträger werden mit dem Auflagerträger in das Rohr eingestellt und ausgerichtet. Anschließend wird der Rohrkopf ausbetoniert. Durch dieses Verfahren wird die Lasteinleitung in den oberen Sandhorizont gesichert. Unplanmäßige Horizontallasten aus Seitenstoß können abgetragen werden.

Der Nachweis der Vertikallasten in den Baugrund erfolgt kombiniert über die äußere Mantelreibung und der Aufstandsfläche A_B unter dem Beton.

$$R_d = A_B \times \sigma_k / \gamma_t = 0,785 \times 400 / 1,4 = 224 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Einwirkung } V_d = 119 \text{ kN} < R_d$$

Damit ist der Nachweis der Lasteinleitung erbracht.

Seiten 1 bis 18 aufgestellt

Ahrensburg, den 15.6.23



Sebastian Höhmann