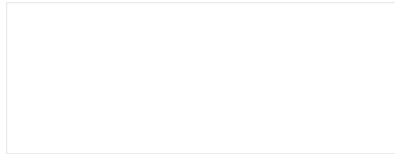


PROJEKTVERANTWORTUNG

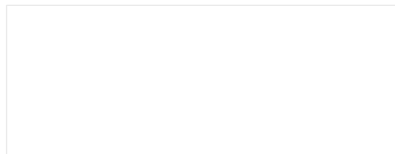
Verkehrsbetriebe Zürich
8048 Zürich



(Urs Feuz / Direktion Vize Direktor)

PROJEKTLEITUNG

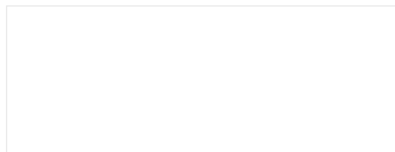
Verkehrsbetriebe Zürich
8048 Zürich



(Riccardo Vegezzi / Projektleiter)



PLANER
SNZ Ingenieure und Planer AG
8050 Zürich



(Marco Vedruccio / Projektgenieur)

Kanton: Zürich

Gemeinde: Stadt Zürich

Plangenehmigungsprojekt

VBZ

Züri Linie

VBZ Wendeschleife Rehalp

12.90.02

Infrastruktur
Bauprojektmanagement

Verkehrsbetriebe Zürich
Luggwegstrasse 65
Postfach 8048 Zürich
www.vbz.ch

Erweiterung & Instandsetzung Tramhaltestelle

Statischer Bericht
Fahrleitungsmastfundamente

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage.....	2
2	Grundlagen	2
	2.1 Normen und Richtlinien	2
	2.2 Projektbezogene Unterlagen	2
3	Fundamenttypen.....	3
4	Einwirkungen.....	4
5	Baugrundannahmen.....	5
6	Dimensionierung.....	7
7	Zusammenfassung Resultate	7
8	Unterschriften.....	8
9	Anhänge	8

1 Ausgangslage

Im Zusammenhang mit dem Plangenehmigungsprojekt für die Tramwendeschleife Rehalp in Zollikon liegt die Verantwortung für die normgemässe Bemessung der Mastfundamente bei der beauftragten Ingenieurgemeinschaft.

Die massgebenden Einwirkungen werden durch die VBZ bereitgestellt.

Das vorliegende Dokument fasst die entsprechenden Nachweise zusammen.

2 Grundlagen

2.1 Normen und Richtlinien

- [1] SIA Norm 260, Grundlagen der Projektierung von Tragwerken, 2013
- [2] SIA Norm 261, Einwirkungen auf Tragwerke, 2020
- [3] SIA Norm 262, Betonbau, 2013 inkl. Korrigenda
- [4] SIA Norm 267, Grundbau, 2013, inkl. Korrigenda
- [5] EN 50119+A1, Bahnanwendungen – Ortsfeste Anlagen – Oberleitungen für den elektrischen Zugbetrieb, 2014
- [6] RTE 27200, Bemessung von Fahrleitungstragwerken, VOEV, 17.1.2013
- [7] Gebrauchstauglichkeits- und Standsicherheitsnachweis für eingespannte Blockfundamente, S. Steckner

2.2 Projektbezogene Unterlagen

- [8] VBZ Wendeschleife Rehalp; Erweiterung & Instandsetzung Tramhaltestelle; Plangenehmigungsprojekt; Fahrleitung; Situation 1:200, Plan Nr. 4540B-18508-851 vom 04.04.2025
- [9] VBZ Wendeschleife Rehalp; Erweiterung & Instandsetzung Tramhaltestelle; Plangenehmigungsprojekt; Fahrleitung; Dokumentation der FL-Komponenten vom 04.04.2025
- [10] VBZ-Katalog elektrische Anlagen, Verkehrsbetriebe Zürich Unternehmensbereich Infrastruktur, Version 3.0 vom 16.07.2018
- [11] Baugrunduntersuchung Masten, VBZ Wendeschleife Rehalp, Zollikon; SC+P AG vom 31.03.2025
- [12] Nutzungsvereinbarung/Projektbasis Fahrleitungsmastfundamente (PGV-Dokument 12.90.01), SNZ Ingenieure und Planer AG, 09.05.2025

3 Fundamenttypen

Im Projekt sind für die Fahrleitungsanlage folgende Fundamenttypen vorgesehen:

- Standard VBZ für Masttypen LS1, LS2 und LS3 gemäss [10]:
Blockfundament als Köcher, Mast in Köcher gestellt

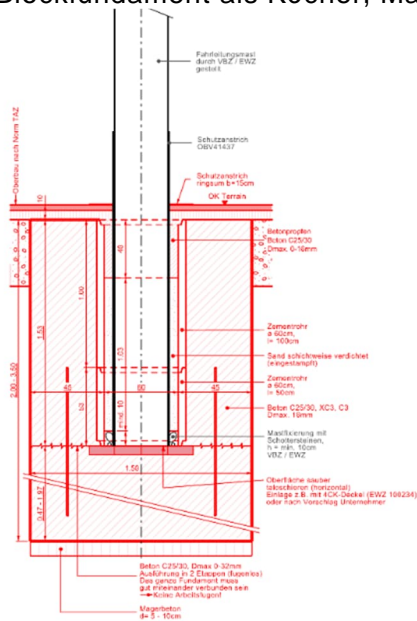


Abbildung 1: Mastfundament Standard VBZ, aus [10]

4 Einwirkungen

Die massgebenden Einwirkungen wurden durch die VBZ ermittelt und bereitgestellt:

Mast-Nr. (Lage)	Masttyp	Vertikal-last ¹ (Eigenlast Mast)	Moment ² aus Spitzenzug an Fundamentkopf	Spitzenzug/ Querkraft ³ an Fundamentkopf	Maximales nutzbares Moment ⁴ an Fundamentkopf	Maximale Querkraft ⁵ an Fundamentkopf	Fundamenttiefe t Abmessungen: 1.5 m x 1.5 m x t
		N_{EK} (kN)	M_{Ek} (kNm)	Q_{Ek} (kN)	$M_{Ek,max}$ (kNm)	$Q_{Ek,max}$ (kN)	t (m)
06.300	LS2	10.2	137.5	13.5	153.0 ⁶	15.0 ⁶	1.5 m x 1.5 m x 2.5
06.302	LS2		135.0	13.2			
06.304	LS2		168.5	16.5			
06.306	LS2		160.0	15.7	184.0 ⁶	18.0 ⁶	1.5 m x 1.5 m x 2.8
06.307	LS2		134.0	13.1			
06.308	LS2		143.5	14.1			
06.310	LS3	13.7	243.0	23.8	253.0 ⁶	24.8 ⁶	1.5 m x 1.5 m x 3.3
06.314	LS3		228.0	22.4			
06.316	LS2	10.2	144.5	14.2	153.0 ⁶	15.0 ⁶	1.5 m x 1.5 m x 2.5
06.318	LS2		192.0	18.8	207.0 ⁶	20.3 ⁶	1.5 m x 1.5 m x 3.0
06.319	LS3	13.7	228.0	22.4	253.0 ⁶	24.8 ⁶	1.5 m x 1.5 m x 3.3
06.320	LS1	6.5	47.5	4.7	106.0 ⁶	10.4 ⁶	1.5 m x 1.5 m x 2.0
06.321	LS1		109.0	10.7	150.0 ⁶	14.7 ⁶	1.5 m x 1.5 m x 2.5

Tabelle 1: Einwirkungen am Fundamentkopf, maximaler Widerstand gegenüber Querkraft und Moment gemäss Steckner und Fundamenttiefe

¹ Ermittlung aus [10]

² Ermittlung aus [8]

³ Rückrechnung aus Moment aus Spitzenzug an Fundamentkopf mit Hebelarm 10.20 m → $Q_{Ek} = M_{Ek} / 10.20 \text{ m}$

⁴ Rückrechnung aus Maximale Querkraft mit Hebelarm 10.20 m → $M_{Ek,max} = Q_{Ek,max} * 10.20 \text{ m}$

⁵ Ermittlung aus [10]

⁶ Standard LS1 gemäss VBZ Katalog [10]: $Q_{Ek,max} = 15.55 \text{ kN}$; $M_{Ek,max} = 159 \text{ kNm}$

Standard LS2 gemäss VBZ Katalog [10]: $Q_{Ek,max} = 23.70 \text{ kN}$; $M_{Ek,max} = 242 \text{ kNm}$

Standard LS3 gemäss VBZ Katalog [10]: $Q_{Ek,max} = 33.50 \text{ kN}$; $M_{Ek,max} = 342 \text{ kNm}$

Aus Grund der tieferen Werten des Zusammendrückungsmoduls der Gehängelehm ($< 12 \text{ MN/m}^2$) werden die maximalen Werten gemäss einer separaten Excel-Tabelle berechnet. Der Ansatz von Steckner überschätzt die Bettung stark (empirisch aus ϕ und β). Da die Bettung nur bedingt von diesen zwei Werten abhängig ist, wird sie basierend auf die vorliegenden ME-Werte bestimmt. Es wird der Ansatz aus dem Grundbautaschenbuch Teil 3 angewandt. Für die Berechnung wurde als Annahme einen durchschnittlichen Wert von 6.6 MN/m^2 (Erstbelastungsmodul) für die Bodenschichten über UK-Fundament gewählt.

5 Baugrundannahmen

Auf Grundlage des Baugrunduntersuchung Bericht [11] liegen ein Situationsplan mit der Lage der Sondierungen sowie ein geologischer Schnitt mit den ermittelten Bodenschichtungen vor.

Entsprechend dem geologischen Schnitt es wird von folgendem Schichtaufbau ausgegangen (von oben nach unten):

- Schicht A: Boden.
Geotechnisch nicht von Bedeutung.
- Schicht B: Künstliche Auffüllungen. Mächtigkeit von 0.6 m (RS1) bis 1.6 m (RKS2).
Da diese Auffüllung nicht flächendeckend vorkommt, wird sie in der allgemeinen Beurteilung nicht berücksichtigt.
Die künstlichen Auffüllungen sind locker bis mitteldicht gelagert und nur mässig gut tragfähig.
- Schicht C: Gehängelehm. Mächtigkeit von 1.3 m (RS1) bis 2.8 m (RS2).
Der Gehängelehm ist sehr locker bis locker gelagert bzw. weich bis mittelsteif und schlecht tragfähig.
- Schicht D: Aufgelockerte Moräne ab 2 m.u.T. (RKS1, RS1) bis 3.6 m.u.T. (RKS2).
Die Moräne ist oberflächlich aufgelockert, mit zunehmender Tiefe aber dicht gelagert. Sie ist somit gut tragfähig.

Zur Vereinfachung und um auf der sicheren Seite zu sein, wird angenommen, dass alle Fundamente in der Gehängelehmschicht gegründet sind.

In der folgenden Abbildung aus der Baugrunduntersuchung Bericht sind die Positionen aller Masten markiert sowie die Mächtigkeiten der Bodenschichten:

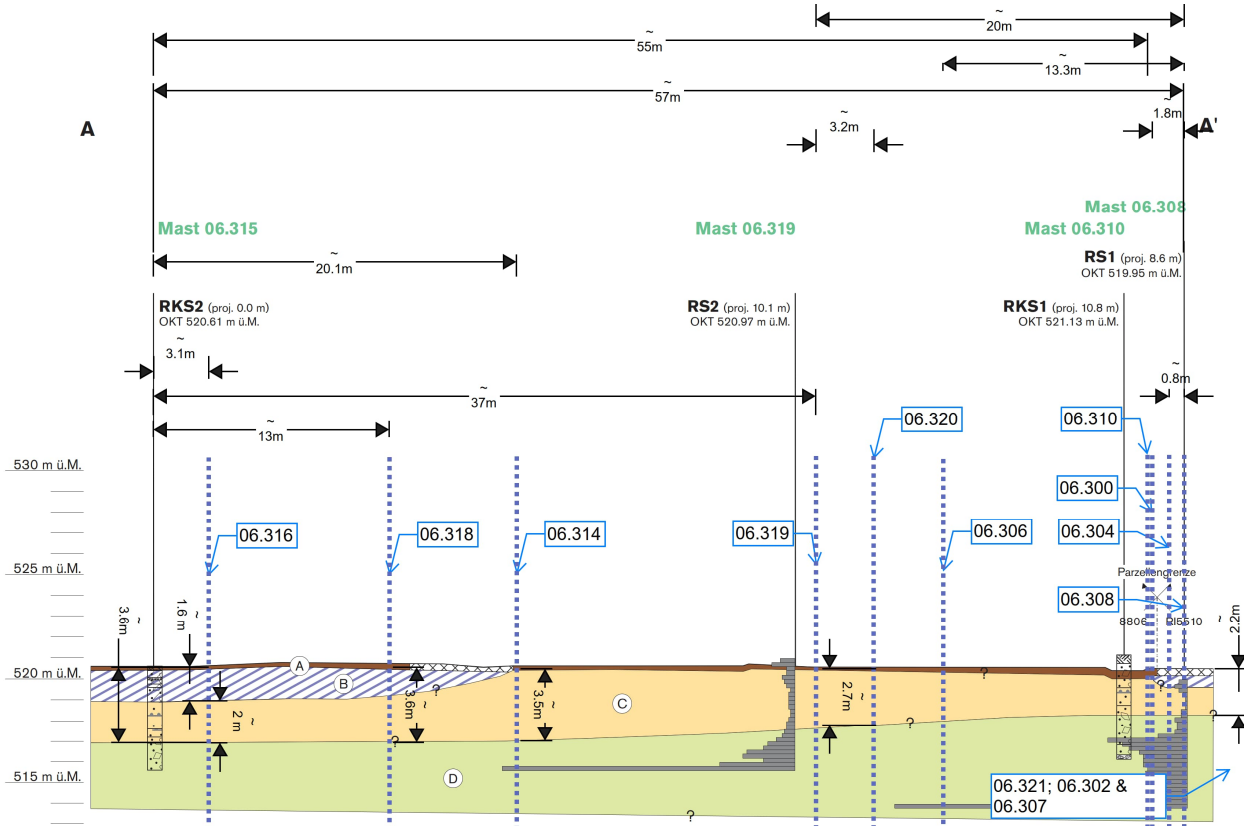


Abbildung 2: Positionen der Masten und Mächtigkeiten der Bodenschichten gemäss [11]

Die folgende Tabelle aus dem Baugrunduntersuchung Bericht [11] sammelt die Baugrundkennwerte. Es handelt sich um die geschätzten Erwartungswerte X_m sowie die Extremwerte $X_{extr.}$.

	Baugrundkennwert					
Baugrundsicht (USCS) ^{c)}	X	Feuchtraum- gewicht* γ [kN/m³]	Reibungs- winkel* φ' [°]	Kohäsion* c' [kN/m²]	Zusammen- drückbarkeit* M _E [MN/m²]	Wiederbelas- tungswert* M _E ' [MN/m²]
A) Boden	geotechnisch nicht relevant					
B) Künstliche Auffüllung (GW, GW-GM, GM) siltiger Kies mit Sand	X _m	19	31	0	15	40
	X _{extr}	18 – 20	28 – 35	0 – 3	8 – 20	20 – 50
	*	a)	a)	a)	a)	a)
C) Gehängelehm (SW-SC, SC-SM, ML, GC) toniger Silt mit reichlich Sand u. we- nig Kies	X _m	20	28	1	7	17
	X _{extr}	19 – 20	26 – 30	0 – 5	5 – 10	12 – 2550
	*	a)	a)	a)	b)	b)
D) aufgelockerte Moräne (GW-GC, GW-GM) Siltiger Kies mit Sand	X _m	21	34	2	30	80
	X _{extr}	20 – 22	30 – 36	0 – 5	25 – 45	60 – 100
	*	a)	a)	a)	b)	b)
Hangsickerwasser		Bei langandauernden /starken Niederschlägen ist mit geringem Hangsickerwasser zu rechnen.				
Baugrundklasse [nach SIA 261 (2020)]	E					
Erdbebenzone [nach SIA 261 (2020)]	Gefährdungszone 1a					

Abbildung 3: Baugrundkennwerte (Erwartungswerte X_m und Extremwerte $X_{extr.}$), Tabelle 3 aus [11]

Die charakteristischen Baugrundkennwerte X_k werden mit der nachfolgenden Formel berechnet:

$$X_k = X_m - \alpha (X_m - X_{extr.})$$
 mit dem Faktor für Zuverlässigkeit $\alpha=0.2$

Nachfolgend werden lediglich die für die Bemessung relevanten charakteristischen Werte aufgeführt:

Bodenschicht	Feuchtraum- gewicht	Kohäsion	Reibungs- winkel	Zusammendruckmodul	
				Erstbelastung	Wiederbelastung
	γ_k [kN/m ³]	c'_k [kN/m ²]	ϕ'_k [°]	M_{Ek} [MN/m ²]	M_{Ek} [MN/m ²]
Künstliche Auffüllung	18.8	0.0	30.4	13.6	36.0
Gehängelehm	19.8	0.8	27.6	6.6	16.0
Aufgelockerte Moräne	20.8	1.6	33.2	29.0	76.0

Tabelle 2: Charakteristischen Baugrundkennwerte für die Bemessung.

6 Dimensionierung

Die Dimensionierung erfolgt mit der Statik Software DC-Fundament, Version 5.2 und Excel Tabellen. Die Berechnung basiert auf der Theorie für im Boden eingespannte Blockfundamente nach Sebastian Steckner (Bautechnik 66, 1989, Heft 2).

7 Zusammenfassung Resultate

Die Berechnungen haben folgende Resultate ergeben:

Mast-Nr. (Lage)	Länge (m)	Breite (m)	Tiefe (m)
06.300	1.50	1.50	2.50
06.302	1.50	1.50	2.50
06.304	1.50	1.50	2.80
06.306	1.50	1.50	2.80
06.307	1.50	1.50	2.50
06.308	1.50	1.50	2.50
06.310	1.50	1.50	3.30
06.314	1.50	1.50	3.30
06.316	1.50	1.50	2.50
06.318	1.50	1.50	3.00
06.319	1.50	1.50	3.30
06.320	1.50	1.50	2.00
06.321	1.50	1.50	2.50

Tabelle 3: Zusammenfassung der Resultate - Abmessungen der Fundamente

8 Unterschriften

<u>Projektverfasser:</u>	Datum	Unterschrift
SNZ Ingenieure und Planer AG Siewerdtstrasse 7 8050 Zürich	<u>09.05.2025</u>

9 Anhänge

Anhang 1: Auszug aus VBZ- Katalog elektrische Anlagen

Anhang 2: Lasten und Masttyp pro Position

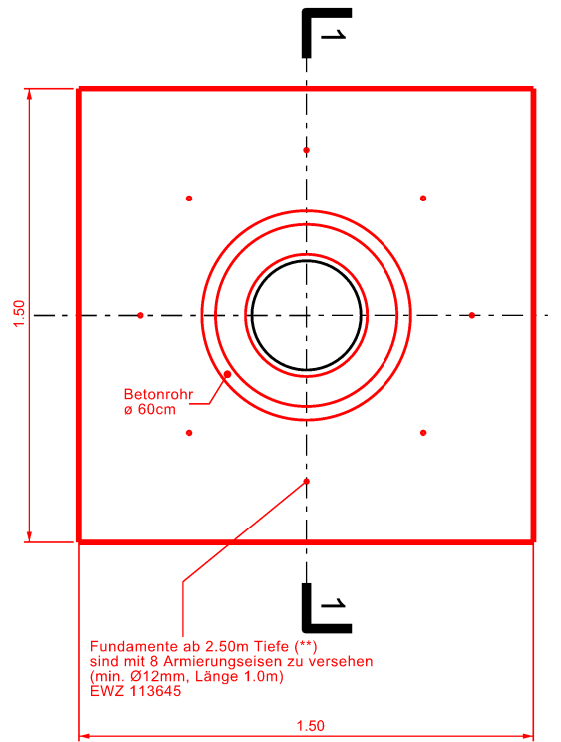
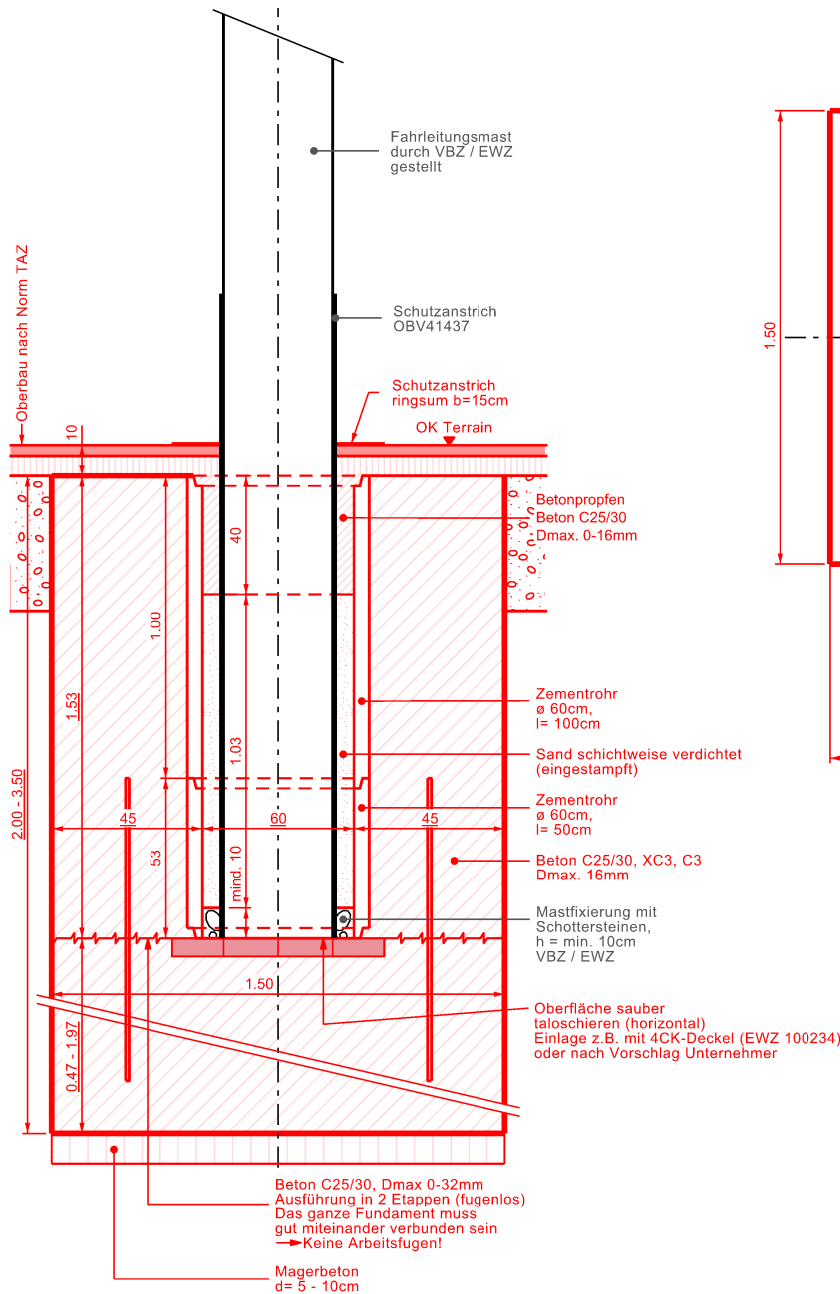
Anhang 3: Statik Fundament gemäss DC-Fundament, Version 5.2

Anhang 4: Statik Fundament nach Steckner

Anhang 1: Auszug aus VBZ- Katalog elektrische Anlagen

Querschnitt 1-1 1:25




Grundriss 1:25



SAP-Mastliste

Masttyp	SAP-Nummer		Fundamenttiefe
	VBZ	EWZ	
LS1	...	121501	2.00
LS2	...	121502	2.50 **
LS3	...	121503	2.50 **
LS4	8091409	121504	3.00 **
LS5	...	121505	3.00 **
LS6	...	121506	3.50 **

Änderungen				
Datum	Gezeichnet	Geprüft	Änderungen	Index
20.03.2018	IBVT-NB	IEE	Aktualisierung nach EWZ-Standart, Plankopf und M 1:25	A

Verkehrsbetriebe Zürich   Unternehmensbereich Infrastruktur Luggwegstrasse 65 Postfach 8048 Zürich www.vbz.ch  Ein Unternehmen der Stadt Zürich		VBZ Mastfundament (Standard) Normal Grundriss / Querschnitt		
Gezeichnet SNZ	Geprüft IIR-S	Verantwortlich für den Inhalt VBZ Infrastruktur, Erhaltung, Elektrische Anlagen		
Datum 28.09.2015	Format 297 / 210	Plan - Nr. 4540-980-501	Index A	Datum: 20.03.18/IBVT-NB Geprüft: 21.03.18/IEE
Dateipfad N:\Infrastruktur Projektierung\30_VBZ_Normalien\Elektrische Anlagen\ldgn\überarbeitet\				

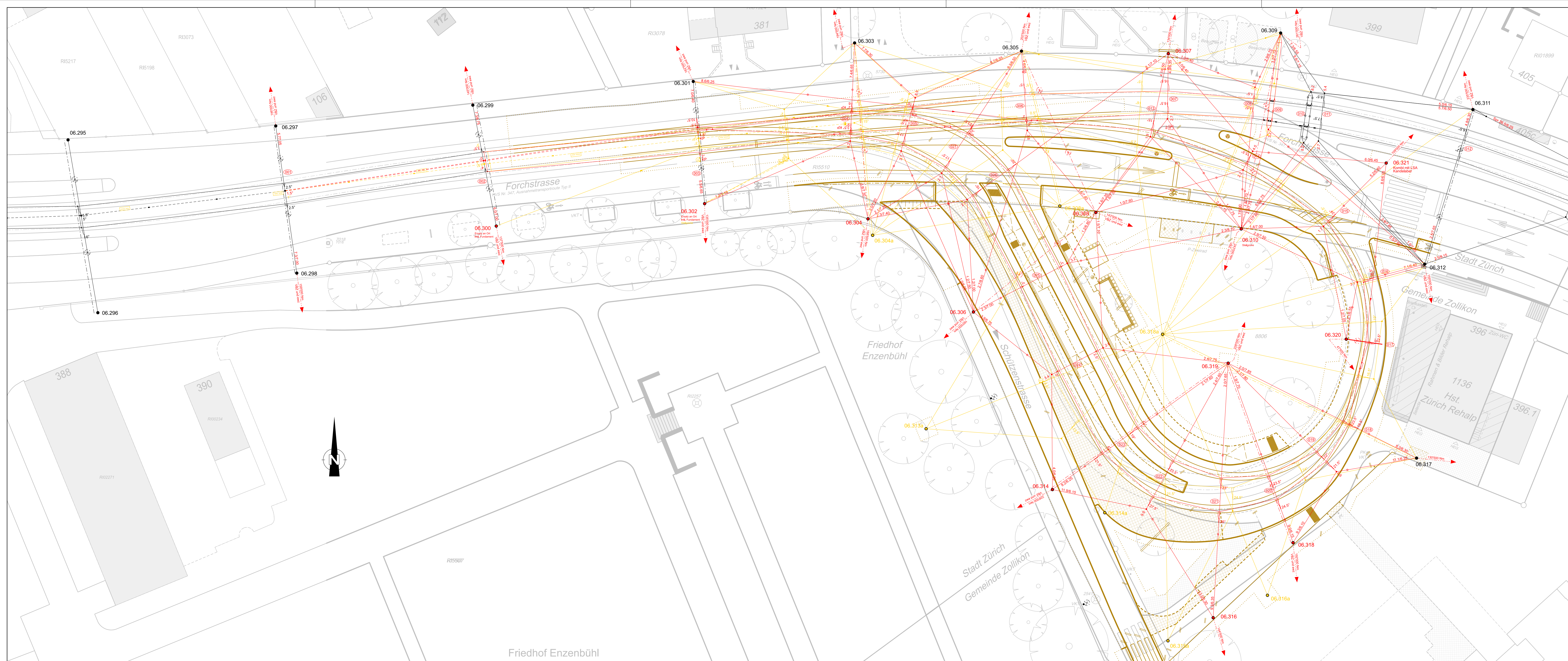
Anhang 2: Lasten und Masttyp pro Position

Kanton: Zürich
Gemeinde: Stadt Zürich

Legende Fahrlinien

Technische Daten	Farbkennzeichnung	Strichtypenkennzeichnung
Fahrlinie / System Fahrlänge / Querschnitt Fahrlänge / Querschnitt Fdr - Höhe TB Normal Fdr - Höhe TR 	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> — Grau — Schwarz — Rot — Gelb — Oranger </div> <div style="width: 45%;"> Katalator Bestehen Proprietät Abbruch Oberflächen / Gleisbauprojekt </div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> — Gestrichelt Strich-Punkt </div> <div style="width: 45%;"> Feeder / Tragweg 2 Ebenen Oberflächliche Befahrung </div> </div>
Abkürzungen TB = Triebstrang TB + Tram MB = Mauerbozen SP = Sperrspanner Fdr = Fahrlänge FH = Fahrlinienhöhe 	Farbkennzeichnung Fdr = Feederhöhe TB + Tram WB = Weiche mit Nr. SP = Sperrspanner KP = Kurz- / Pendel LP = Lang- / Pendel 	Strichtypenkennzeichnung — Aufh. Typ 0, TB (2-5°) — Aufh. Typ 1, TB (5-7,5°) — Aufh. Typ 2, TB (8-10°) — Aufh. Typ 3, TB (10,5-14°) — Aufh. Typ 4, TB (14,5-30°) — Einstrahlbozen — Aufh. 1 SpH. TR (3,5-9°) — Aufh. 2 SpH. TR (9,5-30°)
Stützpunkte — Mauerbozen / Ankerschienen — Mast Rund / Design / Briefkasten — Fundament Mast / Anker — Prem. Fundament Mast / Anker — Trennstromschieber / Einspannung — Überspannungsbegrenzer / Teilerbender — SPerrspanner — Zugschiff [AN] bei 30° — Zugschiff [AN] bei 30° 	Symbole Fdr. / Aufhängungen — Aufh. Pendel TB (0,5-1°) — Aufh. Pendel TB (0,5-3,5°) — Aufh. Pendel Strichenknoten — Elastische Aufh. (Hebelarm) — Stauraufh. — Anfangung Tensoren / Gewicht — Querverbinder TB — Elektrische Trennungen — Strichenknoten TB — Feedertrenn / Schalter im Tragweg 	Stützpunkte — Übergangsbauwerk / Bogenauflauf — Weichenstützenanker / — Richtigungsanker — Rückstellsensor / Funkortsfächer Anzeigen — Tafel Kurvengeschwindigkeit — Tafel Streckengeschwindigkeit — Richtungsanzeiger — Stromanzeiger / Bauteilserie Allgemein — Schutzkanal TR — Schutzkanal TB lang / kurz — Einrahmungsfähigkeit / — Einrahmungsfähigkeit, möglich — Feederverbinder / Sperrleiste — Stossklemme TB / TR — Klemmenklemme / Fiedlinge — Lampe der oberflächliche Befahrung
Tragwerke — OSP mit Sperrspanner, Isolierschleife — Selbstsch. — Ausleger mit Rohrvorbinder — Ausleger mit Rohrvorbinder — Doppelspannanker — Fdr. Abfangung TB / Fdr. Feeder — Fdr. Hinführung (Zugschiff) TB TR	Weichen und Kreuzungen — Tragwerke für Weichen, Kreuzungen und Zugschiffe — Kreuzung TB - TR — Kreuzung TB - TR starr / verstellbar — Kreuzung TB - TR — Kreuzung TB - TR mit Stromföhrerleitung — TB - Weiche 10° — TB - Weiche 20°	

Angaben zu den Fahrleitungs-Komponenten (Masten, Fundamente und Auslegern) sind im Dokument Nr. 4540B-18508-880 enthalten.



PROJEKTVERANTWORTLICHE
Verkehrsbetriebe Zürich
8048 Zürich

Ort, Datum

Zürich, 04.04.2025

Unterschrift
(Urs Feuz / Direktion Vize Direktor)

PROJEKTLEITUNG
Verkehrsbetriebe Zürich
8048 Zürich

Ort, Datum

Zürich, 04.04.2025

Unterschrift
(Riccardo Vegezzi / Projektleiter)



Kanton: Zürich

Gemeinde: Stadt Zürich

PROJEKTVERFASSUNG
FAHRLEITUNG
Verkehrsbetriebe Zürich
8048 Zürich

Ort, Datum

Zürich, 04.04.2025

Unterschrift
(Martin Schnüriger / Fachprojektierung Fahrleitung)

Plangenehmigungsprojekt

Verkehrsbetriebe Zürich



Unternehmensbereich
Infrastruktur

Luggwegstrasse 65
Postfach 8048 Zürich
www.vbz.ch

 Ein Unternehmen
der Stadt Zürich

VBZ Wendeschleife Rehalp Erweiterung & Instandsetzung Tramhaltestelle

01.02

Fahrleitung, Dokumentation der FL-Komponenten

Plan-Nr. 4540B-18508-880
Format A4

Inventar-Nr.

Auftrag/BAV

Erstellt 04.04.2025 / IBVF-MS
Geprüft 04.04.2025 / IBV-SS

Inhaltsverzeichnis

1. Hinweise zur Dokumentation	2
2. Zugehörige Plandokumente	2
2.1 Fahrleitungspläne	2
3. Allgemeine Informationen zu den Masten	3
4. Allgemeine Informationen zu den Fundamenten	4
5. Allgemeine Informationen zu den Auslegern	4

1. Hinweise zur Dokumentation

In diesem Dokument werden alle Informationen zu folgenden Fahrleitungskomponenten vermerkt:

- Masten
- Fundamente
- Auslegern

Es sind nur Informationen der Fahrleitungskomponenten in diesem Dokument enthalten, welche von den Massnahmen (Neubau oder Umbau) der Fahrleitungsanlage betroffen sind.

Alles **Rot** geschriebene bedeutet, dass es sich um neue FL-Komponenten handelt.

2. Zugehörige Plandokumente

2.1 Fahrleitungspläne

- 4540B-18508-851 Situation Fahrleitung 1:200

3. Allgemeine Informationen zu den Masten

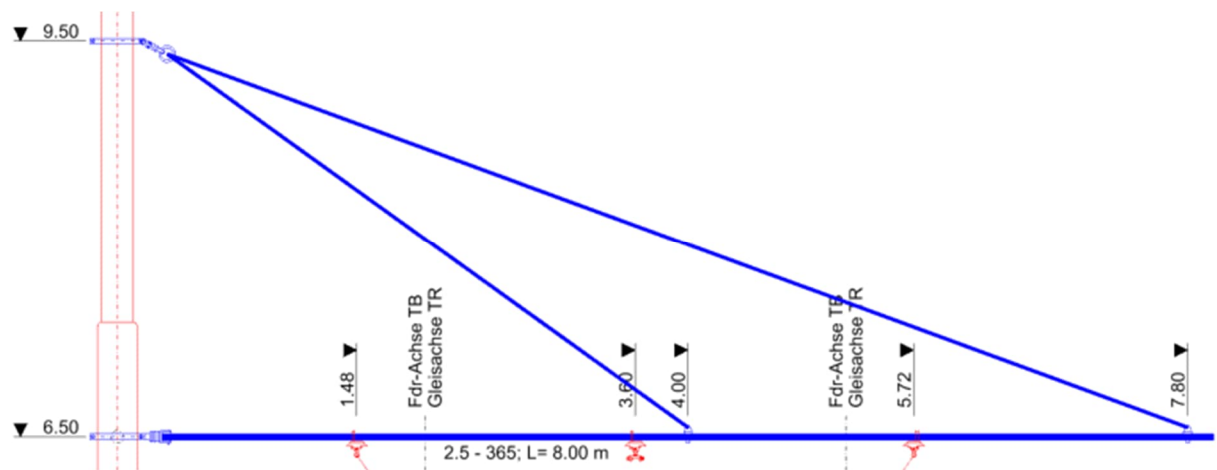
Mast-Nr.	Ei- gen- tümer	E	N	Typ	Länge [m]	Øm [mm]	Øo [mm]	Moment nutzbar [Nm]	Anzug	
									[mm/1m]	[%]
06.297	ewz	2'686'322.678	1'245'100.959	917	12.0	240.0	180.0			
06.298	ewz	2'686'325.480	1'245'081.381	40115	12.0	323.9	244.5			
06.299	ewz	2'686'348.914	1'245'103.731	917	12.0	240.0	180.0			
06.300	ewz	2'686'352.032	1'245'087.642	LS2	12.0	298.0	244.5	242'000	15	1.5
06.301	ewz	2'686'378.256	1'245'106.880	409	12.0	295.0	220.0			
06.302	ewz	2'686'379.767	1'245'090.623	LS2	12.0	298.0	244.5	242'000	15	1.5
06.303	ewz	2'686'399.735	1'245'112.006	415	12.0	255.0	190.0			
06.304	ewz	2'686'401.511	1'245'088.599	LS2	12.0	298.0	244.5	242'000	17	1.7
06.305	ewz	2'686'421.950	1'245'110.919	415	12.0	255.0	190.0			
06.306	VBZ	2'686'415.555	1'245'076.208	LS2	12.0	298.0	244.5	242'000	17	1.7
06.307	VBZ	2'686'441.491	1'245'110.590	LS2	12.0	298.0	244.5	242'000	17	1.7
06.308	ewz	2'686'431.843	1'245'089.452	LS2	12.0	298.0	244.5	242'000	16	1.6
06.309	ewz	2'686'456.450	1'245'113.324	40024	12.0	315.0	235.0			
06.310	ewz	2'686'451.194	1'245'087.256	LS3	12.0	298.0	244.5	342'000	17	1.7
06.311	ewz	2'686'482.039	1'245'103.143	40120	12.0	355.6	267.0			
06.312	ewz	2'686'475.618	1'245'082.578	40110	12.0	298.5	219.1			
06.314	VBZ	2'686'426.068	1'245'052.584	LS3	12.0	298.0	244.5	342'000	17	1.7
06.316	VBZ	2'686'447.466	1'245'035.534	LS2	12.0	298.0	244.5	242'000	16	1.6
06.317	VBZ	2'686'474.543	1'245'056.772	40130	12.0	406.4	323.9			
06.318	ewz	2'686'458.104	1'245'045.515	LS2	12.0	298.0	244.5	242'000	18	1.8
06.319	ewz	2'686'449.465	1'245'069.399	LS3	12.0	298.0	244.5	342'000	17	1.7
06.320	VBZ	2'686'465.179	1'245'072.596	LS1	12.0	298.0	244.5	159'000	11	1.1
06.321	VBZ	2'686'470.499	1'245'096.025	LS1	12.0	298.0	244.5	159'000	17	1.7

4. Allgemeine Informationen zu den Fundamenten

Mast-, Fund.-Nr.	Typ	E	N	Länge [m]	Breite [m]	Tiefe [m]	Rohr Øi [mm]	Rohr Øa [mm]
06.300	LS2	2'686'352.032	1'245'087.642	1.50	1.50	2.50	60	73
06.302	LS2	2'686'379.767	1'245'090.623	1.50	1.50	2.50	60	73
06.304	LS2	2'686'401.511	1'245'088.599	1.50	1.50	2.50	60	73
06.306	LS2	2'686'415.555	1'245'076.208	1.50	1.50	2.50	60	73
06.307	LS2	2'686'441.491	1'245'110.590	1.50	1.50	2.50	60	73
06.308	LS2	2'686'431.843	1'245'089.452	1.50	1.50	2.50	60	73
06.310	LS3	2'686'451.194	1'245'087.256	1.50	1.50	2.50	60	73
06.314	LS3	2'686'426.068	1'245'052.584	1.50	1.50	2.50	60	73
06.316	LS2	2'686'447.466	1'245'035.534	1.50	1.50	2.50	60	73
06.318	LS2	2'686'458.104	1'245'045.515	1.50	1.50	2.50	60	73
06.319	LS3	2'686'449.465	1'245'069.399	1.50	1.50	2.50	60	73
06.320	LS1	2'686'465.179	1'245'072.596	1.50	1.50	2.00	60	73
06.321	LS1	2'686'470.499	1'245'096.025	1.50	1.50	2.00	60	73

5. Allgemeine Informationen zu den Auslegern

Mast 06.320



Bemerkungen:

Anhang 3: Statik Fundament gemäss DC-Fundament, Version 5.2

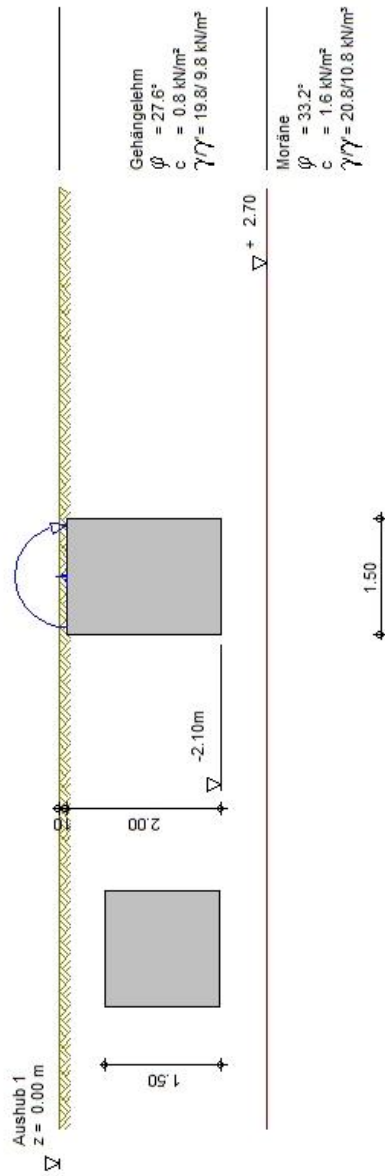
A3.1. Für Masttyp LS1

A3.2. Für Masttyp LS2

A3.3. Für Masttyp LS3

A3.1. Für Masttyp LS1

LF-Name	x	y	z	Hx	Hy	Vz	Mx	My	Typ
1	0.00	0.00	-0.10	10.70	0.00	6.50	0.00	109.00	S
1	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	S



Programm DC-Fundament *** Copyright 2006-2025 DC-Software Doster & Christmann GmbH, D-81245 München ***

Eingabedatei: I:\5000-5999\5000-5099\5071 TAZ Hirzenbachweg\D3 Bearbeitung Planung

\R31 Berechnungen Untersuchungen\Fahrleitungsmast\FLM Rehalp\DC Fundament\DCFund _2m_LS1.dbf

Fundament-Berechnung nach SIA 267

Erddruck nach SIA 261

Berechnung eines eingespannten Blockfundaments nach Steckner (Bautechnik 2/1989)

Fundamenttyp: Einzelfundament

Fundamentabmessungen

Breite b : 1.50 m
 Breite quer a : 1.50 m
 Unterkante : -2.10 m
 Höhe h : 2.00 m
 Wichte γ : 25.00 kN/m³

Schichtdaten

		Gehängelehm	Moräne
Schichthöhe Δh	[m]	2.70	97.30
Innere Reibung $\text{cal } \varphi'$	[°]	27.60	33.20
Kohäsion c	[kN/m ²]	0.80	1.60
Wichte Boden γ	[kN/m ³]	19.80	20.80
Wichte unter Auftrieb γ'	[kN/m ³]	9.80	10.80
Steifemodul E_s	[MN/m ²]	6.60	29.00
zul. Bodenpressung	[kN/m ²]		

Einzellasten

Lastfall	Kat.	V [kN]	H _x [kN]	H _y [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	x [m]	y [m]	z [m]	γ Grundbau	γ Bemess.	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Eigengew.	G	112.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	-2.10	1.35	1.35			
1	G	6.5	10.7	0.0	0.0	109.0	0.00	0.00	-0.10	1.35	1.35			
1	G	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	-0.10	1.35	1.35			

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 1

γ -	G,inf	G,sup	Q	Ea
	0.90	1.10	1.50	1.35

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 2

γ -	G	Q	R	R,h	γ	φ	c	cu	Ea	E0g	Ep	G,inf
	1.35	1.50	1.00	1.00	1.00	1.20	1.50	1.50	1.35	1.35	1.40	1.00

γ -	Teilsicherheitsbeiwert für ...
G	ständige Lasten
Q	veränderliche Lasten
R	Partialfaktor Grundbruch
R,h	Gleitwiderstand
γ	Wichte
φ	Reibungsbeiwert $\tan \varphi$
c	Kohäsion c
cu	Kohäsion undrännert cu
Ea	Aktiver Erddruck
E0g	Ruhedruck
Ep	Passiver Erddruck
G,inf	günstige ständige Lasten
G,sup	ungünstige ständige Lasten
Q	ungünstige veränderliche Lasten

Lastfall-Kombinationen für Grundbaunachweise:

Komb.Nr.	Eigengew.	1
1	1.00	1.00
2	1.00	1.35
3	1.35	1.00
4	1.35	1.35

Lastfall-Kombinationen für Bemessung:

Komb.Nr.	Eigengew.	1
1	1.00	1.00
2	1.00	1.35
3	1.35	1.00
4	1.35	1.35

Angesetzte Geometriewerte

Fundamentbreite A	=	1.50 m
Fundamentbreite quer B	=	1.50 m
Einbindetiefe D	=	2.10 m

Angesetzte Schichtparameter

Horizontale Bettungsziffer C_1	=	89.9 MN/m ³
Vertikale Bettungsziffer C_2	=	89.9 MN/m ³
Sohlreibungswinkel φ_2	=	27.60 °

Gebrauchstauglichkeitsnachweis

Maßgebende Lastkombination Nr. 2

Vertikale Belastung N_a	=	124.5 kN
Horizontale Belastung H	=	10.7 kN
Moment an Oberkante M	=	109.0 kNm

Werte der Schiefstellung $\tan\alpha$

Zulässige Schiefstellung $\tan\alpha$	=	0.00500
Resultierende Schiefstellung $\tan\alpha$	=	0.00130
für Überwindung der Sohlreibung $\tan\alpha_1$	=	0.00076
für Abheben der hinteren Sohlkante $\tan\alpha_2$	=	0.00082

Für die zulässige Schiefstellung $\tan\alpha = 0.00500$:

Bereich 4: Abheben der hinteren Sohlenkante ($\tan\alpha > \tan\alpha_2$)

Reaktionsmoment der stirnseitigen Einspannung M_1	=	173.4 kNm
Sohlenreaktionsmoment M_2	=	68.1 kNm
Resultierendes Moment M_a	=	205.5 kNm
(M _a begrenzt auf M _u)		

Für die resultierende Schiefstellung $\tan\alpha = 0.00130$:

Bereich 2: Übergangsbereich ($\tan\alpha_1 < \tan\alpha \leq 3 \cdot \tan\alpha_1$)

M < M_a, Ausnutzungsgrad = 0.530 *** Nachweis erfüllt ***

Standortsicherheitsnachweis

Maßgebende Lastkombination Nr. 2

Vertikale Belastung N_a	=	124.5 kN
Horizontale Belastung H_d	=	14.4 kN
Moment an Oberkante M_d	=	147.2 kNm

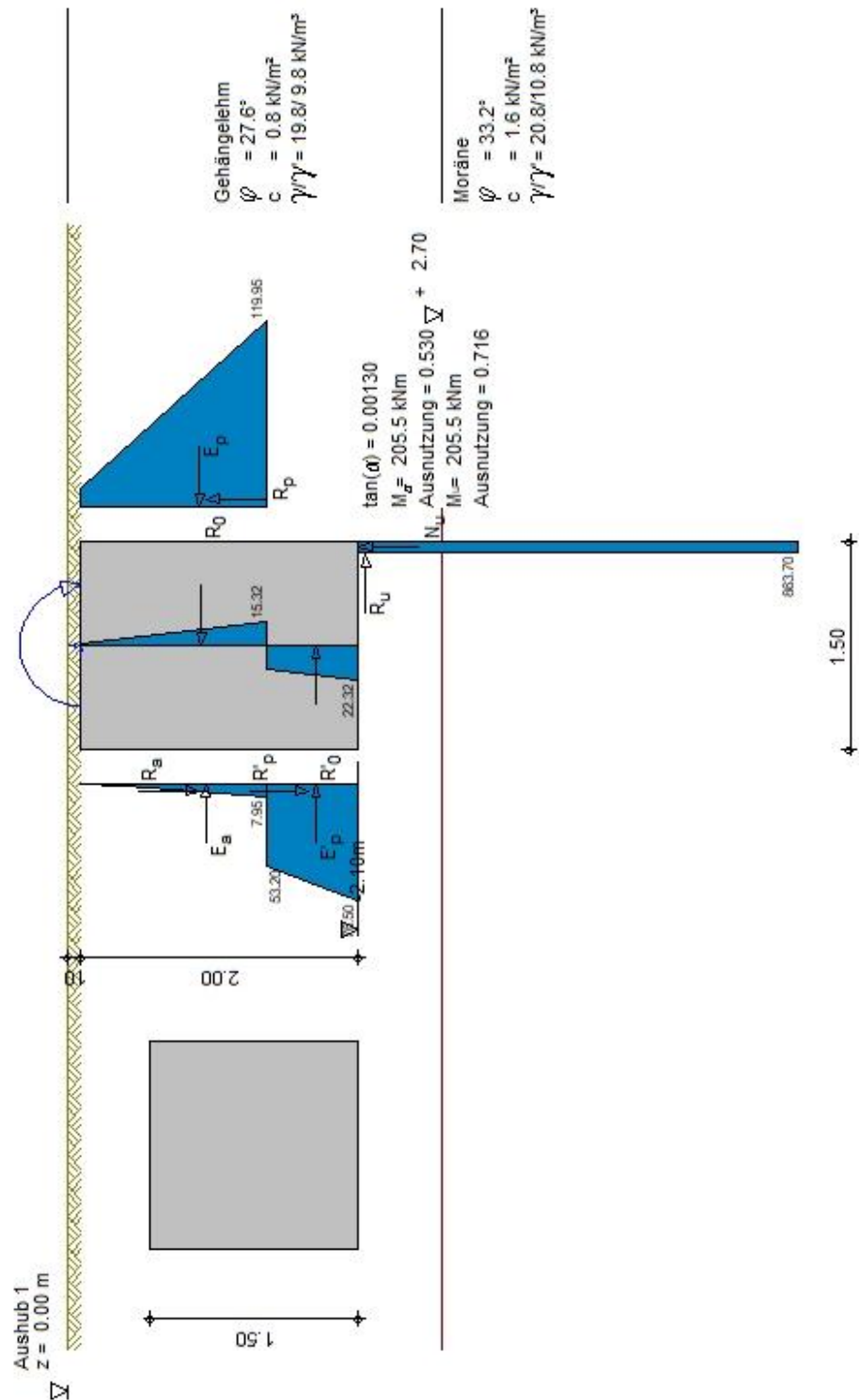
Erddruckkräfte und Hebelarme zu OK Fundament (Bemessungswerte)

	Erddruck [kN]	Hebelarm [m]	Reibung [kN]	Hebelarm [m]
Aktiv $E_{a,d}$	15.3	0.895	3.8	0.750
Passiv über Nulllinie $E_{p,d}$	135.8	0.856	46.7	0.750
Passiv unter Nulllinie $E_{p,d}'$	65.8	1.691	22.6	0.750
Ruhe über Nulllinie $E_{0,d}$	33.0	0.866	11.0	
Ruhe unter Nulllinie $E_{0,d}'$	37.2	1.691	12.4	
Res. Erdwiderstand über Nulllinie $E_{w,d}$	131.5	0.852		
Res. Erdwiderstand unter Nulllinie $E_{w,d}'$	78.2	1.691		

Ansatz Wandreibungswinkel δ_p zu $-0.500 \cdot \varphi$
 Ideelle Druckwandbreite b_{id} = 2.159 m
 Höhe Nulllinie y über UK = 0.658 m
 Bodenpressung $p_{u,d}$ = 616.9 kN/m²
 Bodendruckkraft $N_{u,d}$ = 74.4 kN
 Hebelarm Bodendruckkraft u = 0.710 m
 Reibungskraft $R_{u,d}$ = 38.9 kN

Grenzmoment M_u = 205.5 kNm
 $M_d < M_u$, Ausnutzungsgrad = 0.716 *** Nachweis erfüllt ***

Lf-Name	x	y	z	Hx	Hx	Hx	Mx	My	Typ
1	0.00	0.00	-0.10	10.70	0.00	8.50	0.00	109.00	S
1	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	S



Stahlbetonbemessung nach SIA 262

Materialwerte: Beton C25/30 Bewehrung: B500B

Randabstände Bewehrungsachse:

$d_{\text{rechts, x}} = 5.0 \text{ cm}$, $d_{\text{links, x}} = 5.0 \text{ cm}$, $d_{\text{rechts, y}} = 5.0 \text{ cm}$, $d_{\text{links, y}} = 5.0 \text{ cm}$

Maßgebende Schnittgrößen (Schnitt am Stützenrand)

Sicherheitsbeiwerte

für Lasten: γ_F nach GZ Typ 2

für Widerstände: $\gamma_R = 1.50(\text{Beton}), 1.15(\text{Stahl})$

Bemessungsschnittgrößen

Moment im Querschnitt: $\max. M_{yd} = 147.15 \text{ kNm}$

zug. $N_d = -14.58 \text{ kN}$

aus Kombination Nr. 2

Moment im Querschnitt: $\max. M_{xd} = 0.00 \text{ kNm}$

zug. $N_d = -16.14 \text{ kN}$

aus Kombination Nr. 4

Erforderliche Bewehrung (je Seite):

erf. $A_{sx} = 2.0 \text{ cm}^2$

gewählt: 1 \varnothing 16 mm = 2.0 cm²

erf. $A_{sy} = 0.0 \text{ cm}^2$

Durchstanznachweis

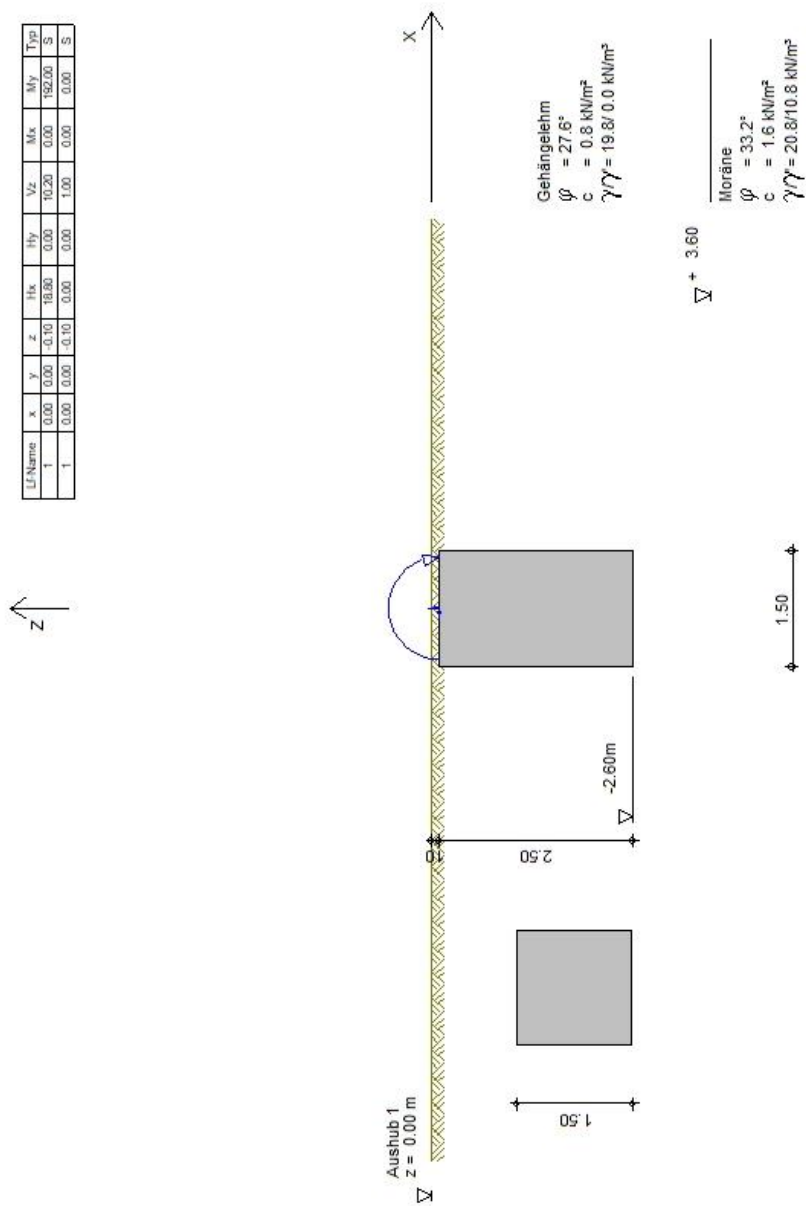
(maßgebende Lastfall-Kombination Nr. 1)

Durchstanznachweis nicht erforderlich (Randabstand $\leq 0.5 \cdot d$)

Zusammenfassung

Alle Nachweise sind erfüllt.

A3.2. Für Masttyp LS2



Programm DC-Fundament *** Copyright 2006-2025 DC-Software Doster & Christmann GmbH, D-81245 München ***

Eingabedatei: I:\5000-5999\5000-5099\5071 TAZ Hirzenbachweg\D3 Bearbeitung Planung

\R31 Berechnungen Untersuchungen\Fahrleitungsmast\FLM Rehalp\DC Fundament\DCFund_2.5m_LS2.dbf

Fundament-Berechnung nach SIA 267

Erddruck nach SIA 261

Berechnung eines eingespannten Blockfundaments nach Steckner (Bautechnik 2/1989)

Fundamenttyp: Einzelfundament

Fundamentabmessungen

Breite b : 1.50 m
 Breite quer a : 1.50 m
 Unterkante : -2.60 m
 Höhe h : 2.50 m
 Wichte γ : 25.00 kN/m³

Schichtdaten

		Gehängelehm	Moräne
Schichthöhe Δh	[m]	3.60	96.40
Innere Reibung $\text{cal } \varphi'$	[°]	27.60	33.20
Kohäsion c	[kN/m ²]	0.80	1.60
Wichte Boden γ	[kN/m ³]	19.80	20.80
Wichte unter Auftrieb γ'	[kN/m ³]	0.00	10.80
Steifemodul E_s	[MN/m ²]	6.60	29.00
zul. Bodenpressung	[kN/m ²]		

Einzellasten

Lastfall	Kat.	V [kN]	H _x [kN]	H _y [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	x [m]	y [m]	z [m]	γ Grundbau	γ Bemess.	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Eigengew.	G	140.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	-2.60	1.35	1.35			
1	G	10.2	18.8	0.0	0.0	192.0	0.00	0.00	-0.10	1.35	1.35			
1	G	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	-0.10	1.35	1.35			

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 1

γ -	G,inf	G,sup	Q	Ea
	0.90	1.10	1.50	1.35

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 2

γ -	G	Q	R	R,h	γ	φ	c	cu	Ea	E0g	Ep	G,inf
	1.35	1.50	1.00	1.00	1.00	1.20	1.50	1.50	1.35	1.35	1.40	1.00

γ -	Teilsicherheitsbeiwert für ...
G	ständige Lasten
Q	veränderliche Lasten
R	Partialfaktor Grundbruch
R,h	Gleitwiderstand
γ	Wichte
φ	Reibungsbeiwert tan φ
c	Kohäsion c
cu	Kohäsion undrännert cu
Ea	Aktiver Erddruck
E0g	Ruhedruck
Ep	Passiver Erddruck
G,inf	günstige ständige Lasten
G,sup	ungünstige ständige Lasten
Q	ungünstige veränderliche Lasten

Lastfall-Kombinationen für Grundbaunachweise:

Komb.Nr.	Eigengew.	1
1	1.00	1.00
2	1.00	1.35
3	1.35	1.00
4	1.35	1.35

Lastfall-Kombinationen für Bemessung:

Komb.Nr.	Eigengew.	1
1	1.00	1.00
2	1.00	1.35
3	1.35	1.00
4	1.35	1.35

Angesetzte Geometriewerte

Fundamentbreite A = 1.50 m
Fundamentbreite quer B = 1.50 m
Einbindetiefe D = 2.60 m

Angesetzte Schichtparameter

Horizontale Bettungsziffer C_1 = 111.3 MN/m³
Vertikale Bettungsziffer C_2 = 111.3 MN/m³
Sohlreibungswinkel φ_2 = 27.60 °

Gebrauchstauglichkeitsnachweis

Maßgebende Lastkombination Nr. 2

Vertikale Belastung N_a = 156.3 kN
Horizontale Belastung H = 18.8 kN
Moment an Oberkante M = 192.0 kNm

Werte der Schiefstellung $\tan\alpha$

Zulässige Schiefstellung $\tan\alpha$ = 0.00500
Resultierende Schiefstellung $\tan\alpha$ = 0.00175
für Überwindung der Sohlreibung $\tan\alpha_1$ = 0.00053
für Abheben der hinteren Sohlkante $\tan\alpha_2$ = 0.00083

Für die zulässige Schiefstellung $\tan\alpha = 0.00500$:

Bereich 4: Abheben der hinteren Sohlenkante ($\tan\alpha > \tan\alpha_2$)

Reaktionsmoment der stirnseitigen Einspannung M_1 = 407.5 kNm
Sohlenreaktionsmoment M_2 = 85.3 kNm
Resultierendes Moment M_a = 332.0 kNm
(M_a begrenzt auf M_u)

Für die resultierende Schiefstellung $\tan\alpha = 0.00175$:

Bereich 4: Abheben der hinteren Sohlenkante ($\tan\alpha > \tan\alpha_2$)

$M < M_a$, Ausnutzungsgrad = 0.578 *** Nachweis erfüllt ***

Stand sicherheitsnachweis

Maßgebende Lastkombination Nr. 2

Vertikale Belastung N_a = 156.3 kN
Horizontale Belastung H_d = 25.4 kN
Moment an Oberkante M_d = 259.2 kNm

Erddruckkräfte und Hebelarme zu OK Fundament (Bemessungswerte)

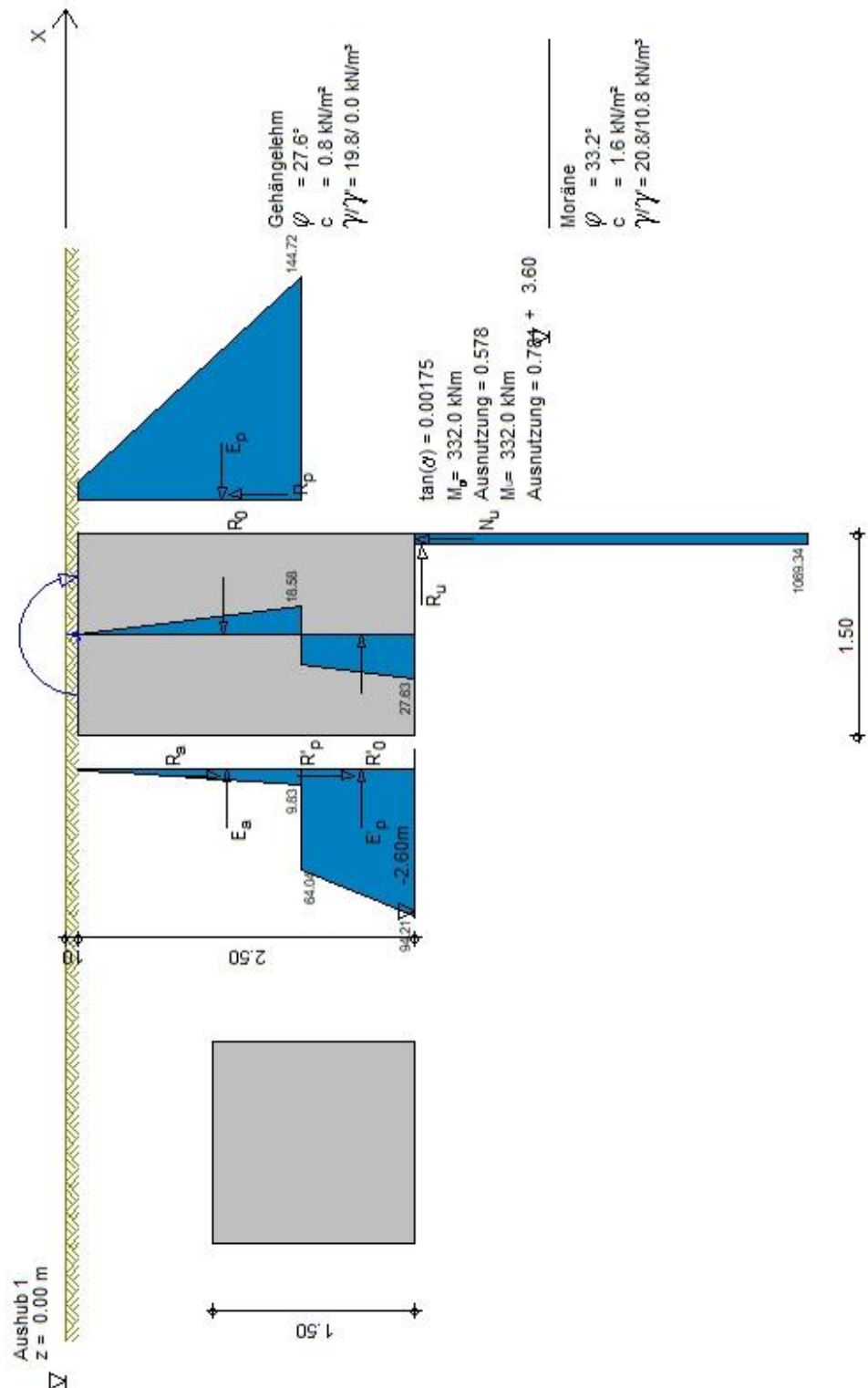
	Erddruck [kN]	Hebelarm [m]	Reibung [kN]	Hebelarm [m]
Aktiv $E_{a,d}$	24.9	1.101	6.1	0.750
Passiv über Nulllinie $E_{p,d}$	212.7	1.059	73.1	0.750
Passiv unter Nulllinie $E_{p,d}'$	111.5	2.101	38.3	0.750
Ruhe über Nulllinie $E_{0,d}$	48.5	1.069	16.1	
Ruhe unter Nulllinie $E_{0,d}'$	59.1	2.102	19.6	
Res. Erdwiderstand über Nulllinie $E_{w,d}$	203.9	1.054		
Res. Erdwiderstand unter Nulllinie $E_{w,d}'$	131.1	2.101		

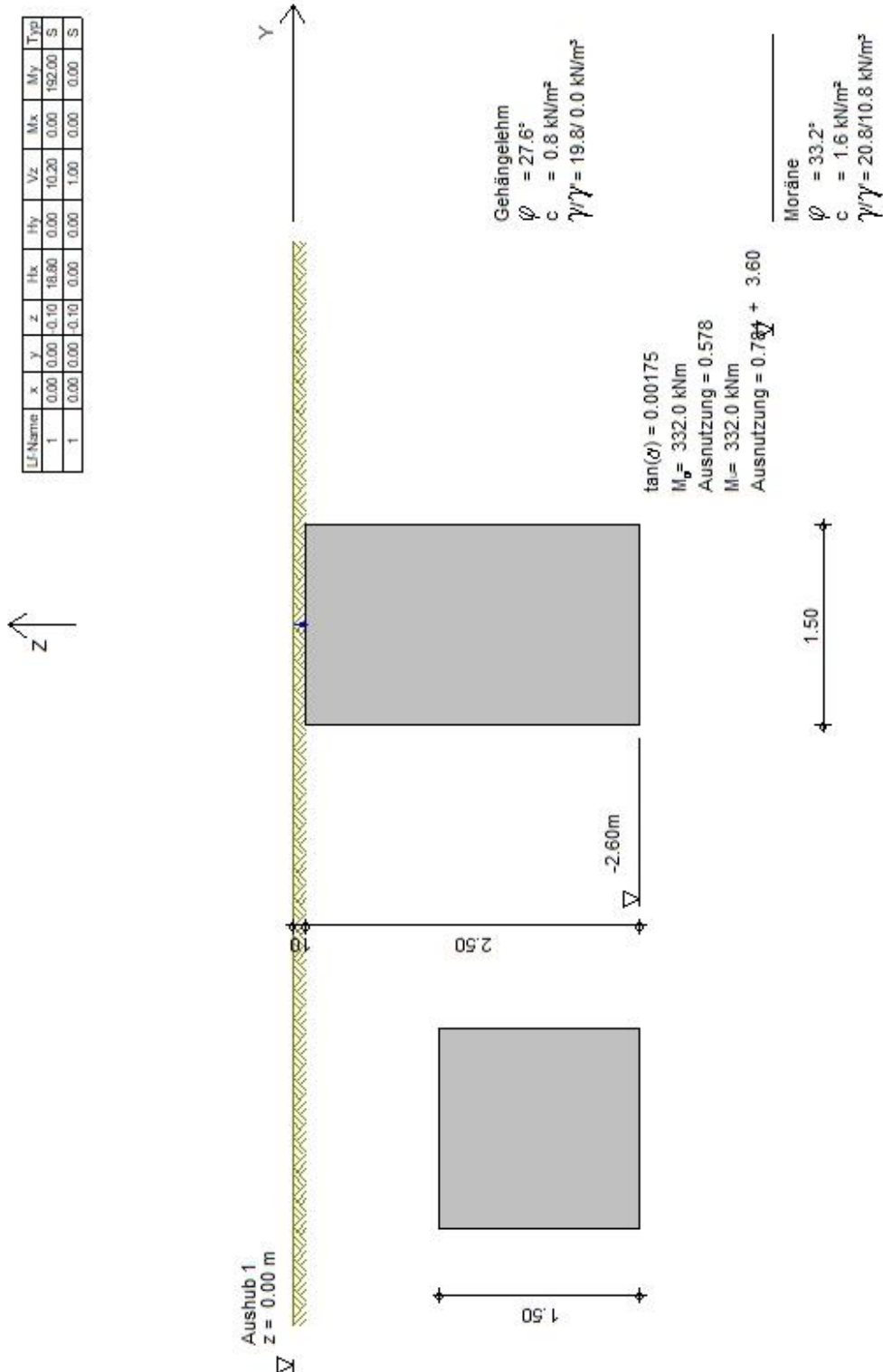
Ansatz Wandreibungswinkel δ_p zu $-0.500 \cdot \varphi$
 Ideelle Druckwandbreite b_{id} = 2.316 m
 Höhe Nulllinie y über UK = 0.852 m
 Bodenpressung $p_{u,d}$ = 763.8 kN/m²
 Bodendruckkraft $N_{u,d}$ = 91.2 kN
 Hebelarm Bodendruckkraft u = 0.710 m
 Reibungskraft $R_{u,d}$ = 47.4 kN

Grenzmoment M_u = 332.0 kNm
 $M_d < M_u$, Ausnutzungsgrad = 0.781 *** Nachweis erfüllt ***

Lfd. Name	x	y	z	Hx	Hy	Vz	Mx	My	Typ
1	0.00	0.00	0.10	18.50	0.00	10.20	0.00	192.00	S
1	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	S

z





Stahlbetonbemessung nach SIA 262

Materialwerte: Beton C25/30 Bewehrung: B500B

Randabstände Bewehrungsachse:

$d_{\text{rechts, x}} = 5.0 \text{ cm}$, $d_{\text{links, x}} = 5.0 \text{ cm}$, $d_{\text{rechts, y}} = 5.0 \text{ cm}$, $d_{\text{links, y}} = 5.0 \text{ cm}$

Maßgebende Schnittgrößen (Schnitt am Stützenrand)

Sicherheitsbeiwerte

für Lasten: γ_F nach GZ Typ 2

für Widerstände: $\gamma_R = 1.50(\text{Beton}), 1.15(\text{Stahl})$

Bemessungsschnittgrößen

Moment im Querschnitt: max. $M_{yd} = 259.20 \text{ kNm}$

zug. $N_d = -19.58 \text{ kN}$

aus Kombination Nr. 2

Moment im Querschnitt: max. $M_{xd} = 0.00 \text{ kNm}$

zug. $N_d = -21.13 \text{ kN}$

aus Kombination Nr. 4

Erforderliche Bewehrung (je Seite):

erf. $A_{sx} = 3.6 \text{ cm}^2$

gewählt: 2 ϕ 16 mm = 4.0 cm²

erf. $A_{sy} = 0.0 \text{ cm}^2$

Durchstanznachweis

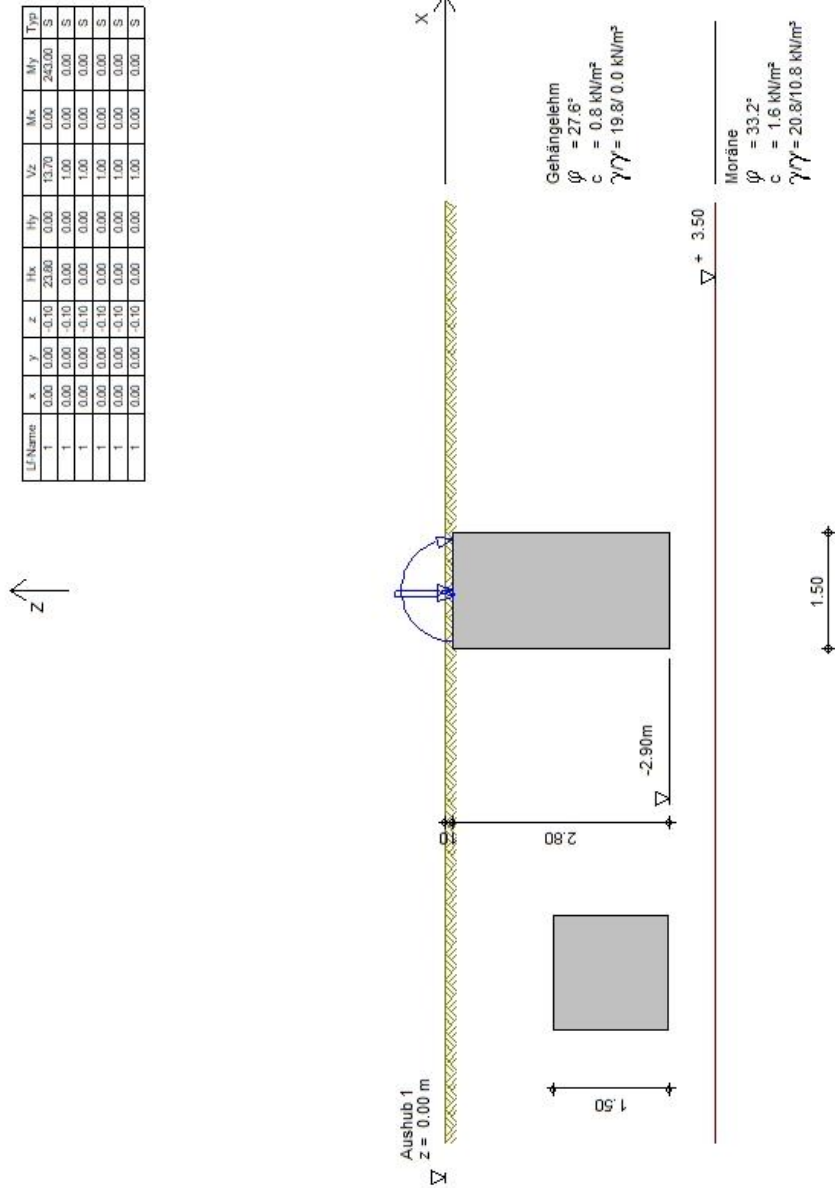
(maßgebende Lastfall-Kombination Nr. 1)

Durchstanznachweis nicht erforderlich (Randabstand $\leq 0.5 \cdot d$)

Zusammenfassung

Alle Nachweise sind erfüllt.

A3.3. Für Masttyp LS3



Programm DC-Fundament *** Copyright 2006-2025 DC-Software Doster & Christmann GmbH, D-81245 München ***

Eingabedatei: I:\5000-5999\5000-5099\5071 TAZ Hirzenbachweg\D3 Bearbeitung Planung

\R31 Berechnungen Untersuchungen\Fahrleitungsmast\FLM Rehalp\DC Fundament\DCFund_2.8m_LS3.dbf

Fundament-Berechnung nach SIA 267

Erddruck nach SIA 261

Berechnung eines eingespannten Blockfundaments nach Steckner (Bautechnik 2/1989)

Fundamenttyp: Einzelfundament

Fundamentabmessungen

Breite b : 1.50 m
 Breite quer a : 1.50 m
 Unterkante : -2.90 m
 Höhe h : 2.80 m
 Wichte γ : 25.00 kN/m³

Schichtdaten

		Gehängelehm	Moräne
Schichthöhe Δh	[m]	3.50	96.50
Innere Reibung α φ'	[°]	27.60	33.20
Kohäsion c	[kN/m ²]	0.80	1.60
Wichte Boden γ	[kN/m ³]	19.80	20.80
Wichte unter Auftrieb γ'	[kN/m ³]	0.00	10.80
Steifemodul E_s	[MN/m ²]	6.60	29.00
zul. Bodenpressung	[kN/m ²]		

Einzellasten

Lastfall	Kat.	V [kN]	H _x [kN]	H _y [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	x [m]	y [m]	z [m]	γ Grundbau	γ Bemess.	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Eigengew.	G	157.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	-2.90	1.35	1.35			
1	G	13.7	23.8	0.0	0.0	243.0	0.00	0.00	-0.10	1.35	1.35			
1	G	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	-0.10	1.35	1.35			
1	G	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	-0.10	1.35	1.35			
1	G	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	-0.10	1.35	1.35			
1	G	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	-0.10	1.35	1.35			
1	G	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	-0.10	1.35	1.35			

Linienlasten

Lastfall	Kat.	p [kN/m]	x _A [m]	y _A [m]	x _E [m]	y _E [m]	z [m]	γ Grundbau	γ Bemess.	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
1	G	1.0	-0.08	0.00	0.00	0.00	-0.10	1.35	1.35			

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 1

γ-	G,inf	G,sup	Q	Ea
	0.90	1.10	1.50	1.35

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 2

γ-	G	Q	R	R,h	γ	φ	c	cu	Ea	E0g	Ep	G,inf
	1.35	1.50	1.00	1.00	1.00	1.20	1.50	1.50	1.35	1.35	1.40	1.00

γ -	Teilsicherheitsbeiwert für ...
G	ständige Lasten
Q	veränderliche Lasten
R	Partialfaktor Grundbruch
R,h	Gleitwiderstand
γ	Wichte
φ	Reibungsbeiwert tan φ
c	Kohäsion c
cu	Kohäsion undränert cu
Ea	Aktiver Erddruck
E0g	Ruhedruck
Ep	Passiver Erddruck
G,inf	günstige ständige Lasten
G,sup	ungünstige ständige Lasten
Q	ungünstige veränderliche Lasten

Lastfall-Kombinationen für Grundbaunachweise:

Komb.Nr.	Eigengew.	1
1	1.00	1.00
2	1.00	1.35
3	1.35	1.00
4	1.35	1.35

Lastfall-Kombinationen für Bemessung:

Komb.Nr.	Eigengew.	1
1	1.00	1.00
2	1.00	1.35
3	1.35	1.00
4	1.35	1.35

Angesetzte Geometriewerte

Fundamentbreite A = 1.50 m
 Fundamentbreite quer B = 1.50 m
 Einbindetiefe D = 2.90 m

Angesetzte Schichtparameter

Horizontale Bettungsziffer C_1 = 124.1 MN/m³
 Vertikale Bettungsziffer C_2 = 124.1 MN/m³
 Sohlreibungswinkel φ_2 = 27.60 °

Gebrauchstauglichkeitsnachweis

Maßgebende Lastkombination Nr. 2

Vertikale Belastung N_a = 180.7 kN
 Horizontale Belastung H = 23.8 kN
 Moment an Oberkante M = 243.0 kNm

Werte der Schiefstellung $\tan\alpha$

Zulässige Schiefstellung $\tan\alpha$ = 0.00500
 Resultierende Schiefstellung $\tan\alpha$ = 0.00162
 für Überwindung der Sohlreibung $\tan\alpha_1$ = 0.00045
 für Abheben der hinteren Sohlkante $\tan\alpha_2$ = 0.00086

Für die zulässige Schiefstellung $\tan\alpha = 0.00500$:

Bereich 4: Abheben der hinteren Sohlenkante ($\tan\alpha > \tan\alpha_2$)

Reaktionsmoment der stirnseitigen Einspannung M_1 = 630.7 kNm
 Sohlenreaktionsmoment M_2 = 98.0 kNm
 Resultierendes Moment M_a = 437.8 kNm
 (M_a begrenzt auf M_u)

Für die resultierende Schiefstellung $\tan\alpha = 0.00162$:

Bereich 4: Abheben der hinteren Sohlenkante ($\tan\alpha > \tan\alpha_2$)

$M < M_a$, Ausnutzungsgrad = 0.555 *** Nachweis erfüllt ***

Standortsicherheitsnachweis

Maßgebende Lastkombination Nr. 2

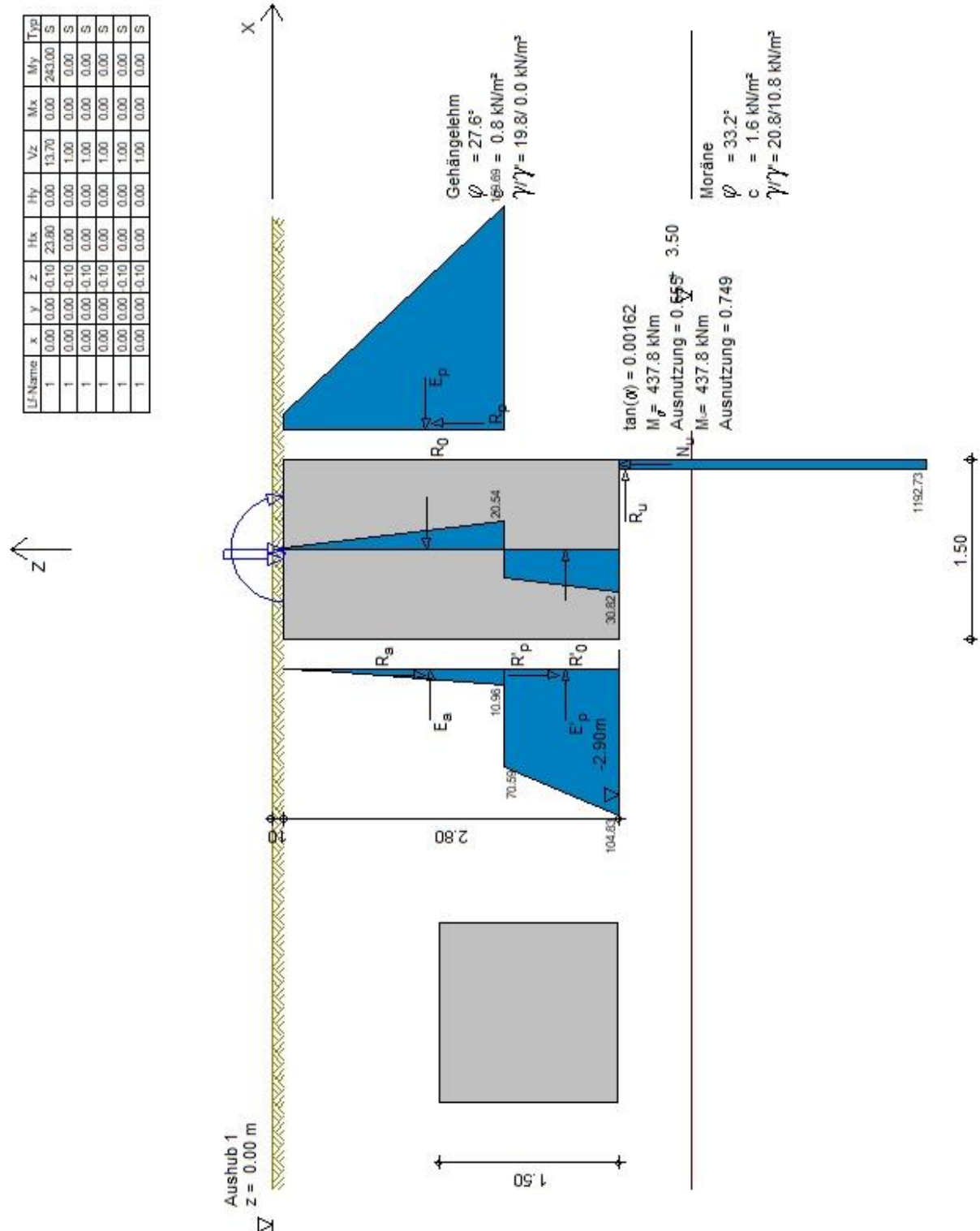
Vertikale Belastung N_a = 180.7 kN
 Horizontale Belastung H_d = 32.1 kN
 Moment an Oberkante M_d = 328.0 kNm

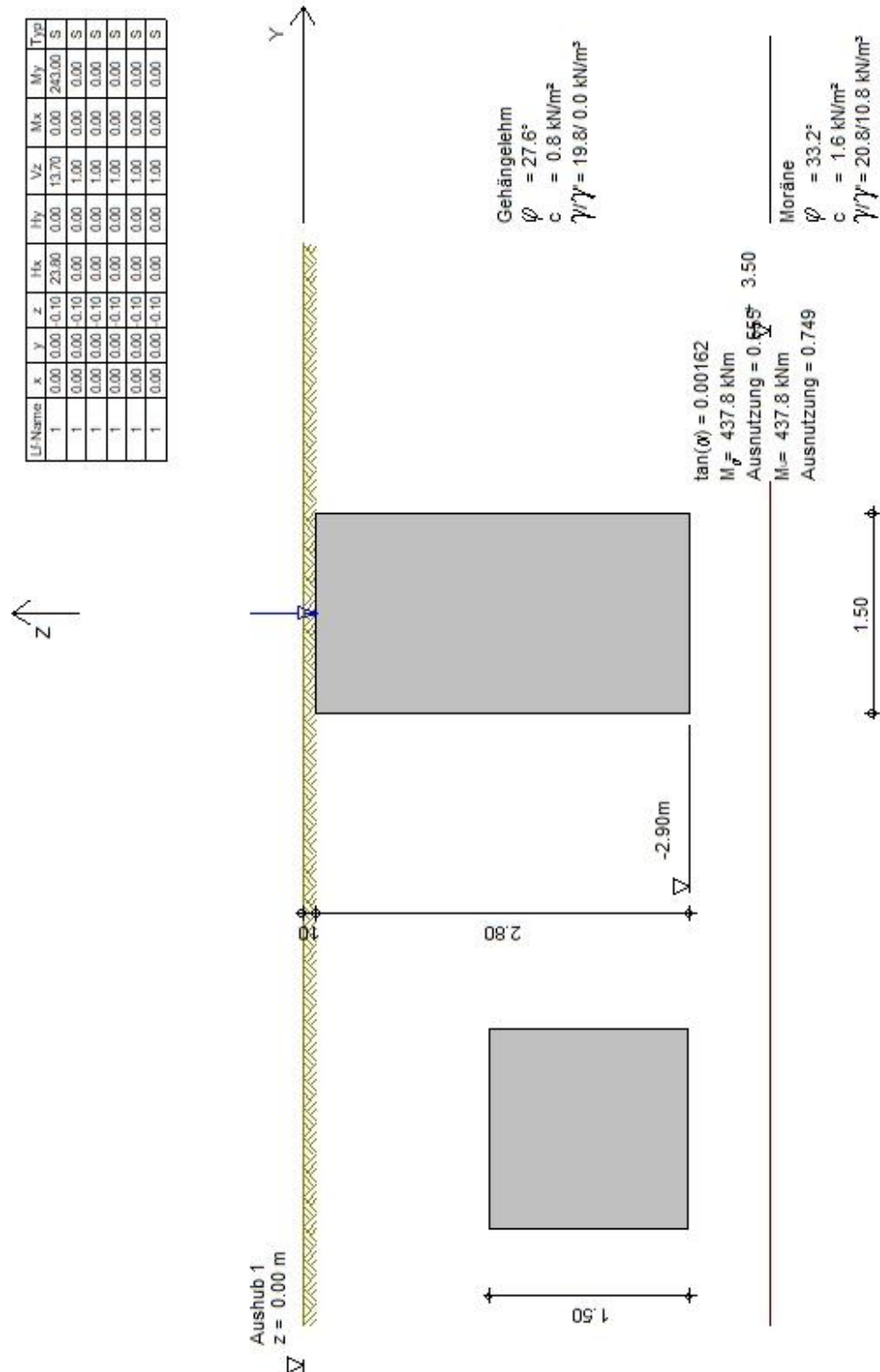
Erddruckkräfte und Hebelarme zu OK Fundament (Bemessungswerte)

	Erddruck [kN]	Hebelarm [m]	Reibung [kN]	Hebelarm [m]
Aktiv $E_{a,d}$	32.2	1.226	7.9	0.750
Passiv über Nulllinie $E_{p,d}$	269.8	1.182	92.8	0.750
Passiv unter Nulllinie $E_{p,d}'$	146.0	2.348	50.2	0.750
Ruhe über Nulllinie $E_{0,d}$	59.4	1.192	19.8	
Ruhe unter Nulllinie $E_{0,d}'$	74.5	2.349	24.8	
Res. Erdwiderstand über Nulllinie $E_{w,d}$	257.3	1.177		
Res. Erdwiderstand unter Nulllinie $E_{w,d}'$	170.8	2.348		

Ansatz Wandreibungswinkel δ_p zu $-0.500 \cdot \varphi$
 Ideelle Druckwandbreite b_{id} = 2.410 m
 Höhe Nulllinie y über UK = 0.967 m
 Bodenpressung $p_{u,d}$ = 851.9 kN/m²
 Bodendruckkraft $N_{u,d}$ = 104.4 kN
 Hebelarm Bodendruckkraft u = 0.709 m
 Reibungskraft $R_{u,d}$ = 54.4 kN

Grenzmoment M_u = 437.8 kNm
 $M_d < M_u$, Ausnutzungsgrad = 0.749 *** Nachweis erfüllt ***





Stahlbetonbemessung nach SIA 262

Materialwerte: Beton C25/30 Bewehrung: B500B

Randabstände Bewehrungsachse:

$d_{\text{rechts, x}} = 5.0 \text{ cm}$, $d_{\text{links, x}} = 5.0 \text{ cm}$, $d_{\text{rechts, y}} = 5.0 \text{ cm}$, $d_{\text{links, y}} = 5.0 \text{ cm}$

Maßgebende Schnittgrößen (Schnitt am Stützenrand)

Sicherheitsbeiwerte

für Lasten: γ_F nach GZ Typ 2

für Widerstände: $\gamma_R = 1.50(\text{Beton}), 1.15(\text{Stahl})$

Bemessungsschnittgrößen

Moment im Querschnitt: max. $M_{yd} = 328.05 \text{ kNm}$

zug. $N_d = -29.81 \text{ kN}$

aus Kombination Nr. 2

Moment im Querschnitt: max. $M_{xd} = 0.00 \text{ kNm}$

zug. $N_d = -31.37 \text{ kN}$

aus Kombination Nr. 4

Erforderliche Bewehrung (je Seite):

erf. $A_{sx} = 4.5 \text{ cm}^2$

gewählt: 3 ϕ 16 mm = 6.0 cm²

erf. $A_{sy} = 0.0 \text{ cm}^2$

Durchstanznachweis

(maßgebende Lastfall-Kombination Nr. 1)

Durchstanznachweis nicht erforderlich (Randabstand $\leq 0.5 \cdot d$)

Zusammenfassung

Alle Nachweise sind erfüllt.

Anhang 4: Statik Fundament nach Steckner

A4.1. Für Masttyp LS1, Position 06.320

A4.2. Für Masttyp LS1, Position 06.321

A4.3. Für Masttyp LS2, Position 06.300,06.302,06.307,06.308,06.316

A4.4. Für Masttyp LS2, Position 06.304, 06.306

A4.5. Für Masttyp LS3, Position 06.318

A4.6. Für Masttyp LS3, Position 06.310, 06.314, 06.319

A4.1. Für Masttyp LS1, Position 06.320

Eingabedaten

Geometrie Fundament

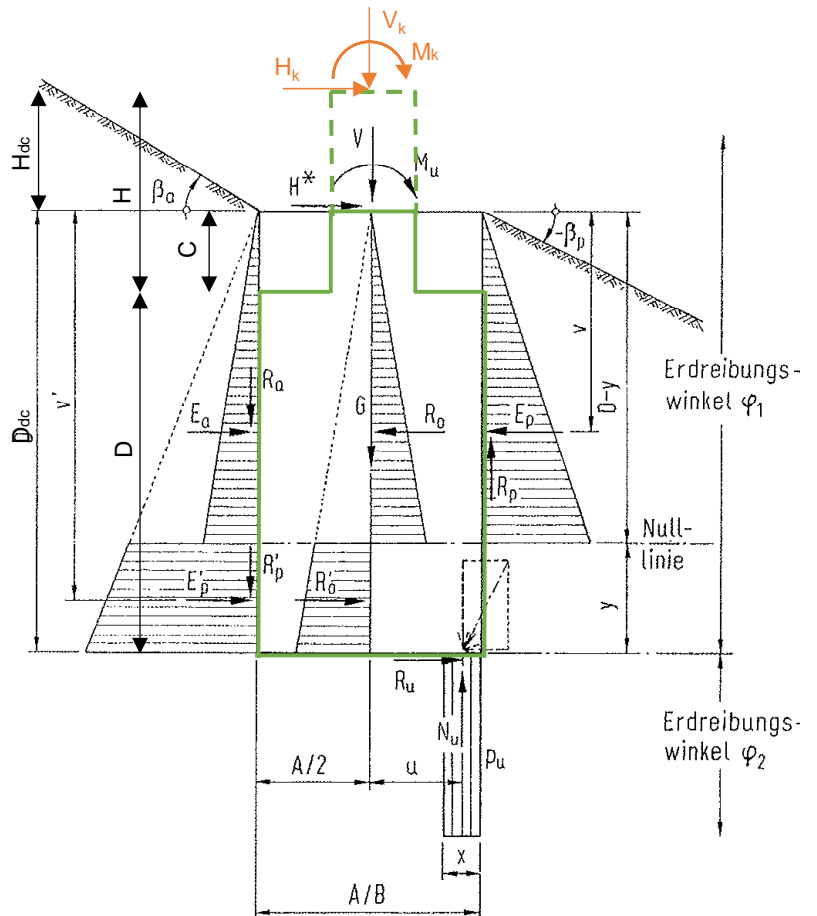
Masttyp	LSI		
Breite (Ansicht)	A	1.50	m
Tiefe	B	1.50	m
Höhe	D	2.00	m
Kopfhöhe	H	0.00	m
Wichte Ortbeton	γ_B	25	kN/m ³
Eindeckung	C	0.00	m
Reschnerische Fundamenthöhe	D_{dc}	2.00	m
Reschnerischer Kopfhöhe	H_{dc}	0.00	m
Exzentrizität	e	0.00	m

Bodeneigenschaften

Reibungswinkel 1 (Charak.)	$\varphi_{k,1}$	27.6	°
Reibungswinkel 2 (Charak.)	$\varphi_{k,2}$	27.6	°
Zusammendrückungsmodul	ME_1	6.6	MN/m ²
Wiederbelastungsmodul	ME_2	16.0	MN/m ²
Böschung nach Fundament	β_p	0.0	°
Böschung vor Fundament	β_a	0.0	°
Wichte Boden	γ_e	19.8	kN/m ³
Kontrolle Blockfundament 2/3≤D/A≤4?	1.33	i.O.	

Einwirkungen

Vertikal	$V_{k,g}$	6.5	kN
	$V_{k,q}$	0.0	kN
Horizontal	$H_{k,g}$	0.0	kN
	$H_{k,q}$	10.4	kN
Moment OK Fundament	$M_{k,g}$	0.0	kNm
	$M_{k,q}$	106	kNm



Übersicht der Resultate

Nachweis Standsicherheit

$$\frac{M_{u,d}}{M_{ed}} = 1.33 > 1.00$$

Nachweis erfüllt

Nachweis Gebrauchstauglichkeit

$$\frac{M_\alpha}{M_u} = 1.01 > 1.00$$

Nachweis erfüllt

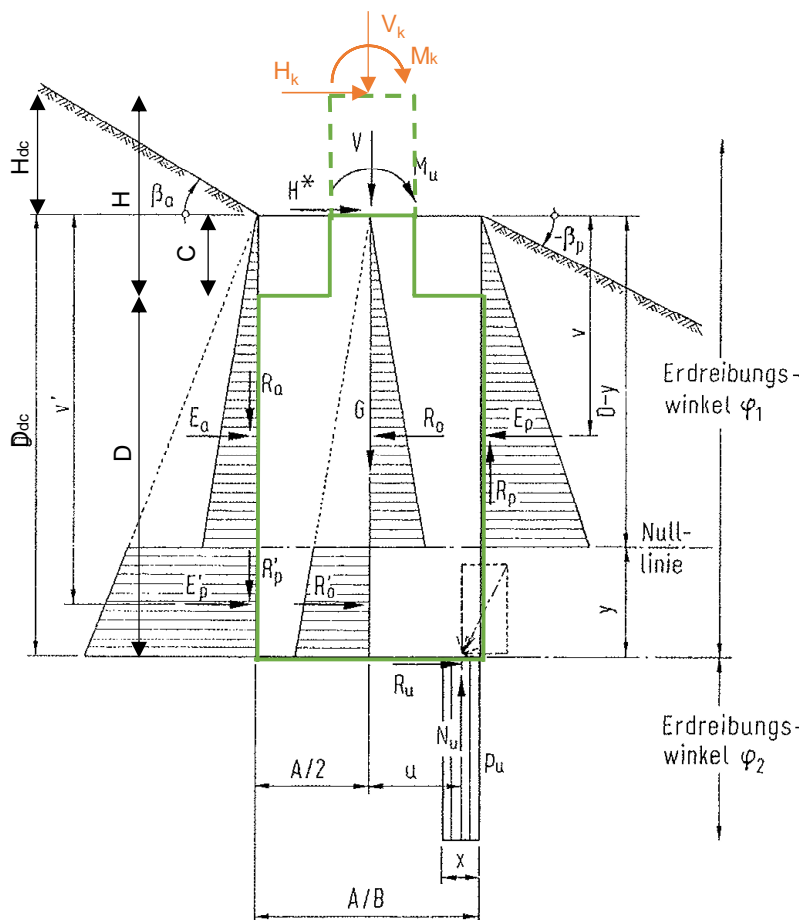
A4.2. Für Masttyp LS1, Position 06.321

Eingabedaten

Geometrie Fundament			
Masttyp	LSI		
Breite (Ansicht)	A	1.50	m
Tiefe	B	1.50	m
Höhe	D	2.50	m
Kopfhöhe	H	0.00	m
Wichte Ortbeton	γ_B	25	kN/m ³
Eindeckung	C	0.00	m
Reschnerische Fundamenthöhe	D_{dc}	2.50	m
Reschnerischer Kopfhöhe	H_{dc}	0.00	m
Exzentrizität	e	0.00	m

Bodeneigenschaften			
Reibungswinkel 1 (Charak.)	$\varphi_{k,1}$	27.6	°
Reibungswinkel 2 (Charak.)	$\varphi_{k,2}$	27.6	°
Zusammendrückungsmodul	ME_1	6.6	MN/m ²
Wiederbelastungsmodul	ME_2	16.0	MN/m ²
Böschung nach Fundament	β_p	0.0	°
Böschung vor Fundament	β_a	0.0	°
Wichte Boden	γ_e	19.8	kN/m ³
Kontrolle Blockfundament $2/3 \leq D/A \leq 4$?		1.67	i.O.

Einwirkungen			
Vertikal	$V_{k,g}$	6.5	kN
	$V_{k,q}$	0.0	kN
Horizontal	$H_{k,g}$	0.0	kN
	$H_{k,q}$	14.7	kN
Moment OK Fundament	$M_{k,g}$	0.0	kNm
	$M_{k,q}$	150	kNm



Übersicht der Resultate

Nachweis Standsicherheit	$\frac{M_{u,d}}{M_{ed}} = 1.51 > 1.00$	Nachweis erfüllt
Nachweis Gebrauchstauglichkeit	$\frac{M_{\alpha}}{M_u} = 1.01 > 1.00$	Nachweis erfüllt

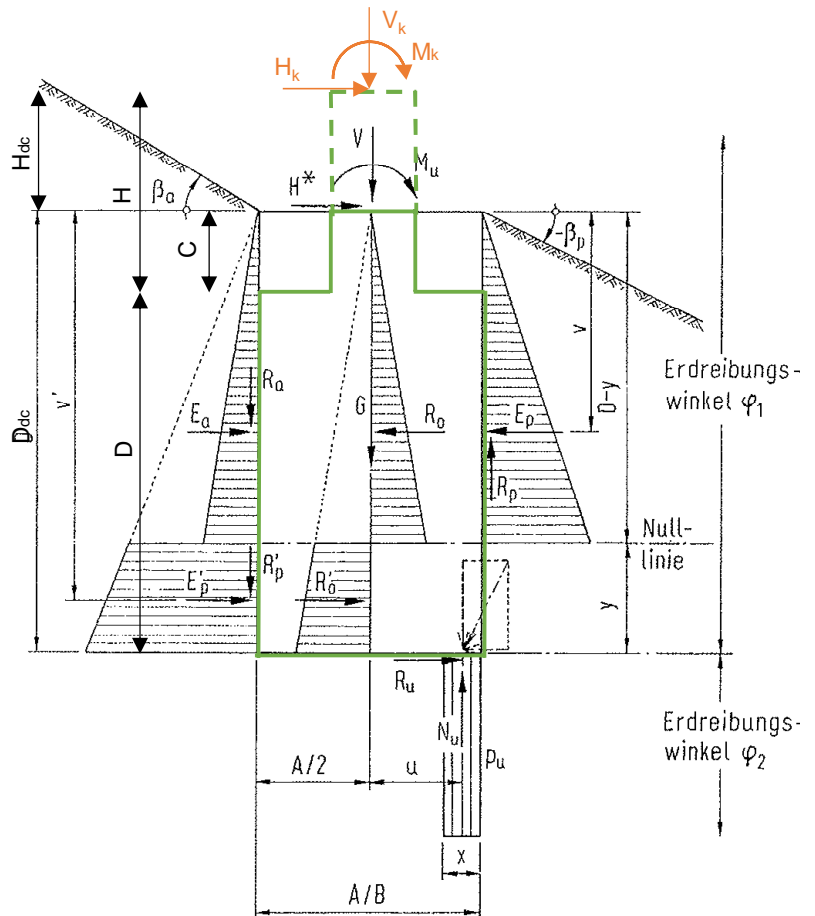
A4.3. Für Masttyp LS2, Position 06.300,06.302,06.307,06.308,06.316

Eingabedaten

Geometrie Fundament			
Masttyp	LS2		
Breite (Ansicht)	A	1.50	m
Tiefe	B	1.50	m
Höhe	D	2.50	m
Kopfhöhe	H	0.00	m
Wichte Ortbeton	γ_B	25	kN/m ³
Eindeckung	C	0.00	m
Reschnerische Fundamenthöhe	D_{dc}	2.50	m
Reschnerischer Kopfhöhe	H_{dc}	0.00	m
Exzentrizität	e	0.00	m

Bodeneigenschaften			
Reibungswinkel 1 (Charak.)	$\varphi_{k,1}$	27.6	°
Reibungswinkel 2 (Charak.)	$\varphi_{k,2}$	27.6	°
Zusammendrückungsmodul	ME_1	6.6	MN/m ²
Wiederbelastungsmodul	ME_2	16.0	MN/m ²
Böschung nach Fundament	β_p	0.0	°
Böschung vor Fundament	β_a	0.0	°
Wichte Boden	γ_e	19.8	kN/m ³
Kontrolle Blockfundament $2/3 \leq D/A \leq 4$?		1.67	i.O.

Einwirkungen			
Vertikal	$V_{k,g}$	10.2	kN
	$V_{k,q}$	0.0	kN
Horizontal	$H_{k,g}$	0.0	kN
	$H_{k,q}$	15.0	kN
Moment OK Fundament	$M_{k,g}$	0.0	kNm
	$M_{k,q}$	153	kNm



Übersicht der Resultate

Nachweis Standsicherheit	$\frac{M_{u,d}}{M_{ed}} = 1.49 > 1.00$	Nachweis erfüllt
Nachweis Gebrauchstauglichkeit	$\frac{M_\alpha}{M_u} = 1.01 > 1.00$	Nachweis erfüllt

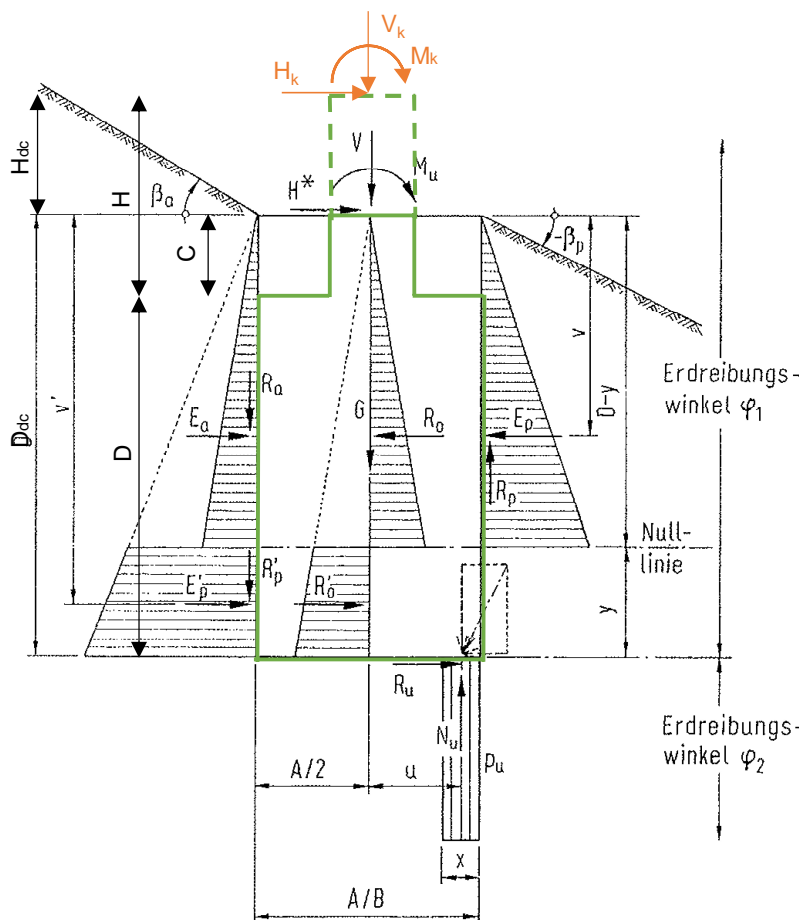
A4.4. Für Masttyp LS2, Position 06.304, 06.306

Eingabedaten

Geometrie Fundament			
Masttyp	LS2		
Breite (Ansicht)	A	1.50	m
Tiefe	B	1.50	m
Höhe	D	2.80	m
Kopfhöhe	H	0.00	m
Wichte Ortbeton	γ_B	25	kN/m ³
Eindeckung	C	0.00	m
Reschnerische Fundamenthöhe	D_{dc}	2.80	m
Reschnerischer Kopfhöhe	H_{dc}	0.00	m
Exzentrizität	e	0.00	m

Bodeneigenschaften			
Reibungswinkel 1 (Charak.)	$\varphi_{k,1}$	27.6	°
Reibungswinkel 2 (Charak.)	$\varphi_{k,2}$	27.6	°
Zusammendrückungsmodul	ME_1	6.6	MN/m ²
Wiederbelastungsmodul	ME_2	16.0	MN/m ²
Böschung nach Fundament	β_p	0.0	°
Böschung vor Fundament	β_a	0.0	°
Wichte Boden	γ_e	19.8	kN/m ³
Kontrolle Blockfundament $2/3 \leq D/A \leq 4$?		1.87	i.O.

Einwirkungen			
Vertikal	$V_{k,g}$	10.2	kN
	$V_{k,q}$	0.0	kN
Horizontal	$H_{k,g}$	0.0	kN
	$H_{k,q}$	18.0	kN
Moment OK Fundament	$M_{k,g}$	0.0	kNm
	$M_{k,q}$	184	kNm



Übersicht der Resultate

Nachweis Standischerheit	$\frac{M_{u,d}}{M_{ed}} = 1.60 > 1.00$	Nachweis erfüllt
Nachweis Gebrauchstauglichkeit	$\frac{M_{\alpha}}{M_u} = 1.01 > 1.00$	Nachweis erfüllt

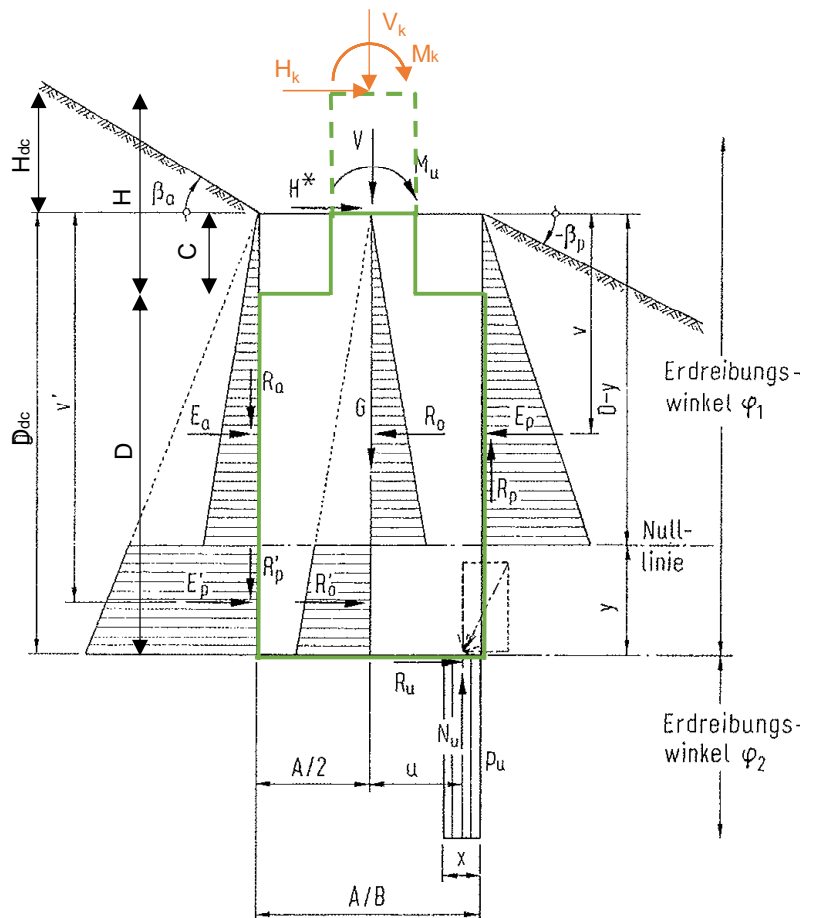
A4.5. Für Masttyp LS3, Position 06.318

Eingabedaten

Geometrie Fundament			
Masttyp	LS2		
Breite (Ansicht)	A	1.50	m
Tiefe	B	1.50	m
Höhe	D	3.00	m
Kopfhöhe	H	0.00	m
Wichte Ortbeton	γ_B	25	kN/m ³
Eindeckung	C	0.00	m
Reschnerische Fundamenthöhe	D_{dc}	3.00	m
Reschnerischer Kopfhöhe	H_{dc}	0.00	m
Exzentrizität	e	0.00	m

Bodeneigenschaften			
Reibungswinkel 1 (Charak.)	$\varphi_{k,1}$	27.6	°
Reibungswinkel 2 (Charak.)	$\varphi_{k,2}$	27.6	°
Zusammendrückungsmodul	ME_1	6.6	MN/m ²
Wiederbelastungsmodul	ME_2	16.0	MN/m ²
Böschung nach Fundament	β_p	0.0	°
Böschung vor Fundament	β_a	0.0	°
Wichte Boden	γ_e	19.8	kN/m ³
Kontrolle Blockfundament $2/3 \leq D/A \leq 4$?	2		i.O.

Einwirkungen			
Vertikal	$V_{k,g}$	10.2	kN
	$V_{k,q}$	0.0	kN
Horizontal	$H_{k,g}$	0.0	kN
	$H_{k,q}$	20.3	kN
Moment OK Fundament	$M_{k,g}$	0.0	kNm
	$M_{k,q}$	207	kNm



Übersicht der Resultate

Nachweis Standischerheit	$\frac{M_{u,d}}{M_{ed}} = 1.67 > 1.00$	Nachweis erfüllt
Nachweis Gebrauchstauglichkeit	$\frac{M_\alpha}{M_u} = 1.01 > 1.00$	Nachweis erfüllt

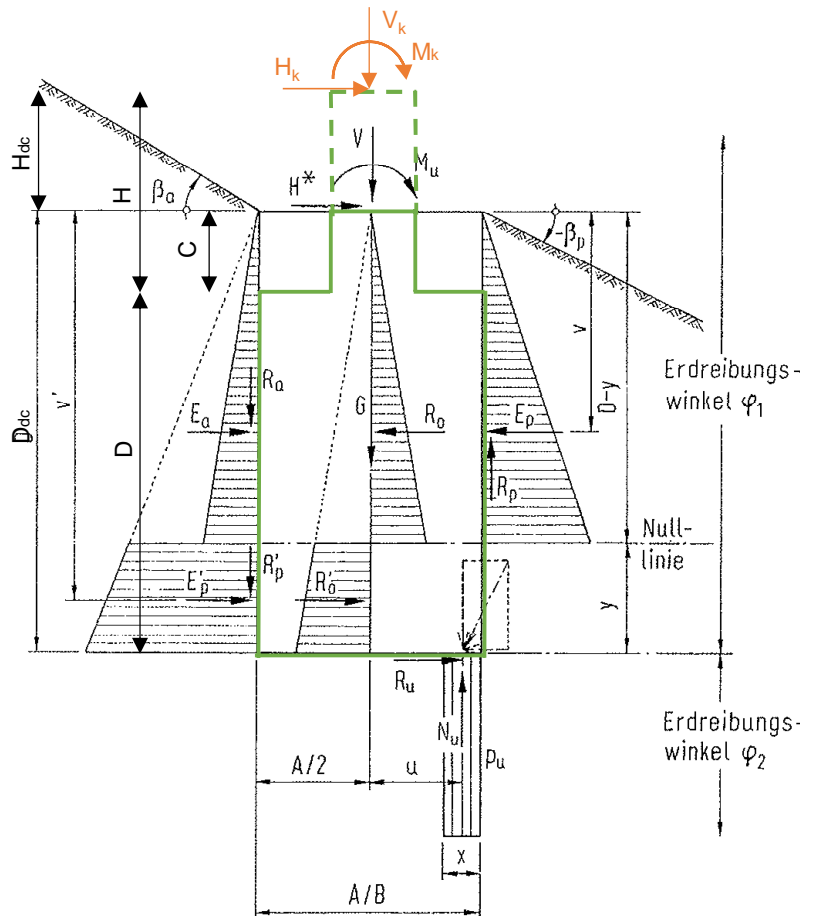
A4.6. Für Masttyp LS3, Position 06.310, 06.314, 06.319

Eingabedaten

Geometrie Fundament			
Masttyp	LS3		
Breite (Ansicht)	A	1.50	m
Tiefe	B	1.50	m
Höhe	D	3.30	m
Kopfhöhe	H	0.00	m
Wichte Ortbeton	γ_B	25	kN/m ³
Eindeckung	C	0.00	m
Reschnerische Fundamenthöhe	D_{dc}	3.30	m
Reschnerischer Kopfhöhe	H_{dc}	0.00	m
Exzentrizität	e	0.00	m

Bodeneigenschaften			
Reibungswinkel 1 (Charak.)	$\varphi_{k,1}$	27.6	°
Reibungswinkel 2 (Charak.)	$\varphi_{k,2}$	27.6	°
Zusammendrückungsmodul	ME_1	6.6	MN/m ²
Wiederbelastungsmodul	ME_2	16.0	MN/m ²
Böschung nach Fundament	β_p	0.0	°
Böschung vor Fundament	β_a	0.0	°
Wichte Boden	γ_e	19.8	kN/m ³
Kontrolle Blockfundament $2/3 \leq D/A \leq 4$	2.2		i.O.

Einwirkungen			
Vertikal	$V_{k,g}$	13.7	kN
	$V_{k,q}$	0.0	kN
Horizontal	$H_{k,g}$	0.0	kN
	$H_{k,q}$	24.8	kN
Moment OK Fundament	$M_{k,g}$	0.0	kNm
	$M_{k,q}$	253	kNm



Übersicht der Resultate

Nachweis Standischerheit	$\frac{M_{u,d}}{M_{ed}} = 1.73 > 1.00$	Nachweis erfüllt
Nachweis Gebrauchstauglichkeit	$\frac{M_{\alpha}}{M_u} = 1.01 > 1.00$	Nachweis erfüllt