

Doppelspur Dietikon

16.10



Aargau Verkehr AG

Projektverfasser

Ort, Datum

Ort, Datum

Aarau, 20.09.2024

Zürich, 20.09.2024

Stv. CEO und Grossprojekte
(Mathias Grünenfelder)

Leiterin Infrastruktur Ost
(Michelle Badertscher)

(Bernard Koller)

Version	Verfasser			Bemerkungen	Format	Plan Nummer
	Datum	Name	Visum			
0	28.02.22	MULU	KOB	Nachreichung PGV-Dossier	A4	115000455.32.25
A	31.08.24	MULU	KOB	Änderungsdossier PGV	A4	115000455.32.25
B						
C						
D						



Aargau
Verkehr

Bearbeitungsstufe: Auflageprojekt

Gemeinde: Dietikon

Strasse: Bernstrasse – Bremgartnerstrasse

Strecke: Bremgarten – Dietikon

km / Bauwerk: Km 16.590 – 18.400

Vorhaben: Aargau Verkehr, Doppelspur BD, Dietikon



Kanton Zürich
Baudirektion
Tiefbauamt

Projektieren und Realisieren

Statische Berechnung FL-Fundamente

Projekt Nummer: 115000455-001

Projektverfasser

INGE Doppelspur



AFRY

JAUSLIN
STEBLER
personalized engineering

X:\3-BU\CH\prj\BU_Transp\115000455-001_Dietikon Doppelspurausbau BD\WM2_Projektbearbeitung\11 Projektierung BP_Fahrleit
Nachweise FL-Fundamente\16.10-115000455.32.25_Statische Berechnung FL-Fundamente.doc

Dokumentenkontrolle	
Autor	Lukas Müller
Telefon	
E-Mail	
Erstellt am	31.08.24
Status	Definitiv
Klassifizierung	PGV-Dossier
Dateiname	Statische Berechnung FL-Fundamente

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	5
1.1	Objektbeschreibung	5
1.2	Anträge erster Priorität	5
1.3	Einleitung	5
1.4	Abgrenzung	5
2	Statisches Konzept	6
2.1	Massnahmen und Nachweise	6
3	Baugrund	7
3.1	Baugrundmodell	7
3.2	3.2 Baugrundkennwerte	7
3.3	Hydrologie	7
4	Materialkennwerte	8
4.1	Neue Bauteile	8
5	Einwirkungen	9
5.1	Einsatzbedingungen Standard Blockfundamente	9
5.2	Einwirkungen Standard Blockfundamente	10
6	Gefährdungsbilder Tragsicherheit	12
7	Gefährdungsbilder Gebrauchstauglichkeit	12
8	Nachweise der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit	13
8.1	Nachweise FL-Fundamente (DC-Nachweise)	13
9	Grundlagen	14
9.1	Normen	14
9.2	SBB und Eisenbahnspezifische Vorgaben und Reglemente	14
9.3	Projektspezifische Grundlagen	14
9.3.1	Pläne	14
9.3.2	Berichte	14
9.3.3	Software / Literatur	14
10	Anhang A: DC Nachweise FL-Mastfundamente	15

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Baugrundmodell und charakteristische Baugrundwerte FL-Fundamente.....	7
Tabelle 2: Einwirkungen FL-Mastfundamente.....	10
Tabelle 3: Einwirkungen Anker.....	10
Tabelle 4: Gefährdungsbilder Tragsicherheit FL-Fundamente	12
Tabelle 5: Widerstandsbeiwerte Nachweis Tragsicherheit FL-Fundamente.....	12
Tabelle 6: Nachweis der Gebrauchstauglichkeit FL-Fundamente	12
Tabelle 7: Nachweise FL-Fundamente	13
Tabelle 8: Nachweise Anker Fundamente	13

1 Allgemeines

1.1 Objektbeschreibung

Der heute einspurige Betrieb der Bremgarten-Dietikon-Bahn (BD) auf der Bremgartnerstrasse in Dietikon wird voraussichtlich ab dem Jahr 2023 in einen doppelgleisigen, richtungsgetrennten Bahnbetrieb ausgebaut. Die Bahn wird dann zukünftig zwischen dem Endbahnhof am Bahnhof Dietikon und der Haltestelle Stoffelbach im Mischtrasse als Strassenbahn verkehren. Im Rahmen des Projektes werden auch die Haltestellen Stoffelbach, Bergfrieden und Schöneeggstrasse neu und behindertengerecht gestaltet.

Mit der neuen Anordnung der Gleislage wird auch die Bremgartnerstrasse sowie der Knoten Bremgartner- / Bernstrasse umgestaltet. Weiter wird der Knoten Guggenbühl- / Wildeggstrasse durch Umbau zu einem Verkehrskreisel „Kreisel Guggenbühl“ optimiert. Der heute fehlende Radstreifen bergwärts wird im Rahmen dieses Projekts ebenfalls ergänzt.

Nebst den Tiefbauarbeiten werden auch die kompletten Fahrleitungs-, Sicherungs- und LSA-Anlagen, sowie die öffentliche Beleuchtung, die Strassenentwässerung und weitere tangierte Werkleitungen erneuert. Nicht mehr benötigte Anlageteile werden rückgebaut.

1.2 Anträge erster Priorität

Folgend werden sämtliche Anträge abgehandelt, die vor Erteilung der PGV und somit prioritär umgesetzt werden müssen.

1.3 Einleitung

Der vorliegende statische Bericht umfasst das Projekt „Dietikon Doppelspurausbau: «FL-Fundamente» In diesem Dokument werden die relevanten Berechnungen sowie deren Ergebnisse der Vorbemessung für den Bau- und Betriebszustand zusammengestellt.

1.4 Abgrenzung

Dieses Dokument behandelt ausschliesslich die FL Fundamente inklusive den nötigen Bauzuständen im Projektperimeter km 16.59-18.40.

2 Statisches Konzept

2.1 Massnahmen und Nachweise

Im Projektperimeter treffen zwei unterschiedliche Fahrleitungssysteme aufeinander. Zum einen ist dies das System Fahrleitungssystem LTB (Köcherfundamente) und zum anderen das System der AVA (SBB Standard). Auf die Einsatzbedingungen der FL-Fundamente oder den statischen Nachweis der äusseren Tragsicherheit, hat dies jedoch keine Auswirkungen.

Falls die Einsatzbedingungen gemäss Typenzulassung nicht erfüllt sind, erfolgt der Nachweis der Standardfundamenttypen nach der Theorie von Steckner mit der Software DC-Fundament. Mit Last- und Widerstandsbeiwerten gemäss SIA 260 und SIA 267. Der Nachweis der äusseren Tragsicherheit gilt als erfüllt, wenn der Ausnutzungsgrad $M_d/M_u < 1.0$ ist.

In der Theorie nach Steckner und Software DC-Fundament wird für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit, die Schiefstellung zur Überwindung der Sohlenreibung und die Schiefstellung für das Abheben der hinteren Sohlenkante berechnet. Abhängig von der zulässigen Schiefstellung wird das Reaktionsmoment berechnet am Fundamentkopf. Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeitsnachweis gilt als erfüllt, wenn das Verhältnis zwischen vorhandenem Moment und Reaktionsmoment kleiner als 1 ist $M_d/M_\alpha < 1.0$. Grundlage für die Berechnung der Schiefstellung ist die horizontale und vertikale Bettung, diese wird in der Theorie von Steckner einzig anhand des Reibungswinkels des Bodens und der Einbindetiefe des Fundaments bestimmt. In der Software DC-Fundament ist dieser Ansatz erweitert um einen Term zur Berücksichtigung der Geländeneigung. In weichen Böden mit kleinen ME-Werten wird die Bettung somit tendenziell überschätzt und die Schiefstellung dadurch unterschätzt. Falls der ME-Wert kleiner ist als gemäss Typenzulassung vorgesehen, so wird das Bettungsmodul gemäss dem Buch Bodenmechanik [22] ermittelt.

Auf den Nachweis der äusseren Tragsicherheit hat der Bettungsmodul keinen Einfluss, da das Fundament in der Theorie von Steckner als eingespannt gerechnet wird. Die innere Tragsicherheit wird nicht nachgewiesen, da eine Änderung der ME-Werte keinen Einfluss auf die inneren Kräfte hat.

3 Baugrund

3.1 Baugrundmodell

Die geologischen Bedingungen werden aus der Baugrunduntersuchung [17] und [17] entnommen. Für eine detaillierte Beschreibung der geologischen Verhältnisse wird auf dieses Dokument verwiesen.

Im Projektperimeter km 16.59-18.40 werden die Bodenschichten Künstliche Auffüllung, Gehängeablagerungen und Moräne angetroffen. Die Künstliche Auffüllung sowie die Gehängeablagerung gehören zu den Oberflächennahen Schichten. Die Moräne ist in der Regel unter den Oberflächennahen Schichten anzutreffen

Die einzelnen Bodenschichten können je nach Projektabschnitt sehr variabel sein. Für die Überprüfung der Einsatzbedingungen und Nachweise der äusseren Tragsicherheit der Fundamente werden die Baugrundkennwerte des jeweiligen Projektabschnitts angesetzt.

3.2 3.2 Baugrundkennwerte

Im Baugrundgutachten [17] und [17] sind bei den Bodenkennwerten jeweils die Erwartungswerte und die Extremwerte angegeben. Die charakteristischen Bodenkennwerte werden mit nachfolgender Umrechnungsformel (Merkblatt SIA 2009) aus den Extrem- und Erwartungswerten berechnet:

$X_k = X_m - \alpha \cdot (X_m - X_{extr})$ mit $\alpha = 0.4$ für Kohäsion und $\alpha = 0.2$ für alle übrigen Kennwerte

X_m (geschätzter Erwartungswert) und X_{extr} (Extremwert) gemäss geologischem Gutachten

In nachfolgender Tabelle sind die für die SA-FL Mastfundamente massgebenden Bodenschichten aufgeführt.

Lockergestein	γ' [kN/m³]	ϕ'	c'	M_E	$M_{E'}$
Künstliche Auffüllung Oberflächenschicht	19.5	16	0	-	-
Gehängeablagerung	20	28	0	8	20
Moräne	21	32	5	30	80

Tabelle 1: Baugrundmodell und charakteristische Baugrundwerte FL-Fundamente

3.3 Hydrologie

Die Fundamentunterkanten liegt höher als der Hochwasserstand des Grundwassers.

4 Materialkennwerte

4.1 Neue Bauteile

Es sind die Ausführungsbestimmungen gemäss SBB Doku Nr. 0161.1011.10 einzuhalten. Die Materialisierung erfolgt gemäss Typenzulassung und Zeichnungen im FL-

Projektierungshandbuch 0161 der SBB:

- DP1/1.8: Zeichnungs-Nr. 0161.1011.0172 b
- DP1/2.1: Zeichnungs-Nr. 0161.1011.0174 b
- DP2/2.4: Zeichnungs-Nr. 0161.1011.0175 b
- HP1/2.9: Zeichnungs-Nr. 0161.1011.0187 b

5 Einwirkungen

5.1 Einsatzbedingungen Standard Blockfundamente

Wenn die unten erwähnten Anforderungen an den Baugrund gemäss SBB Doku Nr.0161.1011.0010 kumulativ erfüllt sind, ist kein Nachweis nötig und ein Blockfundament mit Typenzulassung kann gemäss den entsprechenden SBB-Dokumenten (siehe Kapitel 4.1) erstellt werden. Falls einer der Einsatzbedingungen nicht erfüllt ist, muss die äussere Tragsicherheit nachgewiesen werden.

- Effektiver innerer Reibungswinkel: $\varphi'k \geq 27^\circ$ und $\varphi'k \geq |\pm\beta| + 2^\circ$
- Effektive Kohäsion: $ck' \geq 0$ kPa
- Raumlast Boden: $gk \approx 20$ kN/m³
- ME – Wert ≥ 12 MPa für weiche, feinkörnige Böden
- ME – Wert ≥ 25 MPa für lockergelagerte, grobkörnige Böden
- Wasserspiegel unterhalb des Fundamentes
- Geländeneigungswinkel $\beta p \leq 33^\circ$

Falls ein FL-Fundament in mehreren Bodenschichten liegt, so wird für die Überprüfung der Einsatzbedingungen und für die Nachweise der äusseren Tragsicherheit nur die jeweils ungünstigste Bodenschicht berücksichtigt.

5.2 Einwirkungen Standard Blockfundamente

Vorgesehen ist der Einsatz von Standardfundamenttypen. Die Zulässige Lasten (charakteristischen Werte) sind gemäss den SBB Doku Nr. 0161.1011.0002 und 0161.1011.0010 anzusetzen.

Mast	Fundament	Lastfall	ständig [kN]			veränderlich [kN]		
			V _k	H _{q,k}	M _{q,k}	V _k	H _{q,k}	M _{q,k}
DP20	DP1	quer zum Gleis	0-75	±3.5	±28	0-75	±3.5	±28
DP22	DP1	quer zum Gleis	0-75	±5	±40	0-75	±5	±40
DP24 / DP26	DP2/2.0	quer zum Gleis	0-75	±8.5	±67.5	0-75	±8.5	±67.5
DPM 24	HP1a/2.4	quer zum Gleis	0-75	±14.5	±115	0-75	±14.5	±115

Tabelle 2: Einwirkungen FL-Mastfundamente

Fundamenttyp	Lastfall	ständig [kN]		veränderlich [kN]	
		V _k	H _{q,k}	V _k	H _{q,k}
DP1a/1.8	Zuglast	18.9	10.5	8.1	4.5

Tabelle 3: Einwirkungen Anker

Für alle Standardtypen sind die charakteristischen Einwirkungen gemäss SBB-Dokument (Ind. f) [12] zu entnehmen. Es wird angenommen, dass Vertikal-, Horizontalkräfte und Momente am Fundamentkopf gleichzeitig wirken, welche als ständige Lasten und veränderliche Lasten betrachtet werden. Das Eigengewicht des Fundaments wird auch berücksichtigt. Gemäss dem SBB-Dokument (Ind. f) [11] können bei Spezialfundamenten von FL-Masten die Lastanteile längs zum Gleis sowie die Vertikalkraft zu 50% ständig und 50% veränderlich aufgeteilt werden. Nachweise sind mit den beiden Extremwerten $V_{min} = 0$ kN und $V_{max} = 150$ kN zu führen. Gemäss SBB-Dokument [11] treten die Lasten quer und längs nicht gleichzeitig in voller Grösse auf. Lastkombinationen quer und längs zum Gleis werden genügend abgedeckt, wenn die Nachweise für die maximalen Lasten quer und längs zum Gleis einzeln erbracht werden. Aufgrund der vorhandenen Geländeneigung ist für die FL-Fundamente hier nur der Nachweis quer zum Gleis massgebend.

Die Nachweise werden mit dem Statik Programm «DC-Fundament/Mast, Version 4.4.2» gemacht. Das Programm macht für die Tragsicherheit einen Standsicherheitsnachweis nach der Theorie von Steckner. Die Gebrauchstauglichkeit wird über eine Schiefstellung berechnet und mit der zulässigen Schiefstellung verglichen. Gemäss SBB Dok. [11] beträgt die zulässige Schiefstellung für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:

- 1:100 aus ständigen und veränderlichen Lasten quer und längs zum Gleis
- 1:200 aus veränderlichen Lasten quer zum Gleis

Für die FL-Mastfundamente wird in DC-Fundament die zulässige Schiefstellung auf 1:100 festgelegt, für ständige und veränderliche Lasten quer zum Gleis. Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit mit einer zulässigen Schiefstellung von 1:200 aus veränderlichen Lasten ist hier nicht massgebend und wird nicht nachgewiesen.

Für ME-Werte welche die Einsatzbedingungen unterschreiten, wird das Bettungsmodul gemäss Bodenmechanik [22] ermittelt und nicht gemäss Steckner übernommen.

Die Grundbaunachweise werden nicht geführt, bei Berechnung von Mastfundamenten nach Steckner, weil in diesem Fall die Lastübertragung nicht über die Sohlfuge stattfindet. Falls zwei Bodenschichten auftreten, wird für den Nachweis jeweils die Bodenkennwerte von der ungünstigsten Schicht angesetzt.

6 Gefährdungsbilder Tragsicherheit

Gefährdungsbild / Bemessungssituation	Grenzzustand	Lastfall	Beiwerte (SIA 260)
LE=Leiteinwirkung, BE=Begleiteinwirkung, ST=Ständige Einwirkung, A =Aussergewöhnliche Einwirkung			
LE: Endzustand	A2: GZ Typ 2 (Tragwiderstand Tragwerk)	LE: Nutzlast (veränderliche Einwirkungen) ST: Eigenlasten Erddruck	$\gamma_Q = 1.50 / 0.00$ $\gamma_G = 1.35 / 1.00$ $\gamma_{G,Q} = 1.35 / 0.70$

Tabelle 4: Gefährdungsbilder Tragsicherheit FL-Fundamente

Gefährdungsbild / Bemessungssituation	Grenzzustand	Bodenkennwerte	Widerstandsbeiwerte (SIA 267)
LE=Leiteinwirkung, BE=Begleiteinwirkung, ST=Ständige Einwirkung, A =Aussergewöhnliche Einwirkung			
LE: Endzustand	A2: GZ Typ 2 (Tragwiderstand Tragwerk)	Raumlast Boden (Wichte) γ_k' Tangens des Reibungswinkels $\tan(\varphi'_k)$ Kohäsion drainiert c_k' Passiver Erddruck	$\gamma_e = 1.00$ $\gamma_\phi = 1.20$ $\gamma_c = 1.50$ $\gamma_m = 1.40$

Tabelle 5: Widerstandsbeiwerte Nachweis Tragsicherheit FL-Fundamente

7 Gefährdungsbilder Gebrauchstauglichkeit

- GZG quasi-ständig: $E_d = E\{G_k, P_k, \psi_{2i} Q_{ki}, X_d, a_d\}$
- GZG häufig: $E_d = E\{G_k, P_k, \psi_{1i} Q_{k1}, \psi_{2i} Q_{ki}, X_d, a_d\}$
- GZG selten: $E_d = E\{G_k, P_k, Q_{k1}, \psi_0 Q_{ki}, X_d, a_d\}$

Gefährdungsbild / Bemessungssituation	Grenzzustand / Gebrauchsgrenzen	Lastfall	Beiwerte
Legende: LE=Leiteinwirkung, ST=ständige Leiteinwirkung, BE=Begleiteinwirkung			
I	Bahnverkehr vorübergehend	Ia: Verformungen Selten: Verkipfung $\alpha \leq 1\%$	Selten: LE: Nutzlasten (veränderl.) ST: Erddruck, Eigenlasten
			1.0 1.0

Tabelle 6: Nachweis der Gebrauchstauglichkeit FL-Fundamente

8 Nachweise der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit

8.1 Nachweise FL-Fundamente (DC-Nachweise)

In der Fundamentliste Fahrstrom [19] sind die einzelnen Fundamente und die Bodenkennwerte aufgelistet. Die Fundamente bei denen die Einsatzbedingungen eingehalten werden, müssen nicht nachgewiesen werden. Fundamente bei denen die Einsatzbedingungen nicht erfüllt sind, werden in «grau» dargestellt. In der Fundamentliste [19] wird auf den entsprechenden Nachweis verwiesen. In der Tabelle 6 sind die Nachweise zusammengefasst. Rot markiert sind die Einsatzbedingungen (siehe Kapitel 5.1) welche nicht erfüllt sind. Für die Berechnung der Gebrauchstauglichkeit wurde das Bettungsmodul gemäss [19] für die zugehörige Bodenschicht ermittelt.

Nachweis	Bodenschicht	β_p [°]	Fundamenttyp	Bodenkennwerte					GZT Ausnutzung	GZG Ausnutzung
				Bettungsmodul	ME [MN/m²]	φ'_k [°]	c'_k [kN/m²]	γ'_k [kN/m³]		
DC01	SC-SM	<14°	DP 1/1.8	60	-	26	-	19.5	0.818	0.424
DC02	SC-SM	<14°	DP 1/2.1	60	-	26	-	19.5	0.873	0.407
DC03	SC-SM	<14°	DP 2/2.4	60	-	26	-	19.5	0.785	0.408
DC04	CL-ML	<14°	HP 1/2.9	Steckner	16	29	-	19.5	0.753	0.214

Tabelle 7: Nachweise FL-Fundamente

Nachweis	Bodenschicht	β_p [°]	Fundamenttyp	Bodenkennwerte					GZT Ausnutzung	GZG Ausnutzung
				Bettungsmodul	ME [MN/m²]	φ'_k [°]	c'_k [kN/m²]	γ'_k [kN/m³]		
DC05	SC-SM	<14°	DP 1/1.8	60	-	26	-	19.5	0.249	0.110

Tabelle 8: Nachweise Anker Fundamente

9 Grundlagen

9.1 Normen

[1]	SIA 260	(2013)	Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
[2]	SIA 261	(2020)	Einwirkungen auf Tragwerke
[3]	SIA 261/1	(2020)	Ergänzende Festlegungen
[4]	SIA 262	(2013)	Betonbau
[5]	SIA 262/1	(2013)	Ergänzende Festlegungen
[6]	SIA 267	(2013)	Geotechnik
[7]	SIA 267/1	(2013)	Ergänzende Festlegungen
[8]	SIA 269	(2011)	Grundlagen der Erhaltung von Tragwerken
[9]	SIA 269/1-7	(2011)	Erhaltung von Tragwerken
[10]	SIA 269/8	(2018)	Erhaltung von Tragwerken – Erdbeben

9.2 SBB und Eisenbahnspezifische Vorgaben und Reglemente

[11]	Standard Fahrleitungs- Blockfundament
[12]	FL-Projektierungshandbuch 01.6.1, SBB, 21. Dezember 2017

9.3 Projektspezifische Grundlagen

9.3.1 Pläne

[13]	27.01.2022_Situationsplan KM 16.35-16.61
[14]	27.01.2022_Situationsplan KM 16.61-17.01
[15]	27.01.2022_Situationsplan KM 17.01-17.70
[16]	27.01.2022_Situationsplan KM 17.70-18.36

9.3.2 Berichte

[17]	07.06.2018_Baugrunduntersuchung Bericht 2418065.2 - GEOTEST
[18]	07.06.2018_Baugrunduntersuchung Bericht 2418065.1 - GEOTEST
[19]	27.01.2022_Dietikon Doppelspurausbau FL-Fundamentenliste

9.3.3 Software / Literatur

[20]	DC-Fundament
[21]	Microsoft Word, Excel
[22]	Bodenmechanik und Grundbau L / H / A

10 Anhang A: DC Nachweise FL-Mastfundamente