Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

12.303.07

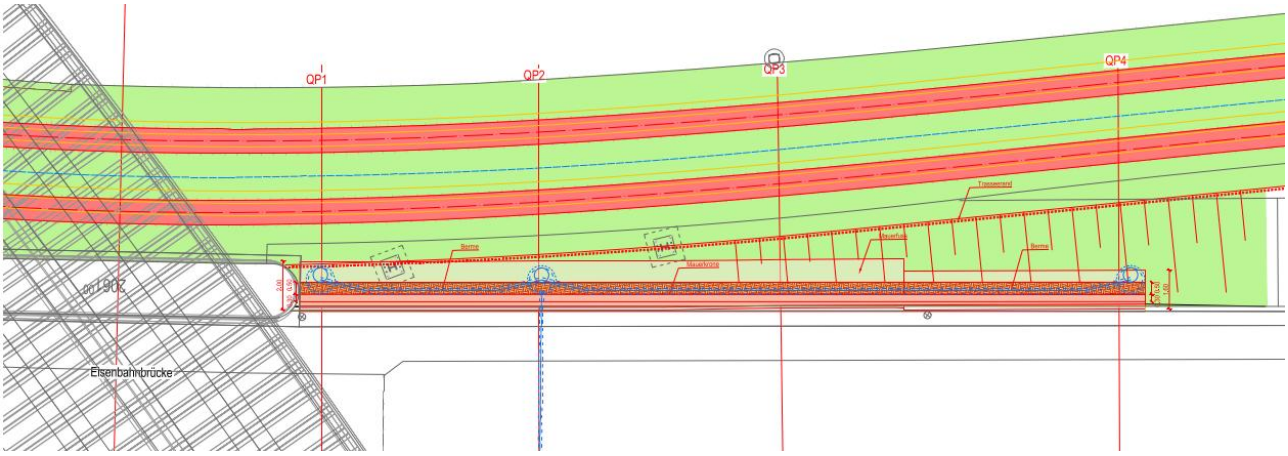
HAUPTSITZ:
4054 Basel
Bachlettenstrasse 52
Tel. 061 205 03 50
Fax 061 205 03 55
info@schmidtundpartner.ch
www.schmidtundpartner.ch

FILIALEN:
4106 Therwil BL
Gempenstrasse 3
5400 Baden AG
Mellingerstrasse 1
3628 Uttigen BE
Flurweg 12

W. Schmidt Dr. Ing. ETH/SIA
A. Antoniadis dipl. Bauleiter / REG C
T.R. Meier dipl. Ing. ETH/SIA
T. Minder BSc FH
B. Trost Dr. Ing. ETH/SIA
A. Walz dipl. Ing. TH/SIA

SCHMIDT PARTNER BAUINGENIEURE AG

Der Sachverständige	Die Bauherrschaft
Andreas Walz	BLT Basel Land Transport AG
Signiert von: Andreas Walz DF7FE780FF5E456...	i.V. Patrick Zeller 12B2990D6C90422...
	DocuSigned by: E932A2C7A837447...



Gesamterneuerung Leimental
BLT-Linie 10/17
Auflageprojekt
Stützmauer SNCF-Viadukt (km 0.916 – km 0.956)

BLT Baselland Transport AG, Grenzweg 1, 4104 Oberwil

Sachverständigenprüfung – Prüfbericht

Projektnummer (intern): 3298

Basel, den 10.08.2026

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Impressum:

Adressen:

Bauherrschaft	BLT Baselland Transport AG Fabiano Rosa Grenzweg 1, 4104 Oberwil Tel. +41 (0) 61 406 12 52 Fabiano.rosa@blt.ch
Projektverfasser	Gruner AG Simon Leber / Roland Marty St. Jakobs-Strasse 199, 4020 Basel Tel. +41 (0)61 317 61 61 simon.leber@gruner.ch
Sachverständiger	Schmidt+Partner Bauingenieure AG Andreas Walz Bachlettenstrasse 52, 4054 Basel Tel. +41 (0)61 205 03 50 a.walz@schmidtundpartner.ch

Verfasser:

Name:	Helen Krarup, MSc EPFL Tel. +41 (0)61 205 03 52 h.krarup@schmidtundpartner.ch	Andreas Walz, Dipl.-Ing. TH Tel. +41 (0)61 205 03 57 a.walz@schmidtundpartner.ch

Änderungsverzeichnis:

Version	Anpassung / Änderung	Datum	Projekting.	Projektleiter
1.0	1. Abgabe	10.08.2026	HK	AW

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemein ... 4
2. Objekt, Gegenstand der Prüfung und Abgrenzungen ... 4
2.1. Projekt - Bezeichnung ... 4
2.2. Objekt ... 4
2.3. Beauftragung ... 5
2.4. Gegenstand der Prüfung ... 5
2.5. Abgrenzung ... 5
2.6. Prüfmethodik ... 5
2.7. Bereinigung am Prüfobjekt während der Prüftätigkeit ... 6
3. Selbstdeklaration ... 6
4. Grundlagen ... 6
4.1. Projektspezifische Grundlagen ... 6
4.2. Normen, Richtlinien, Merkblätter, Weisungen ... 6
4.3. Literatur ... 7
5. Zusammenfassung der Prüfergebnisse ... 7
5.1. Allgemeine Bemerkungen ... 7
5.2. Nutzungsvereinbarung ... 7
5.3. Projektbasis ... 7
5.4. Statische Berechnungen ... 7
5.5. Auflageplan ... 8
6. Empfehlungen und Auflagen ... 8
7. Beilagen ... 8

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

1. Allgemein

Bauherrschaft / Auftraggeber

BLT Baselland Transport AG
Fabiano Rosa
Grenzweg 1, 4104 Oberwil
Tel. +41 (0) 61 406 12 52
Fabiano.rosa@blt.ch

Projektverfasser

Gruner AG
Roland Marty, Simon Leber
St. Jakobs-Strasse 199, 4020 Basel
Tel. +41 (0)61 317 61 61
simon.leber@gruner.ch

Sachverständiger

Schmidt+Partner Bauingenieure AG
Andreas Walz
Bachlettenstrasse 52, 4054 Basel
Tel. +41 (0)61 205 03 57
a.walz@schmidtundpartner.ch

2. Objekt, Gegenstand der Prüfung und Abgrenzungen

2.1. Projekt - Bezeichnung

Gesamterneuerung Leimental, BLT Linie 10/17, Auflageprojekt, Los 3 Stützmauer SNCF (km 0.916 – km 0.956)

2.2. Objekt

Im Rahmen der Gesamterneuerung der BLT-Linie 10/17 wird auf dem Abschnitt zwischen der Haltestelle Basel, Zoo und Binningen, Dorenbach die Kunstbauten entlag der Stecke saniert. Die bestehende Steinkorbwand efüllt die erforderlichen Stabilitätsanforderungen nicht mehr und wird durch eine neue Winkelstützmauer ersetzt. Die geplante Winkelstützmauer erstreckt sich über eine Gesamtlänge von ca. 35 Metern. Ihre Höhe variiert entlang der Strecke: Am höchsten Punkt erreicht die Mauer ca. 3.80 Meter und nimmt anschließend kontinuierlich ab, bis sie am niedrigsten Punkt eine Höhe von ca. 2.85 Metern aufweist.

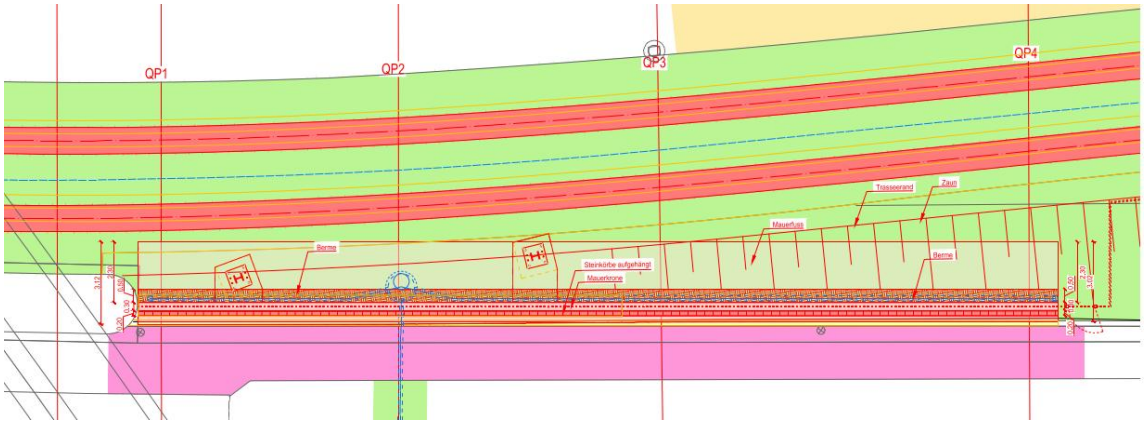


Abb. 1: Situation Winkelstützmauern SNCF

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

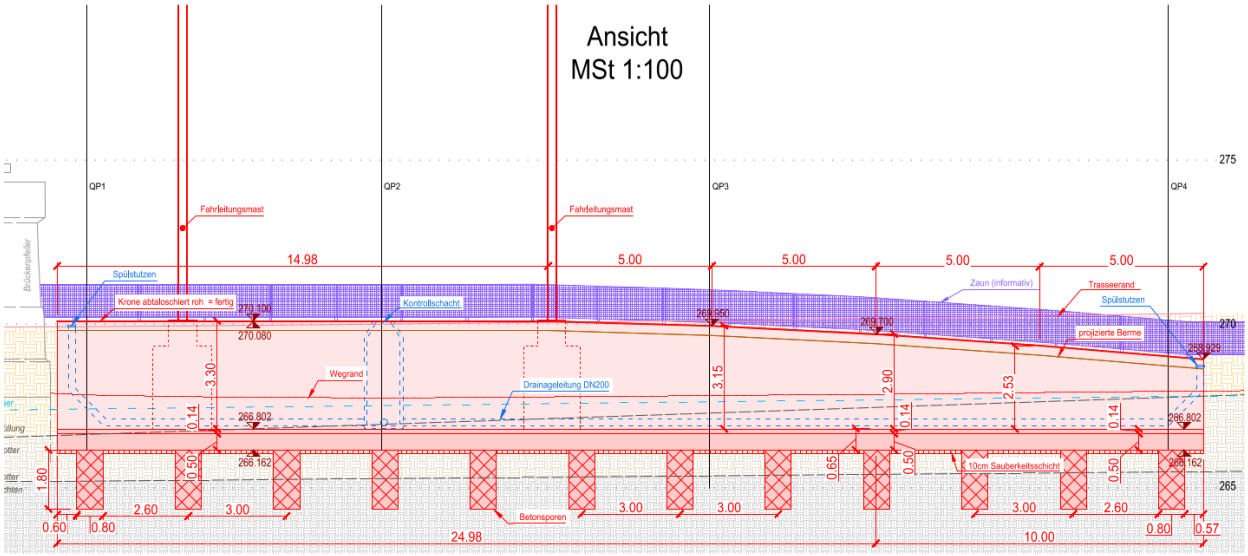


Abb. 2: Ansicht Winkelstützmauern SNCF

2.3. Beauftragung

Der Sachverständige wurde von der BLT mit dem Mandat zur Prüfung des Auflageprojektes: Gesamterneuerung Leimental BLT Linie 10/17, Los 3 Stützmauer SNCF (km 0.916 – km 0.956)

2.4. Gegenstand der Prüfung

Prüfung der Unterlagen vom 30. Juli 2026. Es wurden die Nutzungsvereinbarung (30.07.2026), die Projektbasis (30.07.2026), die statische Berechnung (30.07.2026) und der Massnahmenplan (29.07.2026) begutachtet. Primär wurden das statische Konzept und die Nachweisführung geprüft.

2.5. Abgrenzung

Der vorliegende Bericht bezieht sich auf den überarbeitete Projektstand vom 31. Juli 2026. Die Stellungnahmen und Kommentare beziehen sich ausschliesslich auf die geprüften Dokumente und sind im Anhang zum vorliegenden Prüfbericht zu finden.

2.6. Prüfmethodik

Zur Plausibilisierung der Berechnungen des Projektverfassers wurden statische Vergleichsberechnungen erstellt. Zu diesem Zweck hat der Sachverständige anhand eines Modells der Stützmauer mit Hilfe von DC Winkel als auch von «Hand» konzeptionelle Betrachtungen und statische Berechnungen durchgeführt. Die Berechnungen des Prüfingenieurs haben überschlägigen Charakter. Die Übereinstimmung der statischen Berechnungen mit der Nutzungsvereinbarung und der Projektbasis wurden geprüft.

Die Nutzungsvereinbarung und die Projektbasis wurden auf Vollständigkeit und Normkonformität (Nutzungszustände, Gefährdungsbilder und Einwirkungen) geprüft. Die Gewährleistung der Nutzungsziele in Hinblick auf die Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit wurden geprüft.
Die Bauzustände und deren Zweckmässigkeit waren ebenfalls Bestandteil der Prüfung. Es wurden Vergleichsrechnungen und Überprüfungen der statischen Berechnungen des Projektverfassers vorgenommen.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Die Pläne wurden auf Richtigkeit, Vollständigkeit, Normkonformität, Umsetzung der Ergebnisse der statischen Berechnungen sowie deren konstruktiven Details geprüft.

2.7. Bereinigung am Prüfobjekt während der Prüftätigkeit

Auf Wunsch der Bauherrschaft wurde die Prüftätigkeit des Sachverständigen mit dem Beginn der Projektierungsarbeiten gestartet. Ziel war eine enge Begleitung des Projektverfassers mit Präsentation und Diskussion der Zwischenergebnisse. In den ersten Schritten wurden die Nutzungsvereinbarung und die Projektbasis bereinigt. Im Weiteren wurden dann Schritt für Schritt die statischen Berechnungen und die Massnahmenvorschläge besprochen.

3. Selbstdeklaration

Der beauftragte Sachverständige bestätigt über die erforderliche Erfahrung, Expertise und Kenntnisse in der Beurteilung und Prüfung von durch Gleise genutzter Infrastrukturobjekte zu verfügen.

4. Grundlagen

Die Prüfung erfolgt auf Grundlage der Projektunterlagen des Projektverfassers (einschliesslich älterer Versionen, im Folgenden nicht aufgelistet) und der geltenden Normenwerke und Richtlinien.

4.1. Projektspezifische Grundlagen

[D1] Gruner AG «Stützmauer SNCF, Auflageprojekt, km 0.916 – km 0.956, Nutzungsvereinbarung», V0, 30.07.2026
[D2] Gruner AG «Stützmauer SNCF, Auflageprojekt, km 0.916 – km 0.956, Projektbasis», V0, 30.07.2026
[D3] Gruner AG «Stützmauer SNCF, Auflageprojekt, km 0.916 – km 0.956, statische Berechnungen», V0, 30.07.2026
[D4] Gruner AG «Objektplan – Stützmauer SNCF, Auflageprojekt», 29.07.2026
[D5] BLT – Projektierungsrichtlinie, Bemessung von Fahrleitungsmastfundamenten, V1.0, BLT AG, 30.09.2024

4.2. Normen, Richtlinien, Merkblätter, Weisungen

[N1] Norm SIA 260 «Grundlagen der Projektierung von Tragwerken», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2013
[N2] Norm SIA 261 «Einwirkungen auf Tragwerke», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2020
[N3] Norm SIA 261/1 «Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2020
[N4] Norm SIA 262 «Betonbau», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2025
[N5]
[N6] Richtlinie «Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung» (AB-EBV), Bundesamt für Verkehr (BAV), Bern, 21.05.2024
[N7] Richtlinie «Projektierungshandbuch für Ingenieure – Neubau und Erhaltung von Kunstbauten» (PHI), Kantone AG, BS, BL, SO, 26.05.2023
[N8] WAV 332 Betonbau, «Ausführungsvorschriften für Bauarbeiten», TBA BS (Vers. 5, 30. Juni 2023)

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

[N9] Norm SIA 118/262 Allgemeine Bedingungen für Betonbau, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2026

4.3. Literatur

[L1] Fédération internationale du béton (fib), «*fib Model Code for Concrete Structures 2020*», Ernst & Sohn, Lausanne, 2024

5. Zusammenfassung der Prüfergebnisse

5.1. Allgemeine Bemerkungen

Die Stellungnahmen und Kommentare des Sachverständigen beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Dokumente, die im Kapitel 4 angegeben sind. Unsere Anmerkungen sind im Kapitel 5 zusammengefasst und werden in der Beilage B in tabellarischer Form mit einer Wertung (Bemerkung, Empfehlung, Forderung und redaktionelle Anforderung) und Massnahmenvorschlag detailliert aufgelistet.

Die Ergebnisse der Vergleichsstatik werden im Kapitel 5.4 zusammengefasst und detailliert in der Beilage B mit Wertung und Massnahme aufgelistet. Eine Dokumentation der Vergleichsstatik ist der Beilage A zu entnehmen.

Bereinigte Kommentare sind entweder durchgestrichen in der Tabelle vorhanden oder wurden aus der Tabelle gelöscht.

5.2. Nutzungsvereinbarung

Die Nutzungsvereinbarung ist bereinigt. Die Bemerkung des Sachverständigen sind eingeflossen.

5.3. Projektbasis

Die Projektbasis ist bereinigt. Die Bemerkung des Sachverständigen sind eingeflossen. Die Bemerkungen sind diesem Bericht in Tabellenform in der Beilage angefügt.

5.4. Statische Berechnungen

Der Sachverständige prüft im Grundsatz die Vorgehensweise, die Eingangsparameter und die Nachweisführung der statischen Berechnungen des Projektverfassers. Die Ergebnisse der FE-Berechnung können nur qualitativ beurteilt werden. Die eigentliche Prüfung erfolgt mit der Vergleichsstatik.

Die Prüfung des Neubaus erfolgt auf dem aktuellen Stand der Unterlagen des Projektverfassers (siehe Kap. 4.1). Das gewählte statische Modell ist dem vorhandenen Tragwerk geschuldet und zweckmässig. Es entspricht im Grundsatz den Modellen des Sachverständigen aus der Prüfstatik vom 12.05.2026.

Als Grundlage für die Prüfung dient die Prüfstatik vom 30.06.2026. Das damalige Projekt der Stützmauer des Projektverfassers wurde vom Sachverständigen mit Sporen ergänzt. Auf Widerstands- und Einwirkungsseite des Erdruckes waren im Projekt des Projetverfassers Korrekturen auf Grundlage der ABEBV notwendig.

Das heutige Auflageprojekt erfüllt die normativen Anforderungen im Grenzzustand der Tragsicherheit und im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit. Die Bemerkungen des Sachverständigen sind diesem Bericht in Tabellenform in der Beilage angefügt.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

5.5. Auflageplan

Der Auflageplan [D4] bietet eine Übersicht über das geplante Bauwerk. Die Details der geplanten Massnahmen sind ausreichend im Bau- und Endzustand dargestellt. Die Bemerkungen des Sachverständigen sind diesem Bericht in der tabellarischen Zusammenfassung in der Beilage B angefügt.

6. Empfehlungen und Auflagen

Das vorliegend bereinigte Projekt kann unter Berücksichtigung der in der Beilage B tabellarisch aufgelisteten Punkte zur Umsetzung empfohlen werden. Die Stellungnahmen und Kommentare beziehen sich ausschliesslich auf die geprüften Dokumente und sind in der Beilage zum vorliegenden Prüfbericht zu finden. Die statischen Vergleichsberechnungen des Sachverständigen bestätigen die vom Projektverfasser vorgeschlagene Stützkonstruktion. Die vorgeschlagenen baulichen Massnahmen sind den Randbedingungen geschuldet, sinnvoll und erfüllen die normativen Anforderungen.

7. Beilagen

A: Vergleichsstatik (30.06.2026)

B: Tabellarische Zusammenstellung der Bemerkungen / Empfehlungen und Forderungen

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

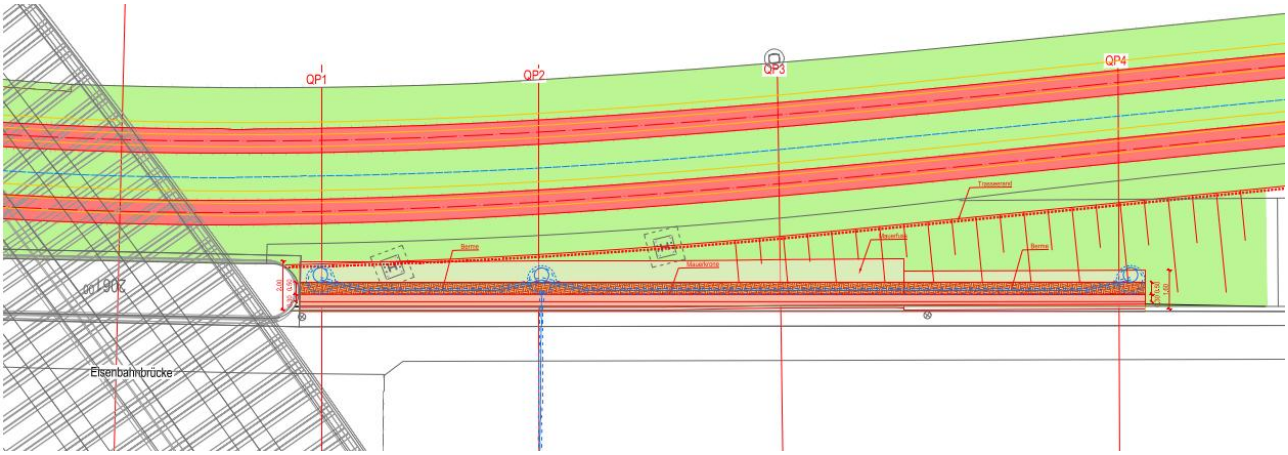
Beilage A

HAUPTSITZ:
4054 Basel
Bachlettenstrasse 52
Tel. 061 205 03 50
Fax 061 205 03 55
info@schmidtundpartner.ch
www.schmidtundpartner.ch

FILIALEN:
4106 Therwil BL
Gempenstrasse 3
5400 Baden AG
Mellingerstrasse 1
3628 Uttigen BE
Flurweg 12

W. Schmidt Dr. Ing. ETH/SIA
L. Abt dipl. Ing. ETH/SIA
A. Antoniadis dipl. Bauleiter / REG C
T.R. Meier dipl. Ing. ETH/SIA
B. Trost Dr. Ing. ETH/SIA
A. Walz dipl. Ing. TH/SIA

SCHMIDT PARTNER BAUINGENIEURE AG



Gesamterneuerung Leimental
BLT-Linie 10/17
Auflageprojekt
Stützmauer SNCF (km 0.916 – km 0.956)

BLT Baselland Transport AG, Grenzweg 1, 4104 Oberwil

Sachverständigenprüfung – Prüfstatik

Projektnummer (intern): 3298

Basel, den 30.06.2026

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Impressum:

Adressen:

Bauherrschaft	BLT Baselland Transport AG Fabiano Rosa Grenzweg 1, 4104 Oberwil Tel. +41 (0) 61 406 12 52 Fabiano.rosa@blt.ch
Projektverfasser	Gruner AG Simon Leber / Roland Marty St. Jakobs-Strasse 199, 4020 Basel Tel. +41 (0)61 317 61 61 simon.leber@gruner.ch
Sachverständiger	Schmidt+Partner Bauingenieure AG Andreas Walz Bachlettenstrasse 52, 4054 Basel Tel. +41 (0)61 205 03 50 a.walz@schmidtundpartner.ch

Verfasser:

Name:	Helen Krarup, MSc EPFL Tel. +41 (0)61 205 03 52 h.krarup@schmidtundpartner.ch	Andreas Walz, Dipl.-Ing. TH Tel. +41 (0)61 205 03 57 a.walz@schmidtundpartner.ch

Änderungsverzeichnis:

Version	Anpassung / Änderung	Datum	Erstellt	Geprüft
1.0	1. Fassung	30.06.2026	HK	AW

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung der Ergebnisse 4
1.1. Tabellarische Gegenüberstellung der Erfüllungsgrade 4
1.2. Zusammenfassung 4
2. Einleitung 5
2.1. Objekt und Bauvorhaben 5
2.2. Geologie 5
2.3. Umfang der Prüfung 6
3. Grundlagen 7
3.1. Projektspezifische Grundlagen 7
3.2. Normen, Richtlinien, Merkblätter, Weisungen 7
4. Modellbildung 8
4.1. Materialkennwerte 8
4.2. Baugrundverhältnisse 8
4.3. Tragwerksmodell 8
5. Einwirkungen 9
5.1. Ständige Einwirkungen 9
5.1.1. G_1 – Eigengewicht 9
5.1.2. G_2 – Auflast Erde 9
5.1.3. G_3 – Auflast Belag Fahrbahn 9
5.1.4. G_4 – Erddruck 9
5.2. Veränderliche Einwirkungen 10
5.2.1. Q_1 – Schienenverkehrslasten 10
5.2.2. Q_2 – Temperatur 11
5.2.3. Q_3 – Schneelasten 11
5.3. Aussergewöhnliche Einwirkungen 12
5.3.1. A_1 – Trammentgleisung 12
5.3.2. A_2 – Trammentgleisung 13
5.3.3. A_2 – Erdbeben 13
5.4. Lastfallkombination / Gefährdungsbilder 14
5.4.1. Grenzzustand der Tragsicherheit 14
5.4.2. Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit 14
6. Nachweise 15
6.1. DC-Winkel QP 1, 2, 3 15
6.2. Handrechnung Kippen und Gleiten QP 1, 2, 3 18
6.3. DC-Winkel QP 4 20

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

1. Zusammenfassung der Ergebnisse

1.1. Tabellarische Gegenüberstellung der Erfüllungsgrade

Grenzzustand, Bauteil, Nachweis	Zielwert	Ausnutzungsgrad $\eta = E_d / R_d$	
		PV	SV
GZT Typ 1			
Kippen			
Stützmauer QP 1,2,3,4	< 1,0	Erfüllt	Erfüllt
GZT Typ 2			
Gleiten			
Stützmauer QP 1,2,3	< 1,0	0,86	0.99
Stützmauer QP 4	< 1,0	Erfüllt	0,7
Grundbruch			
Stützmauer QP 1,2,3	< 1,0	0,97	0,97
Stützmauer QP 4	< 1,0	Erfüllt	0,6
GZT Typ 3			
Geländebruch			
Stützmauer QP 1,2,3,4	< 1,0	Erfüllt	Erfüllt

Tabelle 1 Ausnutzungsgrade der Nachweise

1.2. Zusammenfassung

Die Prüfstatik bezieht sich auf den Projektstand vom 09.04.2026. Die relevanten Nachweise im GZT und GZG konnten mit durch den Sachverständigen unter der Fundation der Winkelstützmauer zusätzlich angeordneten Sporen erbracht werden. Der Projektverfasser hat die Prüfstatik erhalten und wird sein Projekt entsprechend den vorgeschlagenen Verbesserungen (Sporen) anpassen.

Über den erfolgten Austausches wurde per E-Mail ein Zwischenstand am 30.06.2026 kommuniziert. Diese aktualisierten Abmessungen wurden übernommen und die statische Berechnung entsprechend an diese neuen Abmessungen angepasst.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

2. Einleitung

2.1. Objekt und Bauvorhaben

Im Rahmen der Gesamterneuerung der BLT-Linie 10/17 wird auf dem Abschnitt zwischen der Haltestelle Basel, Zoo und Binningen, Dorenbach die Kunstbauten entlag der Stecke saniert. Die bestehende Steinkorbwand efüllt die erforderlichen Stabilitätsanforderungen nicht mehr und wird durch eine neue Winkelstützmauer ersetzt. Mit dem Projekt wurde Gruner AG beauftragt.

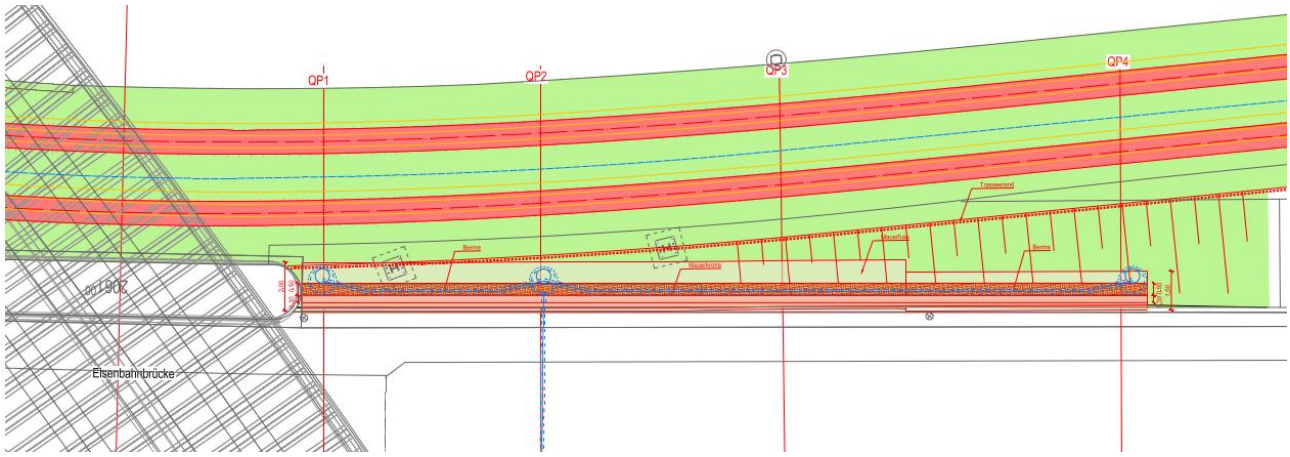


Abbildung 1 Situation Winkelstützmauern SNCF

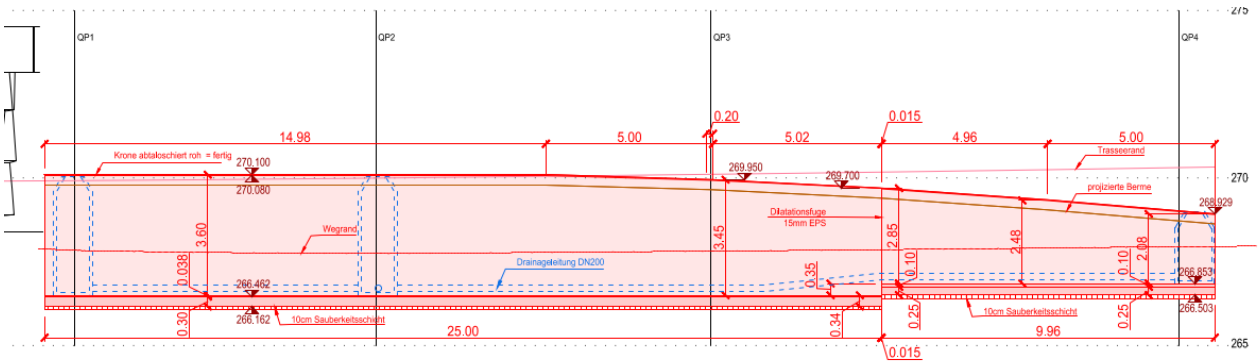
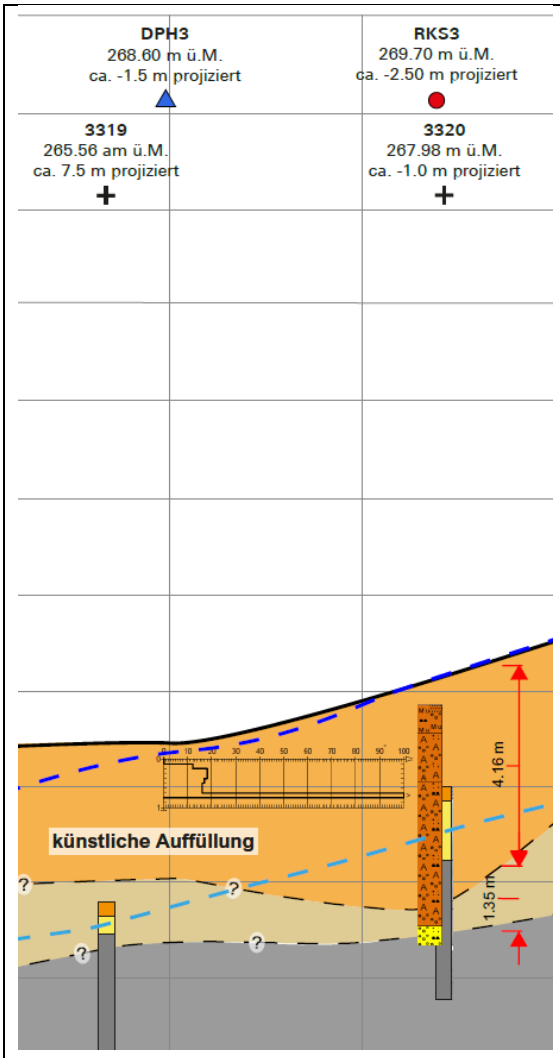


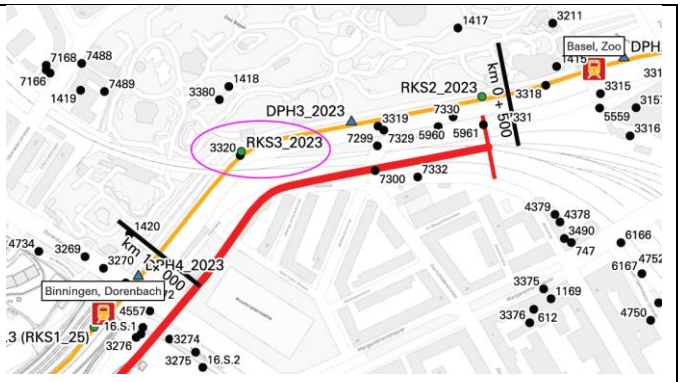
Abbildung 2 Ansicht Winkelstützmauern SNCF

2.2. Geologie

Im Bereich der Stützmauer gibt es eine Rammkernsondierung. In dem oberen Bereich ist die künstliche Auffüllung anzutreffen auf ca. 4.5m danach eine Bodenschicht des Lokalschotters ca. 1.5m und dann folgt die Meletta-Schicht.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C





2.3. Umfang der Prüfung

Die Schmidt+Partner Bauingenieure AG ist als Sachverständiger (Prüfingenieur) beauftragt, das Projekt von Gruner AG zu prüfen. Die grundlegenden Projektdokumente (Nutzungsvereinbarung, Projektbasis, statische Berechnung) wurden begutachtet und die wesentlichen statischen Nachweise wurden durch den Prüfingenieur anhand von Vergleichsrechnungen plausibilisiert. Zu diesem Zweck wurde ein eigenes statisches Modell in DC Winkel erstellt und überschlägige Handrechnungen geführt.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

3. Grundlagen

Die Prüfung erfolgt auf Grundlage der Projektunterlagen des Projektverfassers (einschliesslich älterer Versionen, im Folgenden nicht aufgelistet) und der geltenden Normenwerke und Richtlinien.

3.1. Projektspezifische Grundlagen

[D1] Geotechnisches Institut (22.10.25) Basel-Ettingen, BLT Linie 10/17, Fahrbahnerneuerung. Baugrunduntersuchung

[D2] Gruner AG «Stützmauer SNCF, Auflageprojekt, km 0.916 – km 0.956, Nutzungsvereinbarung», 09.04.2026

[D3] Gruner AG «Stützmauer SNCF, Auflageprojekt, km 0.916 – km 0.956, Projektbasis», 09.04.2026

[D4] Gruner AG «Stützmauer SNCF, Auflageprojekt, km 0.916 – km 0.956, statische Berechnungen», 09.04.2026

[D5] Gruner AG «Objektplan – Stützmauer SNCF, Bauprojekt», 24.03.2026

3.2. Normen, Richtlinien, Merkblätter, Weisungen

[N1] Norm SIA 260 «*Grundlagen der Projektierung von Tragwerken*», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2013

[N2] Norm SIA 261 «*Einwirkungen auf Tragwerke*», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2020

[N3] Norm SIA 261/1 «*Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen*», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2020

[N4] Norm SIA 262 «*Betonbau*», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2025

[N5] Norm SIA 262/1 «*Betonbau – Ergänzende Festlegungen*», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2019

[N6] Norm SIA 267 «*Geotechnik*», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2013

[N7] Norm SIA 267/1 «*Geotechnik– Ergänzende Festlegungen*», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2013

[N8] Richtlinie «*Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung*» (AB-EBV), Bundesamt für Verkehr (BAV), Bern, 21.05.2024

[N9] Richtlinie «*Projektierungshandbuch für Ingenieure – Neubau und Erhaltung von Kunstbauten*» (PHI), Kantone AG, BS, BL, SO, 26.05.2023

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

4. Modellbildung

4.1. Materialkennwerte

Beton gemäss SN EN 206: NPK F Sorte G C30/37
Betonstahl der Duktilitätsklasse B (B500B)

4.2. Baugrundverhältnisse

Boden	Eigenschaften
Hinterfüllung, verdichtet *Hinter Stützwand, bis UK Fundament*	γ = 21 kN/m^3 φ' = 30° ; c'= 0 kN/m^2 $M_{E,1}$ = 10 MN/m^2
Künstliche Auffüllungen *Hinter und vor Stützmauer*	γ = 20 kN/m^3 φ' = 30° ; c'= 0 kN/m^2 $M_{E,1}$ = 10 MN/m^2
Lokalschotter *ca. ab -3.3m unter Terrain*	γ = 21 kN/m^3 φ' = 34° ; c'= 0 kN/m^2 $M_{E,1}$ = 25 MN/m^2
Meletta-Schichten *ca. ab -6m unter Terrain*	γ = 21 kN/m^3 φ' = 23° ; c'= 0 kN/m^2 $M_{E,1}$ = 60 MN/m^2

Tabelle 2 Angenommene Baugrundeigenschaften

4.3. Tragwerksmodell

Die Stützmauer wird als Winkelstützmauer mit Sporen ausgebildet. Die Berechnungen der Stützmauern werden im Computerprogramm DC-Winkel durchgeführt. Die Stützmauer wird im DC-Winkel ohne Sporen berechnet. DC-Winkel nimmt den Sporen auf die gesamte Länge der Stützmauer an und der Sporen mit b=0.8m @3m aktiviert den Boden nicht auf der gesamten Länge. Es werden die resultierenden Kräfte aus DC-Winkel herausgelesen und der Sporen wird mittels Handrechnung berücksichtigt.

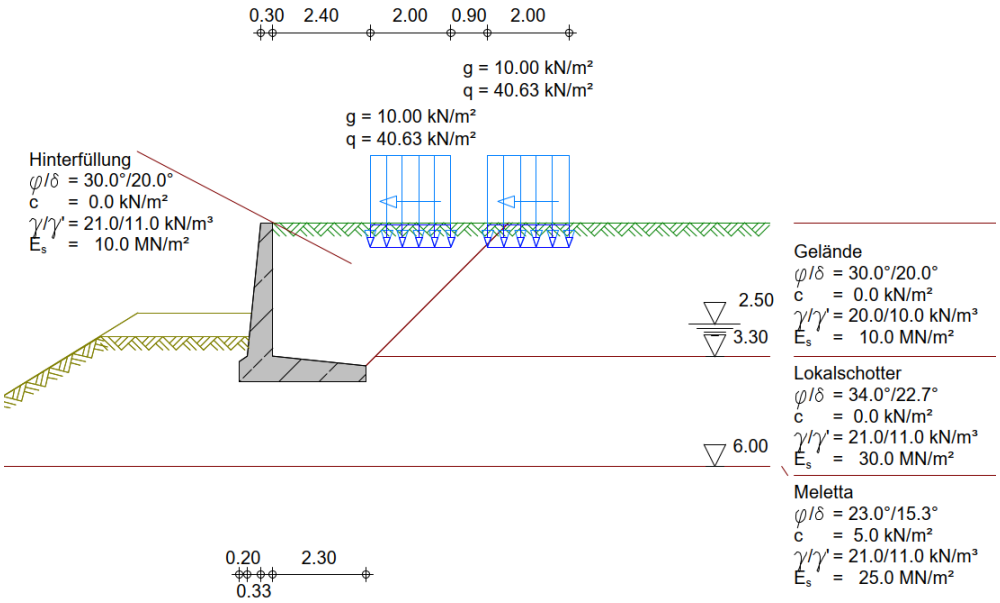


Abbildung 3 Winkelstützmauer im DC-Winkel ohne Sporen

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

5. Einwirkungen

5.1. Ständige Einwirkungen

5.1.1. G_1 – Eigengewicht

Das Gewicht der Stahlbetonbauteile wird mit γ_c = 25 kN/m^3 berücksichtigt.

5.1.2. G_2 – Auflast Erde

Das Gewicht der Erde wird mit γ_E = 21 kN/m^3 berücksichtigt.

5.1.3. G_3 – Auflast Belag Fahrbahn

Die Auflast der Fahrbahn wird mit ca. 25 kN/m^3 und einer Aufbauhöhe von 40cm berücksichtigt
gk = 25*0.4 = 10 kN/m^2

5.1.4. G_4 – Erddruck

AB EBV: 10.2.4 Stützbauwerke mind. der erhöhte aktive Erddruck.

Im Grenzzustand der Tragsicherheit wird der erhöht aktiven Erddruck angesetzt. Auf der luftzugewandten Seite der Stützmauer wird der passive Erddruck mit 50% auf einer Höhe abzüglich der Leitungsgrabentiefe (von 0.6m) angesetzt. Der passive Erddruck auf den Sporen wird berücksichtigt.

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit wird der Erdruhedruck verwendet.

Die Erddruckbeiwerte für den erhöht aktiven Erddruck werden entsprechend dem inneren Reibungswinkel der Hinterfüllung von φ'_k = 30° mit $K_{a,h}$ = 0,28 und K_0 = 0.5 angesetzt.

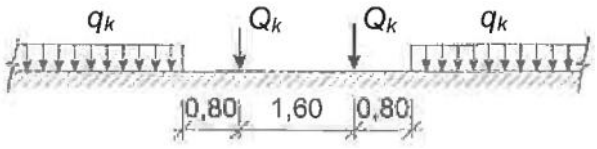
Die Beiwerte für den passiven Erddruck werden bei der künstlichen Auffüllung von φ'_k = 30° und β=-25° mit $K_{p,h}$ = 1.39 angesetzt und bei der Meletta Schicht von φ'_k = 23° und β=-20° mit $K_{p,h}$ = 1.28.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

5.2. Veränderliche Einwirkungen

5.2.1. Q_1 – Schienenverkehrslasten

Um den Tramverkehr abzubilden wird das Schienenverkehrslastmodell 4 gem. SIA 261, Ziffer 12.2.1 [N2] verwendet.



Q_k in kN	q_k in kN/m
130	25

Abbildung 4 Lastmodell 4 gem. SIA 261, Ziffer 12.2.1 [N2]

Der dynamische Beiwert für Stützmauern ist gem. SIA 261, Ziffer 11.3.1.6 Φ = 1,0.

Die Tramlasten werden auf beiden Gleisen angenommen und die Punktlast auf die Schwelle verschmiert berücksichtigt. Qk = 130 kN / 2m*1.6m = 40.6 kN/m^2

Für die Handrechnung wird der horizontale Erddruck infolge des Schienenverkehrs innerhalb der Ausbreitungsgrenzen φ'_k und 45 + $\varphi'_k/2$ modelliert.

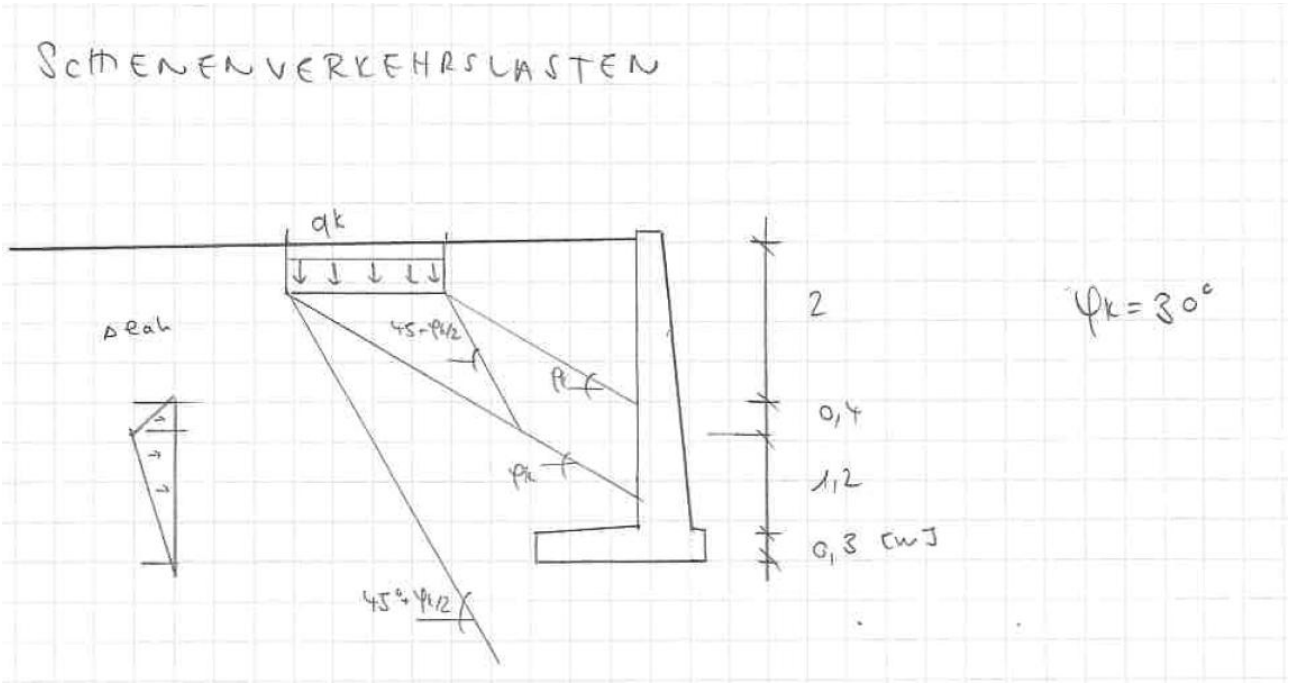


Abbildung 5 Schienenlasten auf die Stützmauer

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Die Schlingerkraft wird horizontal in der Gleisebene mit QS_K = 50 kN berücksichtigt.

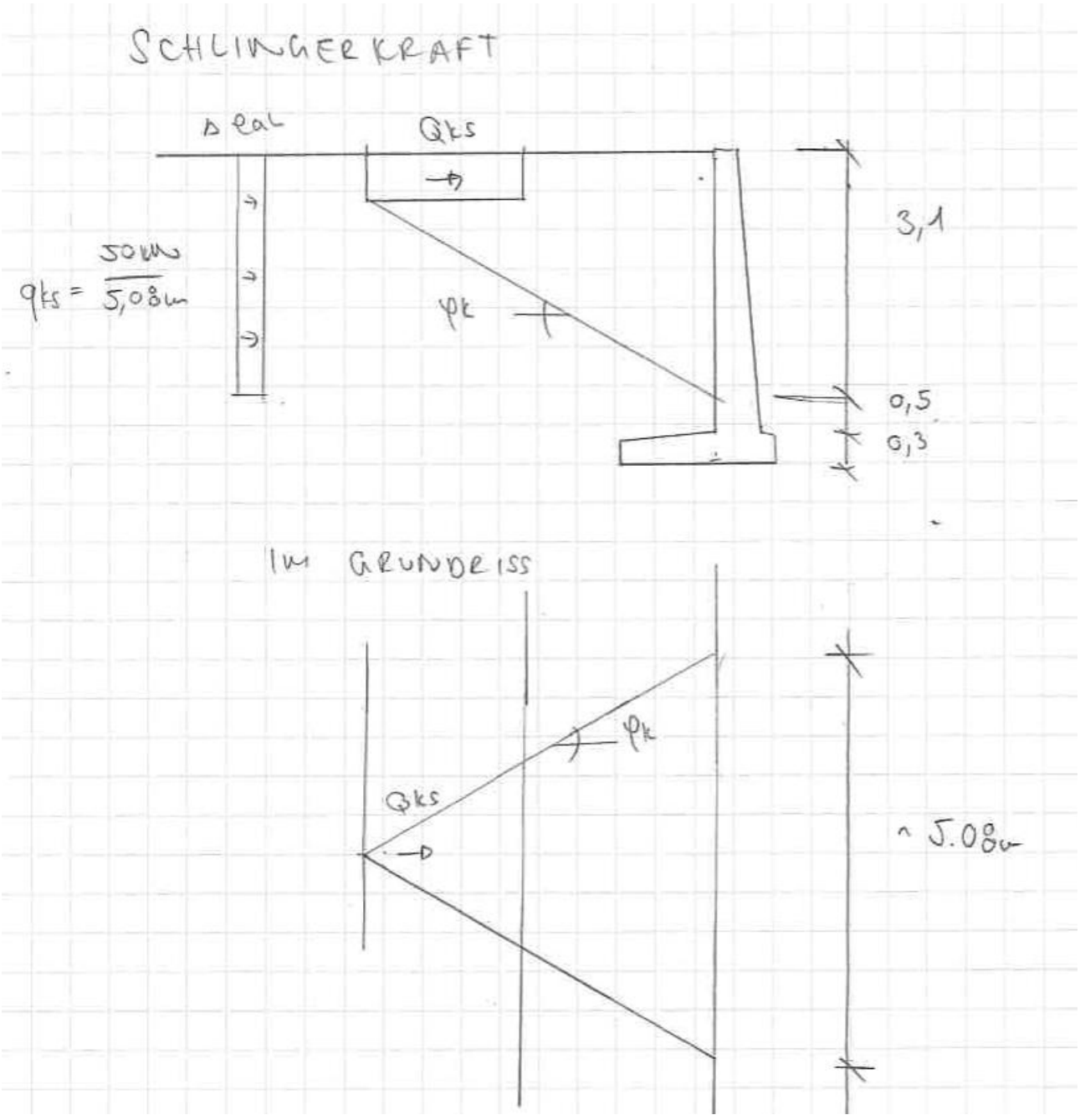


Abbildung 6 Schlingerkraft auf die Stützmauer

5.2.2. Q_2 – Temperatur

Nicht massgebend

5.2.3. Q_3 – Schneelasten

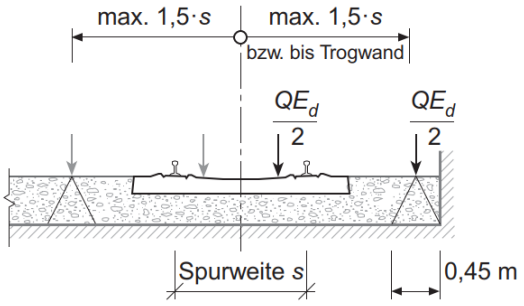
Nicht massgebend

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

5.3. Aussergewöhnliche Einwirkungen

5.3.1. A_1 – Tramentgleisung

Das Gefährdungsbild einer Entgleisung wird anhand des Entgleisungslastmodell 1 gem. SIA 261, Tab. 19 berücksichtigt. abgebildet.



1	
qE_d in kN/m	QE_d in kN
35	180

Abbildung 7 Querverteilung und Lasten des Entgleisungslastmodells gem. SIA 261, Ziffer 12.5

Bei der entgleisten Tramlast wird eine Punktlast noch im Schienenbett angenommen und auf das Schienenbett (2mx1.6m) verschmiert. Bei der anderen Punktlast wird die Ausbreitung auf die Stützmauer berücksichtigt.

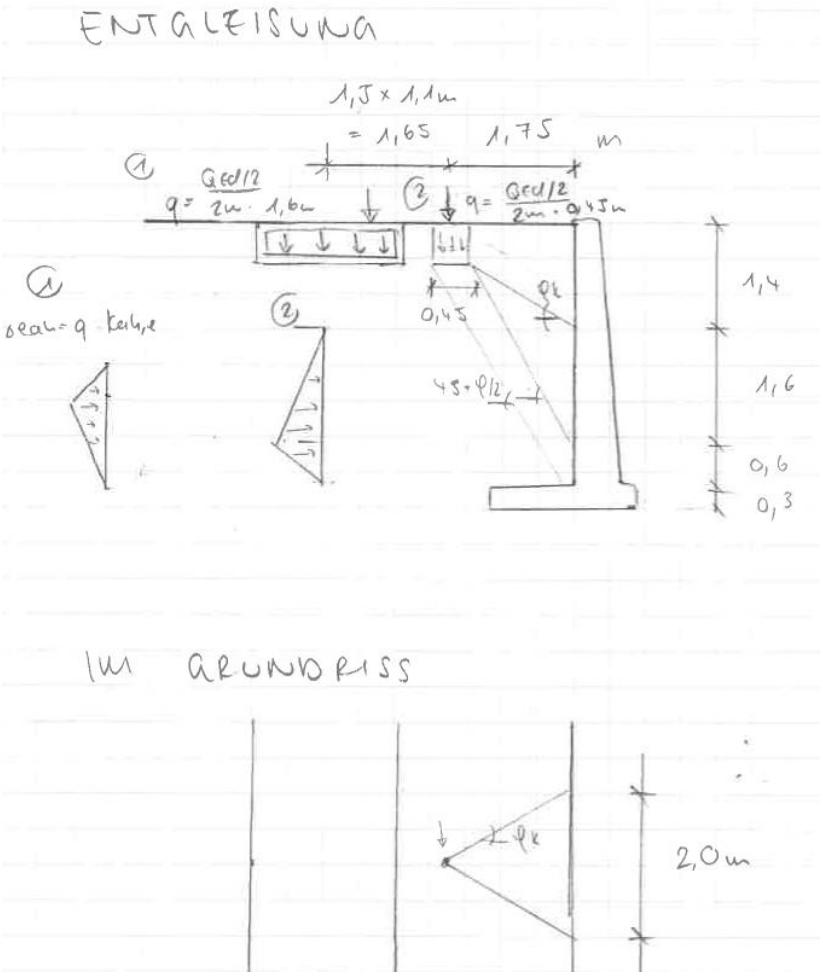


Abbildung 8 Entgleiste Last auf die Stützmauer

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

5.3.2. A_2 – Tramentgleisung

Das Gefährdungsbild einer Entgleisung wird anhand des Entgleisungslastmodell 2 gem. SIA 261, Tab. 19 berücksichtigt. abgebildet.

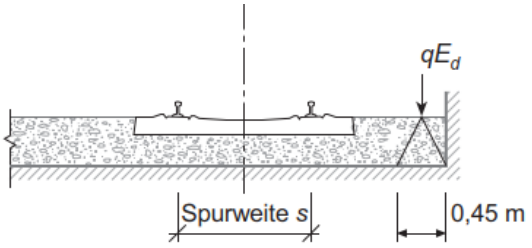


Abbildung 9 Querverteilung und Lasten des Entgleisungslastmodells gem. SIA 261, Ziffer 12.5

Die Belastung wird wie beim Entgleisungslastmodell 1 im Abstand von 1.75 m zu der Stützmauer als Linienlast von q_{Ed} = (25kN/m*1.4)/0.45m = 77.8 kN/m^2 angenommen.

Massgebend ist die Tramentgleisung A_1.

5.3.3. A_2 – Erdbeben

Zone Z3a	a_{gd} = 1.3 m/s2
BWK II	γ_f = 1.2
Baugrundklasse	A

Ersatzkraft

Stützmauer Typ 1	Masse: 43.2 kN/m + 91 kN/m	
	Bemessungsspektrum auf Plateau-Wert	Sd = 0.265
	E = m*Sd = 134.2 kN/m* 0.265 = 35.5 kN/m	< Schlingerkraft
Stützmauer Typ 2	Masse: 34.8 kN/m + 60.9 kN/m	
	Bemessungsspektrum auf Plateau-Wert	Sd = 0.265
	E = m*Sd = 95.7 kN/m* 0.265 = 25.4 kN/m	< Schlingerkraft

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

5.4. Lastfallkombination / Gefährdungsbilder

5.4.1. Grenzzustand der Tragsicherheit

Gemäss SIA 260(2013), Ziffer 4.4.3 und SIA 267(2013), Ziffer 8.5.2.4 gelten für den Grenzzustand der Tragsicherheit die folgenden Überprüfungssituationen und Lastbeiwerte:

$E_d = E\{\gamma_G G_k + \gamma_{Q1} Q_{1,k} + \psi_{0i} Q_{i,k}\}$ *(andauernde und vorübergehende Überprüfungssituation)* *(1)*

$E_d = E\{G_k + A_d + \psi_{2i} * Q_{i,k}\}$ *(aussergewöhnliche Überprüfungssituation)* *(2)*

	$G_{1,k}$	$G_{2,k}$	$G_{3,k}$	$G_{4,k}$	$Q_{1,k}$	$Q_{2,k}$	A_d
GZT Typ 1 nach ***(1)***	1,10 0,90	1,10 0,90	1,10 0,90	1,35 0,80	1,45 -	-	-
GZT Typ 2 nach ***(1)***	1,35 1,00	1,35 1,00	1,35 1,00	1,35 0,70	1,45 -	-	-
GZT nach ***(2)*****, Entgleisung**	1,00	1,00	1,00	1,00	-	-	1,00
GZT Typ 3 nach ***(1)***	1,00	1,00	1,00	1,00	1,25 -	-	-

Tabelle 3 Zusammenfassung der Last- und Reduktionsbeiwerte der massgebenden Überprüfungssituationen im GZT

- Typ 1: Gesamtstabilität des Tragwerkes (Kippen)
- Typ 2: Erreichen des Tragwiderstandes (Gleitsicherheit, Tragfähigkeit)
- Typ 3: Tragwiderstand des Baugrundes (Geländebruch)

5.4.2. Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Gemäss SIA 260, Ziffer 4.4.4 gelten für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit die folgenden Überprüfungssituationen:

$E_d = E\{G_k + Q_{1,k} + \psi_{0i} * Q_{i,k}\}$ *(seltene Überprüfungssituation)* *(3)*

$E_d = E\{G_k + \psi_{11} * Q_{1,k}\}$ *(häufige Überprüfungssituation)* *(4)*

$E_d = E\{G_k + \psi_{2i} * Q_{i,k}\}$ *(quasi-ständige Überprüfungssituation)* *(5)*

	$G_{1,k}$	$G_{2,k}$	$G_{3,k}$	$G_{4,k}$	$Q_{1,k}$	$Q_{2,k}$	$A_{1,d}$
GZG selten ***(3)***	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00 -	-	-
GZG häufig ***(4)***	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00 -	-	-
GZG quasi-ständig ***(5)***	1,00	1,00	1,00	1,00	-	-	-

Tabelle 4 Zusammenfassung der Last- und Reduktionsbeiwerte der massgebenden Überprüfungssituationen im GZG

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

6. Nachweise

Die Stützmauer wird im DC-Winkel ohne Sporen berechnet. DC-Winkel nimmt den Sporen auf die gesamte Länge der Stützmauer an und der Sporen mit b=0.8m @3m aktiviert den Boden nicht auf der gesamten Länge. Es werden die resultierenden Kräfte aus DC-Winkel herausgelesen und der Sporen wird mittels Handrechnung berücksichtigt.

Der Lastfall Entgleisen wurde geprüft und ist nicht massgebend.

6.1. DC-Winkel QP 1, 2, 3

Gleitnachweis

Auszug aus DC-Winkel. Bei den Bemessungswerten wird der Erddruck auf den Sporen und das Gewicht des Sporens berücksichtigt und der Nachweis so neu geführt.

Nachweis der Gleitsicherheit im GZ Typ 2

		Charakteristisch	Bemessungswerte
Belastung T	=	101.26 kN	122.30 kN
Erdwiderstand E_p (50%)	=	18.54 kN	13.24 kN
Belastung V	=	230.52 kN	
Reibungswinkel Sohle δ	=	22.67 °	19.19 °
Kohäsion c	=	0.00 kN/m²	
Gleitwiderstand R_t	=	96.27 kN	80.22 kN
Nachweis: T_d / ($R_{t,d}$ + $E_{p,d}$)	=	1.31 > 1.0	*** **Nachweis nicht erfüllt** ***

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Bemessung Sporen:

WERTE AUS DC-WINKEL							
Belastung Td	122	kN					
Belastung V	231	kN					
Belastung V + Sporen	267	kN					
Erdwiderstand Ep (50%)	13	kN					
δk	23.0	°					
Gleitwiderstand Rd	95	kN					
ERDDRUCK AUF SPOREN							
Sporenabstand	at [m]	3					
fiktive Breite	b' [m]	0.8			b' [m]	0.8	
Einbindetiefe	t [m]	0.9			t [m]	0.9	
Lokalschotter				*Meletta*			
γ_k	[kN/m^3]	11		γ_k	[kN/m^3]	11	
ϕ_k	[°]	34		ϕ_k	[°]	23	
ϕ_k	[rad]	0.59		ϕ_k	[rad]	0.40	
δ_k	[°]	-17.0		δ_k	[°]	-11.5	
δ_k	[rad]	-0.30		δ_k	[rad]	-0.20	
β	[rad]	-0.3		β	[rad]	-0.3	
α	[rad]	0.0		α	[rad]	0.0	
Kp [-] =		2.44		Kp [-] =		1.28	
kph [-] =		2.33		kph [-] =		1.26	
c		0		c		5	
2*√Kp *c		0.0		2*√Kp *c		11.2	
	Eph	4.2	kN/m	Eph	t=0.9	7.9	kN/m
					t=1.8	14.6	kN/m
					total	11.2	kN/m
passiver Erddruck (50%)	Eph	15.4	kN/m				
GLEITEN NACHWEIS							
Td/(Rd+Ep)	0.99	<	1	erfüllt			

Grundbruch

Auszug aus DC-Winkel. Bei den Bemessungswerten wird der Erddruck auf den Sporen und das Gewicht des Sporens berücksichtigt. Bei der Überlagerungstiefe wird die Sporentiefe berücksichtigt.

Nachweis der Grundbruchsicherheit im GZ Typ 2
Böschung von 3.57 m bis 7.93 m, Höhe -2.46 m

Belastung		Charakteristisch	Bemessungswerte
Auflast P	=	8068.09 kN	10996.23 kN
Horizontallast H	=	2895.24 kN	3817.05 kN
Moment M	=	2130.74 kNm	3535.91 kNm
Neigung der Resultierenden tan(δ_S) = H/V	=	0.35	

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Eingabedaten		Einheit	Wert
Reibungswinkel k	ϕ_k	°	23.0
Sicherheitsbeiwert	γ_ϕ	-	1.2
Reibungswinkel d	ϕ_d	°	19.48
Kohäsion	c	kN/m^2	5.00
Raumgewicht Auffüllung	γ	kN/m^3	21.0
Raumgewicht unter Fundament	γ	kN/m^3	11.0
wirksame Fundamentbreite	b	m	3.10
wirksame Fundamentlänge	l	m	35.00
Tiefe der Überlagerung	t	m	2.90
wirksame Auflast	q	kN/m^2	0.00
resultierende Horizontalkraft	Td	kN	3763
resultierende Vertikalkraft	Nd	kN	12273
Moment M	M	kNm	3534
Neigung der Resultierenden	$\delta_{R,N}$	°	17.0
Fundamentneigung	α	°	0.00
Geländeneigung	β	°	20.00
Einflusslänge der Bruchfigur	L	m	9.12
Einflusstiefe der Bruchfigur	H	m	3.93

Resultate		
Kohäsionsfaktor	N_c	14.36
Tiefenfaktor	N_q	6.08
Breitenfaktor	N_γ	3.23
Formfaktor Kohäsion	s_c	1.04
Formfaktor Tiefe	s_q	1.03
Formfaktor Breite	s_γ	0.96
Tiefenfaktor Kohäsion	d_c	1.30
Tiefenfaktor Tiefe	d_q	1.24
Tiefenfaktor Breite	d_γ	1.00
Lastneigungsfaktor Kohäsion	i_c	0.38
Lastneigungsfaktor Tiefe	i_q	0.48
Lastneigungsfaktor Breite	i_γ	0.35
Geländeneigungsfaktor Kohäsion	g_c	0.86
Geländeneigungsfaktor Tiefe	g_q	0.37
Geländeneigungsfaktor Breite	g_γ	0.37
Fundamentneigungsfaktor Kohäsion	b_c	1.00
Fundamentneigungsfaktor Tiefe	b_q	1.00
Fundamentneigungsfaktor Breite	b_γ	1.00
Traglast N_c	$\sigma_{f(Nc)}$	31.69
Traglast N_q	$\sigma_{f(Nq)}$	83.15
Traglast N_γ	$\sigma_{f(N\gamma)}$	6.76
		d
Totale Traglast	**σ_f**	**122**
R_d=		**13194**
E_d=	**$(T^2+N^2)^{1/2}$=**	**12837**
μ=	**Ed/Rd=**	**0.97**
		i. O.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

6.2. Handrechnung Kippen und Gleiten QP 1, 2, 3

ERDDRUCKBEIWERTE							
γk	21	kN/m3	Hinterfüllung				
K0	0.50						
Ka,h	0.28						
Ka,h,e	0.39						
Kph	1.88		künstl. Auffüllung, Bodenneigung 20°				
1/m	0.50		*durch Verformung begrenzt, Lang+Huder 13.5 S. 224				
LASTEN							
Auflast							
gk	10	kN/m2					
Schienenverkehr							
qk_LM4	41	kN/m2					
h1	0.4	m					
h2	1.5	m	bis UK Fundament				
Hebelarm 1	1.63	m					
Hebelarm 2	1.00	m					
qk_schlinger	9.8	kN/m					
h	3.1	m					

GZG ERDRUHEDRUCK							
z	3.3	m					
E_0	57.2	kN/m					
Erddruck inf. Auflast							
ΔE_{0h},1 gk	1.0	kN/m	h1	1.63			
ΔE_{0h},2 gk	3.8	kN/m	h2	1.00			
Erddruck inf. Schienenverkehr							
ΔE_{0h},1 LM4	4.1	kN/m	h1	1.63			
ΔE_{0h},2 LM4	15.2	kN/m	h2	1.00			
ΔE_{0h},LM4_s	30.5	kN	h	2.35			
M_{Ed}	**162**	**kNm/m**					

Moment für Wandbemessung

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

GZT ERHÖHT AKTIVER ERDDRUCK							
za	3.3	m					
Eah	44.6	kN/m					
zp	1.1	m					
Eph	11.9	kN/m					
Erddruck inf. Auflast							
ΔEah,1 gk	0.8	kN/m	h1	1.63			
ΔEah,2 gk	2.9	kN/m	h2	1.00			
Erddruck inf. Schienenverkehr							
ΔEah,1 LM4	3.2	kN/m	h1	1.63			
ΔEah,2 LM4	11.9	kN/m	h2	1.00			
ΔEah,LM4_s	30.5	kN	h	2.35			
GEWICHT BETON + ERDKEIL							
Geometrie Stützmauer							
h	3.3	m	d	0.465	m		
b	3.13	m					
b1	2.3	m	d1	0.4	m		
b2	0.2	m	d2	0.5	m		
GkB	73.6	kN/m	xs	0.99	m		
GkE	159.4	kN/m	xe	2.01	m		
KIPPEN GZT 1							
γG	0.9						
γE	1.35						
γQ	1.45						
∑ Vd	209.7	kN/m					
∑ Md	-153.6	kNm/m					
xd = ∑ Md / ∑ Vd							
xd	0.73	<	b/3 =	1.04	m	erfüllt	
GLEITEN GZT 2							
γG	1						
γE	1.35						
γQ	1.45						
∑ Hd	94.4	kN/m	inkl. Sporen				
∑ Vd	269.7	kN/m					
δk	23.0	°					
∑ Hd < ∑ Vd*tan(δk)/1.2							
∑ Hd	94.4	<	95.4	kN/m		erfüllt	

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

6.3. DC-Winkel QP 4

Gleitnachweis

Auszug aus DC-Winkel. Bei den Bemessungswerten wird der Erddruck auf den Sporen und das Gewicht des Sporens berücksichtigt und der Nachweis so neu geführt.

Nachweis der Gleitsicherheit im GZ Typ 2

		Charakteristisch	Bemessungswerte
Belastung T	=	80.15 kN	87.46 kN
Erdwiderstand E_p (50%)	=	33.46 kN	23.90 kN
Belastung V	=	197.17 kN	
Reibungswinkel Sohle δ	=	22.67 °	19.19 °
Kohäsion c	=	0.00 kN/m²	
Gleitwiderstand R_t	=	82.34 kN	68.62 kN
Nachweis: T_d / ($R_{t,d}$ + $E_{p,d}$)	=	0.95 < 1.0	*** **Nachweis erfüllt** ***

WERTE AUS DC-WINKEL						
Belastung Td	87	kN				
Belastung V	197	kN				
Belastung V + Sporen	232	kN				
Erdwiderstand Ep (50%)	23.9	kN				
δk	23.0	°				
Gleitwiderstand Rd	82	kN				
ERDDRUCK AUF SPOREN						
Sporenabstand	at [m]	3				
fiktive Breite	b' [m]	0.8				
Einbindetiefe	t [m]	1.8				
Meletta						
γ_k	[kN/m^3]	11				
ϕ_k	[°]	23				
ϕ_k	[rad]	0.40				
δ_k	[°]	-11.5				
δ_k	[rad]	-0.20				
β	[rad]	-0.3				
α	[rad]	0.0				
Kp [-] =		1.28				
kph [-] =		1.26				
c		5				
2*√Kp *c		11.2				
passiver Erddruck (50%)	Eph	14.6	kN/m			
GLEITEN NACHWEIS						
Td/(Rd+Ep)	0.7	<	1	erfüllt		

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Grundbruch

Auszug aus DC-Winkel. Bei den Bemessungswerten wird der Erddruck auf den Sporen und das Gewicht des Sporens berücksichtigt. Bei der Überlagerungstiefe wird die Sporentiefe berücksichtigt.

Nachweis der Grundbruchsicherheit im GZ Typ 2

Böschung von 3.28 m bis 8.51 m, Höhe -2.41 m

Belastung		Charakteristisch	Bemessungswerte
Auflast P	=	6901.04 kN	9178.87 kN
Horizontallast H	=	1634.20 kN	2224.62 kN
Moment M	=	448.31 kNm	1104.54 kNm
Neigung der Resultierenden tan(δ_S) = H/V	=	0.24	

Eingabedaten		Einheit	Wert
Reibungswinkel k	ϕ_k	°	23.0
Sicherheitsbeiwert	γ_ϕ	-	1.2
Reibungswinkel d	ϕ_d	°	19.48
Kohäsion	c	kN/m^2	5.00
Raumgewicht Auffüllung	γ	kN/m^3	21.0
Raumgewicht unter Fundament	γ	kN/m^3	11.0
wirksame Fundamentbreite	b	m	3.00
wirksame Fundamentlänge	l	m	35.00
Tiefe der Überlagerung	t	m	2.90
wirksame Auflast	q	kN/m^2	0.00
resultierende Horizontalkraft	Td	kN	2050
resultierende Vertikalkraft	Nd	kN	10423
Moment M	M	kNm	1105
Neigung der Resultierenden	$\delta_{R,N}$	°	11.1
Fundamentneigung	α	°	0.00
Geländeneigung	β	°	20.00
Einflusslänge der Bruchfigur	L	m	8.83
Einflusstiefe der Bruchfigur	H	m	3.80

Resultate		
Kohäsionsfaktor	N_c	14.36
Tiefenfaktor	N_q	6.08
Breitenfaktor	N_γ	3.23
Formfaktor Kohäsion	s_c	1.04
Formfaktor Tiefe	s_q	1.03
Formfaktor Breite	s_γ	0.97
Tiefenfaktor Kohäsion	d_c	1.31
Tiefenfaktor Tiefe	d_q	1.24
Tiefenfaktor Breite	d_γ	1.00
Lastneigungsfaktor Kohäsion	i_c	0.57
Lastneigungsfaktor Tiefe	i_q	0.64
Lastneigungsfaktor Breite	i_γ	0.53
Geländeneigungsfaktor Kohäsion	g_c	0.86
Geländeneigungsfaktor Tiefe	g_q	0.37
Geländeneigungsfaktor Breite	g_γ	0.37
Fundamentneigungsfaktor Kohäsion	b_c	1.00
Fundamentneigungsfaktor Tiefe	b_q	1.00
Fundamentneigungsfaktor Breite	b_γ	1.00
Traglast N_c	$\sigma_{f(Nc)}$	47.61
Traglast N_q	$\sigma_{f(Nq)}$	110.65
Traglast N_γ	$\sigma_{f(N\gamma)}$	9.93
		d
Totale Traglast	σ_f	**168**

R_d=		**17660**
E_d=	$(T^2+N^2)^{1/2}$=	**10623**
μ=	Ed/Rd=	**0.60**
		i. O.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Beilage B

Nr.	Thema / Stichwort	Auszug aus der Doku. des PV	Kommentar des SV: B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Forderung / R: Redaktionelle Anpassung	
Nutzungsvereinbarung 30.07.2026				
2	**Allgemeine Ziele für die Nutzung**			
~~2.5~~	~~Nutzungsanforderungen~~	~~«Im Bereich der Haltestelle werden die Lasten für Schmalspurbahnen gem. Norm SIA 261, Art. 12.2, Lastmodelle 1, zugrunde gelegt.»~~	~~R~~	~~Lastmodell 4~~
~~2.7~~	~~Nutzung in der Bauphase~~		~~F~~	~~Befahren der Stützmauer durch schwere Baumaschinen ist zu berücksichtigen~~
3	**Grundlagen**			
~~3.2~~	~~Gesetzliche Grundlage~~	~~PHI~~	~~F~~	~~Die aktuelle Version aus dem Jahr 2023 ist zu verwenden.~~
~~3.3~~	~~Normen, Richtlinien und Empfehlungen~~	~~«SIA 262 (2013)»~~ ~~«SIA 269/2 (2011)»~~	~~R~~	~~Es sind die aktuellen Versionen der SIA 262 (2025) und SIA 269/2 (2025) relevant~~
4	**Umfeld und Drittanforderungen**			
~~-~~				
5	**Bedürfnisse des Betriebs und des Unterhalts**			
~~5~~	~~Verweis auf PHI als~~		~~F~~ ~~F~~ ~~E~~	~~Verweis auf PHI fehlt~~ ~~Geländer als Absturzsicherung bei Unterhaltsarbeiten anordnen (siehe auch Bemerkung zu Objektplan)~~ ~~Graffitischutz applizieren~~
6	**Besondere Vorgaben der Bauherrschaft**			
~~6.2~~	~~Anforderungen und Massnahmen zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit~~	~~«Bewehrungsüberdeckung:~~ ~~Unten / seitlich 25 mm (rostfreie Bewehrung)~~ ~~Oben 30 mm»~~	~~F~~ ~~E~~ ~~F~~	~~Bewehrungsüberdeckung widerspricht sich mit PB Kap. 9.2~~ ~~cnom = 50 mm Beton direkt gegen das Erdreich SIA 262(2025) 5.2.2.5 / PHI~~ ~~Angeben wo rostfreie Bewehrung eingesetzt wird?~~

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Nr.	Thema / Stichwort	Auszug aus der Doku. des PV	Kommentar des SV: B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Forderung / R: Redaktionelle Anpassung	
~~6.3~~	~~Anforderungen und Massnahmen zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit~~	~~«Beton: gemäss SN EN 206 ("Sorte F", Tiefbaubeton T3)»~~	~~F~~	~~Betonsorte widerspricht sich mit Angabe in PB und Statische Berechnungen: Sorte G. Auswahl Betonsorte gemäss PHI und WAV332 Es ist ein Beton Sorte F (T3) gemäss PHI zu verwenden~~
7	**Schutzziele und Sonderrisiken**			

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Nr.	Thema / Stichwort	Auszug aus der Doku. des PV	Kommentar des SV: B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Forderung / R: Redaktionelle Anpassung	
Projektbasis 30.07.2026				
Es gelten inngemäss die Kommentare zu Nutzungsvereinbarung				
2	**Grundlagen**			
~~2.1~~	~~Normen, Richtlinien und Empfehlungen~~	~~«SIA 262 (2013)»~~ ~~«SIA 269/2 (2011)»~~ ~~PHI~~	~~R~~ ~~R~~	~~Es sind die aktuellen Versionen der SIA 262 (2025) und SIA 269/2 (2025) relevant~~ ~~PHI 2023 verwenden~~
4	**Allgemeines**			
~~4.2~~	~~Baugrund~~		~~F~~	~~Zusammenfassung des angetroffenen Baugrundes mit Angaben welche Bodenschichten, bis in welche Tiefe reichen.~~ ~~Ergänzen mit geologischem Profil~~
6	**Tragwerkskonzept**			
~~6.3~~	~~Abmessungen~~	~~«Nutzung: Verkehr»~~	~~F~~	~~Tramverkehr~~
7	**Rechenwerte**			
7.1.2	Erddruckbeiwerte	«Folgende Erddruckbeiwerte wurden angesetzt:»	~~E~~ ~~F~~ R	~~Präzisierung mit welchen Bodenparametern und Bodenschicht diese bemessen wurden.~~ ~~Für die Nachweise der Tragsicherheit (Erdbeben, Entgleisung, Nutzlast) ist mind. mit dem erhöht aktiven Erddruck zu rechnen.~~ ~~AB EBV Art. 25, 10.2.4~~ ~~Für die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit ist der Erdruhedruck anzusetzen.~~ Tabelle bitte gemäss SB anpassen (GZT aussgewöhnl. mit erh. Akt. Erddruck)
~~7.1.2~~	~~Erddruckbeiwerte~~	~~Ansatz von passiven Erddruck~~	~~F~~ ~~E~~	~~Umgang mit passivem Eddruck ergänzen~~ ~~Wenn der passive Erddruck angesetzt wird, wird empfohlen den reduzierten passiven Erddruck (50%) anzusetzen, aufgrund von den zu erwartenden Verformungen. Lang+Huder, Bodenmechanik und Grundbau, Kap. 10.3/ 13.5~~

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

7.2.3	Erddrücke	~~«Die Berechnung der Erddrücke auf den Rahmen erfolgen …»~~	~~F~~	~~Die Stützmauer wirkt nicht als Rahmen.~~
Nr.	**Thema / Stichwort**	**Auszug aus der Doku. des PV**	**Kommentar des SV: B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Forderung / R: Redaktionelle Anpassung**	
~~7.2.3~~	~~Erddrücke~~	~~«Die Berechnung der Erddrücke auf den Rahmen erfolgen unter Ansatz des aktiven Erddrucks als ständig wirkend und veränderlich wirkend die Differenz von aktiven Erddruck auf Erdruhedruck. Ansatz der Differenz von aktiven Erddruck zu Erdruhedruck einseitig und beidseitig wirkend.»~~	~~F~~	~~Gemäss DC Winkel wurde mit dem aktiv erhöhten Erddruck gerechnet, wie dies auch gefordert ist gem. SIA 261(2020) Tab. 1, AB EBV Art. 25, 10.2.4 und Vorgabe SBB: Stützbauwerke für den Nachweis der Tragsicherheit min. erhöht aktiver Erddruck. Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit wird mit dem Erdruhedruck gerechnet.~~
7.2.3	Erddrücke	«Die Erddrücke aus Bahnlasten werden unter Berücksichtigung eines Erdruhedruckbeiwerts k0 =0.5 ermittelt.»	F B	~~Erhöht aktiver Erddruck. Wenn dies eine spezielle Forderung der Bauherrschaft ist, als solche deklarieren.~~ K0 ist in Ordnung
~~7.3~~	~~Veränderliche Einwirkungen~~		~~F~~	~~Schlingerkraft ergänzen (soweit massgebend) PVIngS Teil 1 Kap. 2.3~~
~~7.3.1~~	~~Bahnlasten im Gleisbereich~~	~~«Abbildung 2: Auszug SIA 262:2014 Lastmodell 4 und 5 (Figur 17)»~~	~~F~~	~~Abbildung ist aus der SIA 261:2020~~
~~7.3.1~~	~~Bahnlasten im Gleisbereich~~	~~Für das Rahmenartige Bauwerk sind Brems-/Anfahrkräfte sowie Schlingerkräfte nicht massgebend und können in der Berechnung vernachlässigt werden.~~	~~B~~	~~Kein rahmenartiges Bauwerk~~

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Nr.	Thema / Stichwort	Auszug aus der Doku. des PV	Kommentar des SV: B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Forderung / R: Redaktionelle Anpassung	
~~7.3.2~~	~~Entgleisen~~	~~q_{Ed} = 72 kN/m~~	~~B~~	~~q_{Ed} = 50*1.4 = 70 kN/m~~
7.3	Bauzustand		~~F~~ B	~~Befahren durch schwere Baumaschinen im Bauzustand berücksichtigen~~ Siehe SB Anhang B
~~7.3~~	~~Bauzustand~~ ~~Verdichtungsdruck~~		~~F~~	~~Ansatz von Verdichtungsdruck z. B. gemäss PVIngS Teil 1 Kap. 2.1 und 2.2~~
8	**Tragsicherheit**			
~~8.2~~	~~Bemessungssituation~~		~~F~~	~~Das Kapitel ist zu Allgemein. Es fehlt eine konkrete Auflistung der berücksichtigten Bemessungssituationen.~~ ~~Bemessungssituation ist nur für Neubau aufzuführen und nicht für den Bestand.~~ ~~GZT 2 fehlt Erddruck und Auflasten~~ ~~Die aussergewöhnlichen Bemessungssituation fehlt~~ ~~GZT 1 (Kippen) fehlt~~ ~~GZT 3 (Verlust der Gesamtstabilität) fehlt~~ ~~GZT 4 (Ermüdung): Mehr Beschrieb erwünscht, anstatt nur Verweis: Ermüdungslast, welcher Schadensäquivalenzfaktor aus Anhang G wurde vom Projektverfasser definiert?~~
9	**Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit**			
9.1	Anforderungen an neue Bauteile	Mindestbewehrung	B	Widerspruch zu NV Kap. 6.2, Rissbreitenbeschränkung «hohe Anforderungen» XF2 gem. Vorgaben PHI genügt

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

~~9.2~~	~~Massnahmen zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit~~	~~«cnom = 55 mm für benetzte Bauteile und cnom = 40 mm für erdberührte oder nicht benetzte Bauteile» Oberflächenschutz~~	~~F~~ ~~E~~ ~~F~~	~~Bewehrungsüberdeckung widerspricht sich mit NV Kap. 6.2~~ ~~cnom = 50 mm Beton direkt gegen das Erdreich SIA 262(2025) 5.2.2.5~~ ~~Luftseitig cnom = 55mm, siehe Anforderungen gemäss PHI~~ ~~Widerspruch zu NV Kap. 6.2, Rissbreitenbeschränkung «hohe Anforderungen»~~
~~9.3~~	~~Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit~~		~~F~~	~~Das Kapitel ist zu Allgemein. Es fehlt eine konkrete Auflistung der berücksichtigten Bemessungssituationen.~~

Nr.	**Thema / Stichwort**	**Auszug aus der Doku. des PV**	**Kommentar des SV: B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Forderung / R: Redaktionelle Anpassung**	
Statische Berechnung 30.07.2026				
Es gelten sinngemäss die Bemerkungen aus der NV und PB				
1.	**Allgemeines**			
~~1.6~~	~~Bauablauf/ Bauverfahren~~	~~«Erstellung neuer Stützmauer inkl. Hinterfüllung in Etappen»~~	~~E~~	~~Definieren der Etappenhöhe~~
4.	**Einwirkungen**			
~~4.3.2~~	~~Weitere Einwirkungen~~	~~«Erdbebenzone 3a → nicht massgebend»~~	~~R~~	~~Zone Z3a~~
~~4.3.2~~	~~Weitere Einwirkungen~~	~~«Erdbebenzone 3a → nicht massgebend»~~	~~B~~	~~Ergänzen mit: BWK II und der Baugrundklasse.~~
	Anhang DC Winkel			
	~~Berechnungssituationen~~	~~«Für Arbeiten an Leitungen soll eine Ausgrabungstiefe von 0.60 m berücksichtigt werden»~~	~~F~~	~~Im DC Winkel ist immer dieselbe Böschung vor der Stützmauer dargestellt. Der Leitungsgraben ist zu berücksichtigen.~~
	~~Bodenschichten~~		~~B~~	~~Es fehlt der geologische Bericht und anhand der Dokumente ist nicht ersichtlich welche Bodenschichten, bis in welche Tiefe reichen.~~

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

				~~Anhand des DC Winkel Ausdruckes konnten Annahmen getroffen werden. Unbedingt in den Berichten ergänzen.~~
	~~Winkelstützmauer Typ 2~~		~~F~~	~~Es fehlt der Ausdruck mit dem aussergewöhnlichen Lastfall~~
	~~Passiver Erddruck~~		~~F~~	~~Der passive Erddruck wurde voll angesetzt.~~ ~~Es wird empfohlen den reduzierten passiven Erddruck (50%) anzusetzen aufgrund von den zu erwartenden Verformungen. Lang+Huder, Bodenmechanik und Grundbau, Kap. 10.3/ 13.5~~
	~~Passiver Erddruck~~		~~B~~	~~Zudem sollte der Passive Erddruck aufgrund der Geländeneigung reduziert werden. Zu diskutieren, ob dies DC Winkel berücksichtigt.~~
	~~Fundamentfuss~~		~~B~~	~~Der Fundamentfuss ist im Vergleich zur Stützwand dünn ausgebildet. Das Moment am Ende der Stützwand wandert in den Stützfuss. Wie ist hier die Bewehrungsführung?~~
	~~Bewehrungsskizze~~		~~F~~	~~Es fehlt eine Bewehrungsskizze~~
	~~Hinterfüllung~~		~~B~~	~~Material mit einem Reibungswinkel von 36° ist sehr hoch. Das Material wird aus und eingebaut (schrittweise hinterfüllen und verdichten) und so ist es schwer dies zu erreichen. Wie wird dies im Bauzustand sichergestellt?~~
	~~Lastfall Entgleisung~~		~~F~~	~~Die Last ist auf den Schienen verteilt, aber bei der Entgleisung ist das Tram nicht mehr auf den Schienen. Für Lastanordnung s. SIA 261(2020) Fig. 16~~
	~~Verdichtungserddruck~~		~~B~~	~~Nicht im Ausdruck von DC-Winkel enthalten. Verdichtungserddruck in den DC-Winkel Einstellungen ergänzen. Vmtl. da nicht massgebend.~~
	~~Gelände vor Stützmauer (luftseitig)~~	~~«Bauphase: Tiefe = 1.30 m über UK Fundament»~~	~~F~~	~~Gelände vor der Stützmauer Typ 1: Im Plan wurde die Höhe des Geländes vor der Stützmauer resp die Einschüttung mit 1.7m gemessen. Unter Berücksichtigung des Leitungsgrabens reduziert sich diese auf 1.1m. Im Ausdruck von DC-Winkel wurde die Höhe mit 1.3m eingegeben. «Bauphase: Tiefe = 1.30 m über UK Fundament»~~
	~~Gelände vor Stützmauer (luftseitig) / Grundbruch~~		~~F~~	~~Gelände vor der Stützmauer hat einen grossen Einfluss (Böschungsneigung) auf den Grundbruch. Es ist der effektive Verlauf der Böschung anzuwenden. Wie genau sieht dieser aus? Es ist ein Schnitt der Böschung bis zum Bachbett aufzuzeigen.~~
	~~Gelände hinter Stützmauer (hangseitig)~~		~~B~~	~~Stützmauer Typ 2: idealerweise wäre die leichte Böschung hangseitig in DC Winkel berüchtigt worden.~~

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

	~~Erfüllung der Nachweise~~		~~B~~	~~Div. Nachweise mit der Geometrie der Stützmauern Typ 1 und 2 sind nicht erfüllt. Verweis auf die obigen Kommentare (Passiver Erddruck, Hinterfüllung, Gelände vor der Stützmauer (luftseitig)).~~

Nr.	Thema / Stichwort	Auszug aus der Doku. des PV	Kommentar des SV: B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Forderung / R: Redaktionelle Anpassung	
Objektplan 29.07.2026				
~~1~~	~~Legende~~			~~Es fehlt der Allgemeine Teil mit Materialbeschrieb Beton/ Schalung/ Betonstahl/ Graffitischutz/ etc.~~
~~2~~	~~Baugrund~~			~~Geologisches Profil im Plan ergänzen Hochwasserkoten, soweit diese massgebend sind~~
~~3~~	~~Dilatationsfuge~~	~~Ansicht~~		~~Dilatationsfuge mit Cret-Dorn?~~
~~4~~	~~Mauerwerkskrone~~	~~Querprofil 1/2/3/4~~	~~F~~	~~Gefälle ist in die falsche Richtung gezeichnet (Gefälle muss zum Berg hin zeigen)~~
~~5~~	~~Mauerwerkskrone~~	~~Querprofil 1/2/3/4~~	~~F~~	~~Geländer fehlt (Absturzsicherung für Unterhaltsarbeiten)~~
~~6~~	~~Bauzustand~~	~~Querprofil 1/2/3/4~~	~~F~~	~~Baugrubensicherung einzeichnen Material der Hinterfüllung definieren. «Schichtweise einbringen und verdichten»~~
~~7~~	~~Details~~	~~Querprofil 1/2/3/4~~		~~Details der Entwässerung hinter der Stützmauer fehlen (Drainagepackung, Vlies, etc.) Alternativ könnte man auch mit Durchlässen und Dücker arbeiten Beispiel für eine Drainage kann der PV IngS Teil 1 Kap. 1.3.2 entnommen werden~~
8	Schacht	Querprofil 1/2/4	E	Es braucht keinen Schacht für die Drainageleitung, Spühlstützen zum Unterhalt genügen
~~9~~	~~Sohle Fundament~~		~~E~~	~~Sohle mit Neigung ist sinnvoll (Gleitnachweis)~~

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

~~10~~	~~Stärke Fundament~~		~~B~~	~~Die Stärke des Fundaments ist gegenüber der Wanddicke sehr gering (ungewöhnlich)~~
~~11~~	~~Werkleitungsgraben~~		~~E~~	~~Mit Werkleitungsgraben vor der STM braucht es wahrscheinlich Betonsporen unter dem Fundament (einfache Massnahme)~~
~~11~~	~~Geländeverlauf~~	~~Alle Schnitte~~		~~Geländeverlauf bis zur Bachsohle mit Geologie ergänzen.~~