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

Bericht

gruner

Auftraggeber

BLT Baselland Transport AG
Grenzweg 1
4104 Oberwil

12.303.06

Auftragsbezeichnung

BLT Linie 10/17, Gesamterneuerung Leimental
Auflageprojekt
Stützmauer SNCF-Viadukt

Berichttitel

Statische Berechnung

Projektverfasser Gruner AG		Bauherrschaft BLT Baselland Transport AG	
Signiert von: 52C780866929453...	Signiert von: Urs Willimann i.V. 8FC4FA537D2E49A...	DocuSigned by: Patrick Zeller 12B2990D6C90422...	DocuSigned by: E932A2C7A837447...
Bernhard Senn	Urs Willimann	Reto Rotzler	Fabiano Rosa

Verfasser

Simon Leber
Projektleiter

Bestandsbauwerke Nordwestschweiz
Gruner AG
St. Jakobs-Strasse 199
CH-4020 Basel
T +41 61 317 61 61
www.gruner.ch

Auftragsnummer
E2402020.001

Datum
30. Juli 2026

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

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1	**Allgemeines**	**5**
1.1	Einleitung	5
1.2	Objektbeschrieb	5
1.3	Grundlagen	5
1.3.1	Projektspezifische Grundlagen	5
1.3.2	Gesetzliche Grundlagen	5
1.3.3	Normen, Richtlinien und Empfehlungen	6
1.3.4	SBB und Eisenbahnspezifische Vorgaben und Reglemente	6
1.4	Baugrund	6
1.4.1	Baugrundbeschrieb	6
1.4.2	Bodenmechanische Kennziffern	6
1.5	Computerprogramme	6
1.6	Bauablauf / Bauverfahren	6
1.7	Geometrie	7
2	**Baustoffe**	**7**
2.1	Rechenwerte der Baustoffe	7
2.2	Rechenwerte des Baugrundes	8
3	**Tragwerkskonzept**	**9**
3.1	Tragsystem	9
3.2	Modellierung	9
3.3	Computerprogramm	9
3.4	Bemessungskonzepte	9
3.4.1	Tragsicherheit	9
3.4.2	Gebrauchstauglichkeit	10
4	**Einwirkungen**	**10**
4.1	Ständige Einwirkungen	10
4.1.1	Eigenlasten	10
4.1.2	Auflasten	10
4.1.3	Erddruck	10
4.2	Veränderliche Einwirkungen	11
4.2.1	Erddruck infolge Verkehrs	11
4.2.2	Weitere Einwirkungen	11
4.3	Aussergewöhnliche Einwirkungen	11
4.3.1	Entgleisung	11
4.3.2	Weitere Einwirkungen	12
4.4	Nicht berücksichtigte Einwirkungen	12
5	**Statische Berechnungen**	**12**
6	**Unterschriften**	**13**

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

Anhang A: Statische Berechnungen der Stützmauer

Anhang B: Statische Berechnungen der Baugrube

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

Änderungsverzeichnis

REV.	ÄNDERUNG	URHEBER	DATUM	BEMERKUNG
0		Gruner AG	30.07.2026	

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

1 Allgemeines

1.1 Einleitung

Die statische Berechnung beinhaltet die Bemessung einer Winkelstützmauer in Stahlbeton.
Die für die Bemessung benötigten Gefährdungsbilder zur Gewährleistung der Tragsicherheit und die Nutzungszustände zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit sind in der Projektbasis definiert.

1.2 Objektbeschrieb

Im Zuge der Instandsetzung der Tramlinie wird zwischen der Haltestelle Zoo und Binningen, Dorenbach eine neue Stützmauer gebaut. Im Bestand ist eine Steinkorbwand vorhanden, von der nun ausgegangen wird, dass diese die neuen Belastungen aus dem Bahnverkehr nicht aufnehmen kann. Aus diesem Grund soll die Steinkorbwand komplett abgebrochen werden und eine neue Winkelstützmauer vorgesehen werden.

1.3 Grundlagen

1.3.1 Projektspezifische Grundlagen

- Objektplan: 12-301-01_Obj-Stuetzkonstruktion-SNCF_20260729.pdf (29.07.2026)
- Nutzungsvereinbarung Stützmauer SNCF, Gruner AG, 30.07.2026
- Projektbasis Stützmauer SNCF, Gruner AG, 30.07.2026
- Geologisch-geotechnischer Bericht; Geotechnisches Institut AG Basel (11.05.2026)

1.3.2 Gesetzliche Grundlagen

- EBG: Eisenbahngesetz
- EBV: Eisenbahnverordnung vom 23.11.1983
- AB-EBV: Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung in der zum Vertragsabschluss gültigen Fassung
- Richtlinie Erdbebensicherheit von Eisenbahnanlagen BAV
- Richtlinie Lärmschutz bei Eisenbahnanlagen BAV
- Richtlinie Sicherheitsanforderungen für bestehende Eisenbahntunnel BAV
- Kantonale Richtlinien und Weisungen
- GSchG, GSchV: Gewässerschutzgesetz, Gewässerschutzverordnung
- WAV 332: Ausführungsvorschriften für Bauarbeiten 332 Betonbau (Version 5.0 / 30. Juni 2023)
- Einschlägige Projektierungsvorschriften und Richtlinien der Bau- und Umweltschutzdirektion Basel-Landschaft
- TBA-BL: Projektierungshandbuch TBA BL für Ingenieure, Neubau und Erhaltung von Kunstbauten (2023)

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

1.3.3 Normen, Richtlinien und Empfehlungen

Für diese Kunstbauten gelten nachfolgende SIA-Normen:

- SIA 260 (2013) Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
- SIA 261 (2020) Einwirkungen auf Tragwerke
- SIA 261/1 (2020) Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen
- SIA 262 (2025) Betonbau
- SIA 262/1 (2019) Betonbau – Ergänzende Festlegungen
- SIA 267 (2013) Geotechnik
- SIA 267/1 (2013) Geotechnik – Ergänzende Festlegungen
- SIA 269 (2011) Grundlagen der Erhaltung von Tragwerken
- SIA 269/1 (2011) Erhaltung von Tragwerken – Einwirkungen
- SIA 269/2 (2025) Erhaltung von Tragwerken – Betonbau

Weitere objektspezifische Anforderungen gelten seitens Bauherrschaft für diese Kunstbauten nicht.

1.3.4 SBB und Eisenbahnspezifische Vorgaben und Reglemente

- R RTE: Richtlinien Regelwerk Technik Eisenbahnen

1.4 Baugrund

1.4.1 Baugrundbeschrieb

Der Baugrund im Bereich der Stützmauer gliedert sich von oben nach unten in künstliche Auffüllungen, Lokal- bzw. Niederterrassenschotter sowie die als Grundwasserstauer wirkenden Meletta-Schichten (Silt-/Tonstein). Die Fundation der Stützmauer und der monolithisch verbundenen Mastfundamente erfolgt in den mitteldicht bis dicht gelagerten Niederterrassenschottern.

1.4.2 Bodenmechanische Kennziffern

Siehe Kapitel 2.2.

1.5 Computerprogramme

Für die Berechnung der Winkelstützmauer wird DC-Winkel verwendet.

1.6 Bauablauf / Bauverfahren

- Rückbau der bestehenden Gleise
- Abböschung des bestehenden Geländes
- Aushub der Baugrube und Rückbau der bestehenden Steinkorbwand
- Erstellung neuer Stützmauer inkl. Hinterfüllung in Etappen
  - Die Hinterfüllung erfolgt lagenweise mit einer maximalen Schütthöhe von ca. 0.40 m
  - Nach jeder Etappe wird die Verdichtung durchgeführt und die Standsicherheit überprüft

Die Hinterfüllung wird schichtweise in Lagen von höchstens 0.40 m eingebracht und verdichtet. Als Hinterfüllmaterial dient körniges, nicht bindiges Material (z. B. Lokalschotter 0/45) mit $\varphi \geq 30°$ und $k_f \geq 10^{-4}$ m/s (wasserdurchlässig). Um unzulässige Beanspruchungen der jungen Wand zu vermeiden, erfolgt die

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

Hinterfüllung erst nach Erreichen von 70 % der Betonnennfestigkeit und beidseitig gleichmässig, sodass kein einseitiger Erddruck auf die frische Wand wirkt. Zum Schutz der Wand wird innerhalb von 1.50 m ab Wandrücken kein schweres Verdichtungsgerät eingesetzt; im wandnahen Bereich kommt ausschliesslich leichtes Handgerät (Stampfer) zum Einsatz.

Während den Bauarbeiten werden die bestehenden Gleise stillgelegt und entfernt, so dass die Baugrube zur Stützmauer geböscht mit einer Neigung von 2:3 ausgehoben werden kann. Der Nachweis der Böschung kann dem Anhang entnommen werden.

Für Arbeiten an Leitungen soll eine Ausgrabungstiefe von 0.60 m berücksichtigt werden:
Vor der Stützmauer verläuft ein Fussweg. Wird wegseitig ein Aushub von mehr als 0.60 m Tiefe vor der Stützmauer vorgesehen, sind Sicherungsmassnahmen (Gleiten) für die Stützmauer einzuplanen

1.7 Geometrie

Stützmauer:

- Stützmauerlänge: 24.98 m
- Wandhöhe: links: 3.30 m / rechts: 2.15 m
- Wandstärke: oben: 0.30 m / unten: 0.63 m
- Fussplattenbreite: 3.13 m
- Fussplattenstärke: vorne: 0.40 m / hinten: 0.50 m

Betonsporen:

- Länge: 3.13 m
- Breite: 0.80 m
- Tiefe: 1.80 m
- Abstand der Sporen: 3.00 m

2 Baustoffe

2.1 Rechenwerte der Baustoffe

Beton

Beton C30/37 (NPK G):

Eigenschaft	Kennwert
Bemessungswert der Betondruckfestigkeit	f_{cd} = 20.0 N/mm2
Bemessungswert der Schubspannungsgrenze	T_{cd} = 1.10 N/mm2
Mittelwert des Elastizitätsmoduls	E_{cm} = 33'700 N/mm2

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

Bewehrung

Betonstahl B500B:

Eigenschaft	Kennwert
Bemessungswert der Fliessgrenze	f_{yd} = 435 N/mm^2
Verfestigungsverhältnis	k_s = 1.08
Bruchdehnung	ε_{ud} = 0.045
Mittelwert des Elastizitätsmoduls	E_s = 200'000 N/mm^2

2.2 Rechenwerte des Baugrundes

Die gemäss geologisch-geotechnischem Bericht empfohlenen, charakteristische Kennwerte der im Bauwerk anstehenden Schichten für Tragfähigkeits- und Setzungsberechnungen sind somit:

Künstliche Auffüllungen

Eigenschaft	Kennwert
Raumlast	$\gamma_{e,k}$ = 20 kN/m^3
Innerer Reibungswinkel	φ'_k = 30°
Effektive Kohäsion	c'_k = 0 kN/m^2
Zusammendrückmodul	M_E = 10 MN/m^2

Lokalschotter

Eigenschaft	Kennwert
Raumlast	$\gamma_{e,k}$ = 21 kN/m^3
Innerer Reibungswinkel	φ'_k = 34°
Effektive Kohäsion	c'_k = 0 kN/m^2
Zusammendrückmodul	M_E = 30 MN/m^2

Meletta-Schichten

Eigenschaft	Kennwert
Raumlast	$\gamma_{e,k}$ = 21 kN/m^3
Innerer Reibungswinkel	φ'_k = 23°
Effektive Kohäsion	c'_k = 5 kN/m^2
Zusammendrückmodul	M_E = 25 MN/m^2

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

3 Tragwerkskonzept

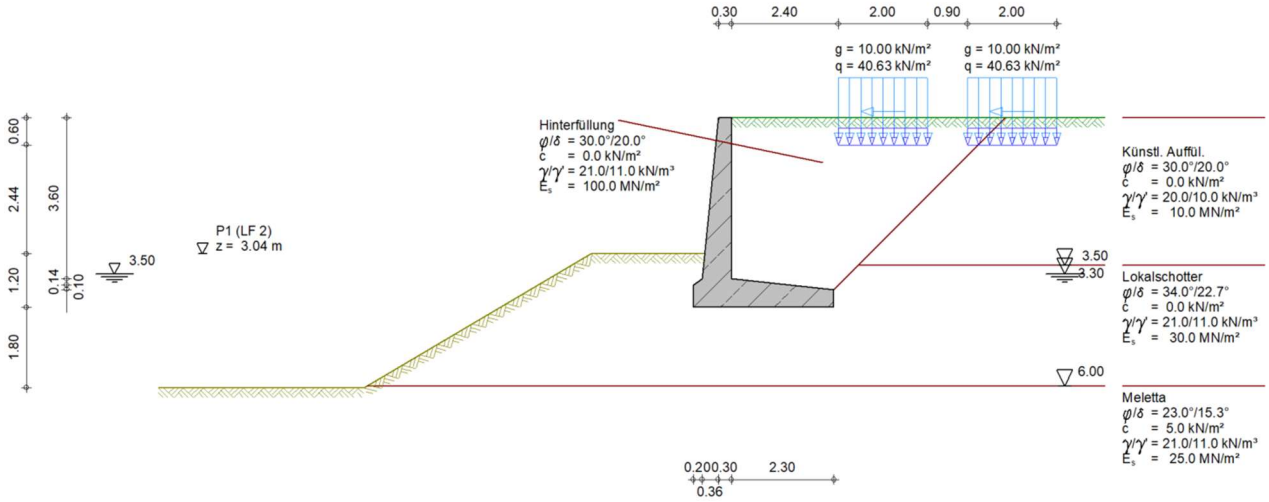
3.1 Tragsystem

Das Tragsystem besteht aus einer Winkelstützmauer in Stahlbeton.

Die Stützmauer wird als auskragende Wand mit Flachfundament modelliert. Die Ermittlung der Schnittkräfte der Stützmauer für die Nachweise der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit erfolgt an einem 2-dimensionalen Stabmodell mit DC-Winkel.

3.2 Modellierung

Die Betonsporen können in DC-Winkel nicht berücksichtigt werden. Das bedeutet, dass die Nachweise für Gleitsicherheit, Grundbruchsicherheit und Geländebruchsicherheit separat geführt werden.



3.3 Computerprogramm

Die Berechnungen werden mit dem Programm DC-Winkel durchgeführt.

3.4 Bemessungskonzepte

3.4.1 Tragsicherheit

Folgende Grenzzustände werden im Rahmen dieser Statik untersucht:

- GZT 1 Verlust des Gleichgewichts (Kippen)
- GZT 2 Tragwiderstand des Tragwerks
- GZT 3 Verlust der Gesamtstabilität

Die relevanten Grenzzustände werden generell gemäss den SIA-Normen mit folgendem Bemessungskriterium nachgewiesen:

$$E_d \leq R_d$$

Begrenzung der maximalen Betonspannungen und Spannungsdifferenzen im Betonstahl gemäss SIA-Norm 262.

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

3.4.2 Gebrauchstauglichkeit

Folgende Nutzungszustände werden im Rahmen dieser statischen Berechnung untersucht:

- NZ 2: häufige Lastkombination
- NZ 3: quasi-ständige Lastkombination

4 Einwirkungen

4.1 Ständige Einwirkungen

4.1.1 Eigenlasten

Einwirkung (Eigenlasten)	Annahme für Bemessung
Beton	Eigengewicht Beton: 25 kN/m³

4.1.2 Auflasten

Einwirkung (Auflasten)	Annahme für Bemessung
Belag (Fahrbahn)	Belag 24 kN/m³ Bodenaufbau 20 kN/m³ Schutzbeton 24 kN/m³ Hinterfüllung 20 kN/m³ Gleise 1 kN/m Schutzbeton 24 kN/m³ → Annahme ca. 25 kN/m³ → Aufbauhöhe ca. 0.40 m → **g_k** = 25 x 0.40 = **<u>10 kN/m²</u>**

4.1.3 Erddruck

Einwirkung (Erddruck ständig)	Annahme für Bemessung
Erddruck	Der Erddruck wird ab OK Fahrbahn bis UK Fundation dreiecksförmig angenommen. Der Verdichtungsdruck wird mit **<u>25 kN/m²</u>** angesetzt. Dieser wirkt als einzelner Lastfall ohne zusätzlich wirksame erddruckerzeugende Nutzlasten (Verkehr etc.) bis diese den Verdichtungsdruck übersteigen.

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

4.2 Veränderliche Einwirkungen

4.2.1 Erddruck infolge Verkehrs

Einwirkung	Annahme für Bemessung
Verkehrslast	Achslast 130 kN → Fläche Lastabtrag: 2.00 x 1.60 m → q_k = 130 / (2.00x1.60) = **40.63 kN/m²**
Schlingerkraft	H_k = 50 kN
Anfahr- u. Bremskräfte	wird nicht berücksichtigt, da nicht massgebend
Zentrifugalkraft	wird nicht berücksichtigt, da nicht massgebend

4.2.2 Weitere Einwirkungen

Einwirkung	Annahme für Bemessung
Schnee	wird nicht berücksichtigt, da nicht massgebend
Wind	wird nicht berücksichtigt, da nicht massgebend
Temperatur	wird nicht berücksichtigt, da nicht massgebend

4.3 Aussergewöhnliche Einwirkungen

4.3.1 Entgleisung

Einwirkung	Annahme für Bemessung
Entgleisung	Achslast 180 kN → Fläche Lastabtrag: 2.00 x 1.60 m → q_A = 180 / (2.00x1.60) = **56.25 kN/m²**

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

4.3.2 Weitere Einwirkungen

Einwirkung	Annahme für Bemessung
Erdbeben	Erdbebenzone Z3a BWK II Baugrundklasse E → nicht massgebend
Anprall	wird nicht berücksichtigt, da nicht massgebend
Hochwasser	Hochwasser wirkt günstig auf das Bauwerk → nicht massgebend

4.4 Nicht berücksichtigte Einwirkungen

- Brand
- Explosion
- Chemische Einwirkungen
- Sabotage
- Extreme Umwelteinflüsse

5 Statische Berechnungen

Die Berechnungen können den nachfolgenden Anhängen entnommen werden:

- *Anhang A:* Statische Berechnungen der Stützmauer
- *Anhang B:* Statische Berechnungen der Baugrube

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

6 Unterschriften

Bestandsbauwerke Nordwestschweiz

Gruner AG



Roland Marty

Leiter Business Unit



Simon Leber

Projektleiter Umbau/Erdbebensicherheit

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

Anhang A

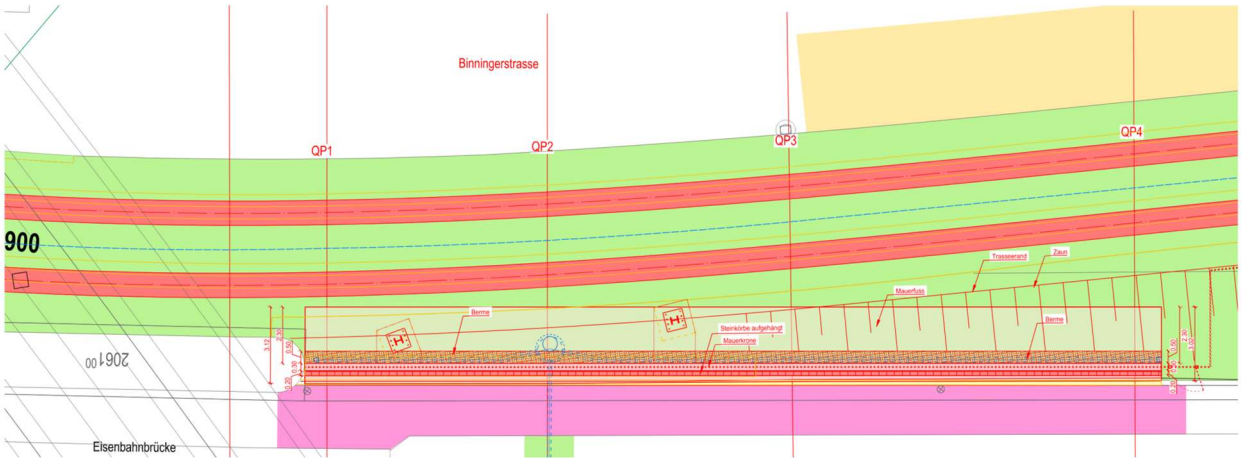
Statische Berechnung Stützmauer

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

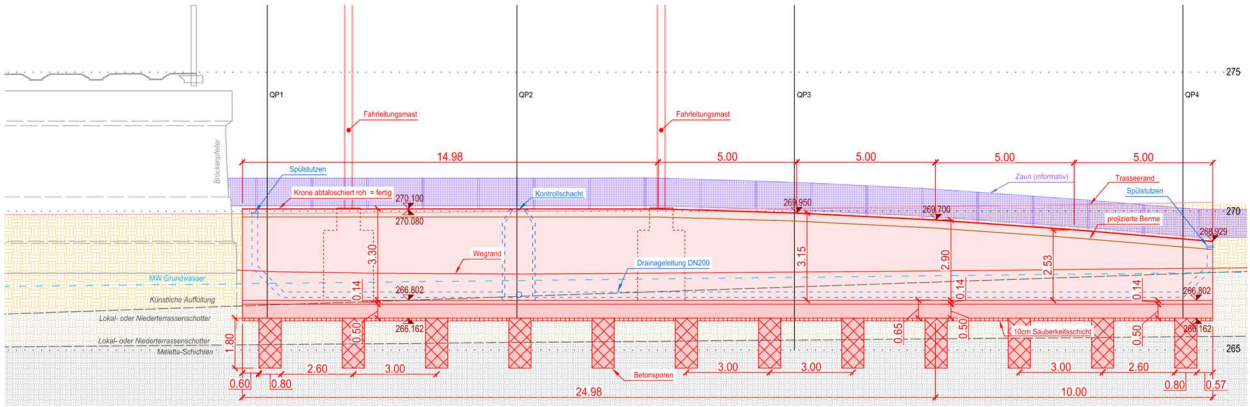
1 Statische Berechnungen Stützmauer

Für die Berechnungen werden zwei Nachweisschnitte herangezogen:

- Querprofil 1 (QP 1)
- Querprofil 4 (QP 4)



Um die geotechnischen Nachweise wie Kippen, Gleiten und Grundbruch zu gewährleisten, werden Betonsporen (NPK A) im Abstand von 3.00 m vorgesehen. Die Nachweise in DC-Winkel umfassen die Standsicherheit ohne Sporen (Kippen, Gleiten, Grundbruch, Geländebruch nach Krey-Bishop) sowie die Tragsicherheit von Wand und Fundamentplatte. Die Handrechnung ergänzt ausschliesslich die geotechnischen Nachweise mit Sporen. Die Bewehrungsbemessung sowie die Ermittlung der Mindestbewehrung werden auf Basis der DC-Winkel-Ergebnisse geführt.



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

1.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit

Erforderliche Bewehrung (Biegung):

⇨ Siehe Ausdruck aus DC-Winkel

> Mauer:

erf as = 15.60 cm²/m

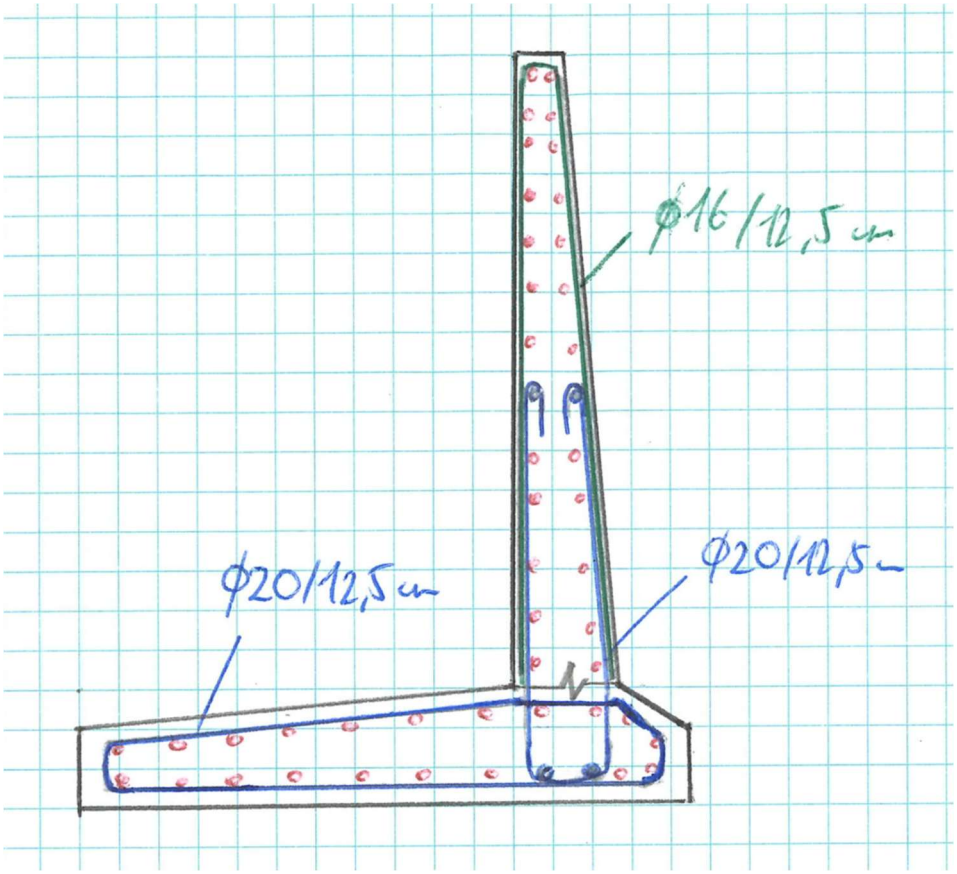
⇨ Gewählt: ø16 / 12.5 cm (= 16.08 cm²/m)

> Fundamentfuss:

erf as = 19.20 cm²/m

⇨ Gewählt: ø20 / 12.5 cm (= 25.13 cm²/m)

Bewehrungsskizze:



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

1.2 Geotechnische Nachweise

Die Betonsporen werden als konstruktive Massnahme zur Verbesserung der Gleitsicherheit und Grundbruchsicherheit vorgesehen. Aufgrund der hohen Horizontalkräfte aus dem Tramverkehr (erhöhter aktiver Erddruck, Ruhedruckanteil 50%) und des ungünstigen Untergrunds (Meletta-Schichten, φ = 23°, c = 5 kN/m²) ist ohne Sporen weder die Gleitsicherheit noch die Grundbruchsicherheit im Grenzzustand Typ 2 erfüllbar.

Die Betonsporen wirken als Schubkeil unter der Fundamentplatte und übertragen den passiven Erddruck als Horizontalkraft in den Baugrund. Das aus dem Erddruck resultierende Biegemoment wird von der Fundamentplatte aufgenommen, welche im Programm DC-Winkel bemessen ist. Die Tragsicherheit der Sporen selbst wird durch Nachweis der Schubspannung im Sporenquerschnitt sowie in der Fuge Sporen–Fundamentplatte sichergestellt.

1.2.1 Grundbruchnachweis mit Sporen (nach Terzaghi)

Grundbruchnachweis nach Terzaghi – Winkelstützwand mit Betonsporen

Vollständiger Nachweis inkl. Formbeiwerte s, Lastneigungsbeiwerte i, Böschungsbeiwerte b (aus DC-Winkel), Tiefenbeiwerte d | L=35m

1 Fundamentgeometrie und Schnittgrössen (blaue Zellen = Eingabe)

Bezeichnung	Einheit	Wert	Hinweis
Fundamentbreite B		**3.10**	*Gesamtbreite Fundamentplatte [m]*
Gesamtlänge Stützmauer L		**35**	*Wirksame Länge [m]*
Bemessungsmoment M_d		**105**	*Aus DC-Winkel Sohlfuge [kNm/m]*
Normalkraft N_d		**375**	*Aus DC-Winkel Sohlfuge [kN/m]*
Horizontalkraft T_d		**125**	*Aus DC-Winkel Sohlfuge [kN/m]*

2 Bodenkennwerte unter Fundamentsohle

Bezeichnung	Einheit	Wert	Hinweis
Reibungswinkel phi_k		**23**	*[°] Meletta*
Kohäsion c_k		**5**	*[kN/m²] Meletta (Sensitivität: auch c=0 prüfen)*
Wichte gamma (ohne GW)		**21**	*[kN/m³]*
Wichte gamma' (mit GW)		**11**	*[kN/m³] aufgetrieben*
GW-Einfluss (0=nein / 1=ja)		**1**	*GW ca. 3.5m unter Terrain → gamma' massgebend*

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

3 Sporengeometrie

Bezeichnung	Einheit	Wert	Hinweis
Sporentiefe d_s		**1.80**	*[m] UK Sporen bis UK Fundament*
Sporenlänge l_s		**3.10**	*entspricht der Breite der Fundamentplatte*
Sporenbreite b_s		**0.80**	*[m]*
Sporenabstand a		**3.00**	*[m] Achsmass*
Wichte Beton gamma_Beton		**25**	*[kN/m³] NPK A*

4 Hilfsgrössen

Bezeichnung	Einheit	Wert	Hinweis
Massgebende Wichte gamma_eff	kN/m³	11.0	*gamma' wenn GW=1*
Auflast q = gamma_eff x d_s	kN/m²	19.80	*Überdeckung = Sporentiefe*
Sporengewicht pro lfd. m	kN/m	37.20	*gamma_B x b x d x l / a*
N_d total (inkl. Sporen)	kN/m	412.20	
Ausmitte e_d = M_d / N_d,tot	m	0.255	
Wirksame Breite B' = B - 2*e_d	m	2.591	
Wirksame Länge L' = L	m	35.0	*Volle Länge*
Gesamtlast N_d,tot = N_d,tot/m x L	kN	14427.0	
Gesamthorizontallast T_d,tot	kN	4375.0	

5 Terzaghi-Beiwerte

Bezeichnung	Einheit	Wert	Hinweis
N_q = e^(pi*tan(phi)) x tan²(45+phi/2)	-	8.661	
N_c = (N_q - 1) / tan(phi)	-	18.049	*Sonderfall phi=0: 5.14*
N_gamma = 2*(N_q+1)*tan(phi)	-	8.202	

6 Formbeiwerte s

Bezeichnung	Einheit	Wert	Hinweis
s_q = 1 + (B'/L') x sin(phi)	-	1.029	
s_c = (s_q x N_q - 1) / (N_q - 1)	-	1.033	
s_gamma = 1 - 0.3*(B'/L')	-	0.978	

7 Böschungsbeiwerte b (direkte Eingabe aus DC-Winkel Seite 8)

Bezeichnung	Einheit	Wert	Hinweis
b_q (aus DC-Winkel)		**0.94**	*DC-Winkel S.8: iteriert zwischen 11.64° und 30.47° → b_q=0.94*
b_gamma (aus DC-Winkel)		**0.30**	*DC-Winkel S.8: b_gamma=0.92 (β=30° bereits berücksichtigt!)*
b_c (aus DC-Winkel)		**0.84**	*DC-Winkel S.8: b_c=0.97*

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

8 Tiefenbeiwerte d (direkte Eingabe aus DC-Winkel Seite 8)

Bezeichnung	Einheit	Wert	Hinweis
d_q (aus DC-Winkel)		**1.20**	*DC-Winkel S.8: d_q=1.22*
d_gamma		**1.00**	*DC-Winkel S.8: d_gamma=1.00 (konservativ, immer =1.0)*
d_c (aus DC-Winkel)		**1.26**	*DC-Winkel S.8: d_c=1.28*

9 Lastneigungsbeiwerte i

Bezeichnung	Einheit	Wert	Hinweis
Hilfsgroesse m = (2+B'/L')/(1+B'/L')	-	1.931	
i_q	-	0.527	*Lastneigung q-Anteil*
i_gamma	-	0.378	*Lastneigung gamma-Anteil*
i_c	-	0.465	*Lastneigung c-Anteil*

10 Grundbruchwiderstand $q_f = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot d_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot d_\gamma$

Bezeichnung	Einheit	Wert	Hinweis
Anteil Kohäsion c · Nc · sc · ic · bc · dc	kN/m²	45.9	*c x Nc x sc x ic x bc x dc*
Anteil Auflast q · Nq · sq · iq · bq · dq	kN/m²	104.9	*q x Nq x sq x iq x bq x dq*
Anteil Eigengewicht 0.5·γ·B'·Nγ·sγ·iγ·bγ·dγ	kN/m²	13.0	*0.5 x g x B' x Ng x sg x ig x bg x dg*
Grenztragfähigkeit q_f	kN/m²	163.7	
Widerstand R_d = q_f x B' x L'	kN	14844.9	*Gesamtwiderstand für L=35m*

11 Nachweis $N_{d,tot} \leq R_d$

Bezeichnung	Einheit	Wert	Hinweis
Einwirkung N_d,tot	kN	14427.0	
Widerstand R_d	kN	14844.9	
Ausnutzung η = N_d,tot / R_d	-	**0.97**	
Nachweis		**✓ ERFÜLLT**	

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

1.2.2 Gleitnachweis mit Sporen

Gleitnachweis – Winkelstützwand mit Betonsporen

Nachweis: T_d <= R_t,d + E_p,d | inkl. Böschungsabminderung K_ph,beta und 1/m-Abminderung auf E_p

1 Einwirkungen (aus DC-Winkel, Sohlfuge)			
Bezeichnung	**Einheit**	**Wert**	**Hinweis**
Vertikalkraft N_d (Sohlfuge)	kN/m	**375**	*Aus DC-Winkel*
Horizontalkraft T_d (Sohlfuge)	kN/m	**125**	*Aus DC-Winkel*
2 Bodenkennwerte Fundamentsohle			
Reibungswinkel Sohle φ_k	°	**22.67**	*Charakteristisch (aus DC-Winkel)*
Teilsicherheit Reibung γ_φ	–	**1.2**	*GZ Typ 2 nach SIA 267 (γ_R,h)*
Kohäsion Sohle c_k	kN/m²	**5**	*Charakteristisch*
Teilsicherheit Kohäsion γ_c	–	**1.5**	*GZ Typ 2*
3 Sporengeometrie			
Sporentiefe d_s	m	**1.80**	*UK Sporen bis UK Fundament*
Sporenbreite b_s	m	**0.80**	*Breite eines Sporens*
Sporenlänge l_s	m	**3.10**	*Fundamentbreite*
Sporenabstand a	m	**3.00**	*Achsmass*
Reibungswinkel Boden φ_Boden	°	**23**	*Vor den Sporen (Meletta)*
Kohäsion Boden c_Boden	kN/m²	**5**	*Vor den Sporen (Meletta)*
Wichte Boden γ	kN/m³	**21**	*Vor den Sporen*
Passiver Erddruckbeiwert K_ph	–	**3.077**	*Aus DC-Winkel Seite 2/3 (Meletta)*
Böschungsneigung beta (vor Sporen)	°	**30**	*Neigung Gelände passive Seite — reduziert K_ph*
Abminderungsfaktor m (1/m für E_p)	-	**2**	*m=2 üblich bei Sporen (SIA 267 Kommentar)*
Passiver Erddruckbeiwert K_ph (ohne Böschung)	-	**3.077**	*Aus DC-Winkel Seite 3 (Meletta, ohne beta)*
4 Gleitwiderstand in der Fundamentsohle			
Bemessungsreibungswinkel φ_d = arctan(tanφ/γ_φ)	°	19.19	*Abgemindert*

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

4b Abminderung K_ph infolge Böschung beta

Bezeichnung	Einheit	Wert	Hinweis
K_ph,beta = K_ph x (1 - tan(beta))^2	-	0.550	*Böschungsabminderung nach EC7*
Bemessungskohäsion c_d = c_k / γ_c	kN/m²	3.33	
Gleitwiderstand Sohle R_t,d = N_d · tan(φ_d) + c_d · l_s	kN/m	140.863	*N_d x tan(phi_d) + c_d x l_s [phi_d aus C31]*

5 Passiver Erddruck auf Sporen (pro lfd. m Wand)

Auflast vor Sporen q_0 = γ · 0 (kein Überschüttung)	kN/m²	0.0	*Vereinfacht: kein Überdeckungsdruck angesetzt*
E_p pro Sporen (Dreieck + Rechteck)	kN	14.959	*E_p = (0.5*g*d²*Kph,b + q*d*Kph,b) * b_s*
Kohäsionsanteil E_pc pro Sporen	kN	10.7	*E_pc = 2·c·d·√Kph · b_s (nach Coulomb)*
E_p,total pro Sporen	kN	25.6	*Gesamtwiderstand ein Sporen*
E_p,d pro lfd. m (anteilig über Abstand a)	kN/m	4.273	*E_p,total / Sporenabstand a / m [1/m=Abminderung, kein zusätzl. γ_Ep]*

6 Nachweis Gleiten T_d ≤ R_t,d + E_p,d

Einwirkung T_d	kN/m	125.0	
Widerstand gesamt R_t,d + E_p,d	kN/m	145.1	*Sohle + Sporen*
Ausnutzung η = T_d / (R_t,d + E_p,d)	–	**0.86**	
Nachweis	–	✓ **ERFÜLLT**	

7 Nachweis waagrechte Ersatzgleitfuge (Kontrolle)

Horizontalkraft T_d (Ersatzgleitfuge)	kN/m	**143.38**	*Aus DC-Winkel Seite 8 (Bemessungswert)*
Vertikalkraft N_d (Ersatzgleitfuge)	kN/m	**313.57**	*Aus DC-Winkel Seite 8*
Reibungswinkel Ersatzfuge φ_k	°	**34**	*Lokalschotter (φ der waagrechten Fuge)*
φ_d Ersatzfuge	°	29.34	
Gleitwiderstand Ersatzfuge R_t,d	kN/m	176.3	*ohne Kohäsion (konservativ)*
E_p,d Sporen (wie oben)	kN/m	4.3	*Gleicher Ansatz*
Ausnutzung η	–	**0.79**	
Nachweis Ersatzgleitfuge	–	✓ **ERFÜLLT**	

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

Betonsporen

Die Betonsporen (t = 1.80 m, b = 0.80 m, l = 3.13 m, Abstand a = 3.00 m) werden als Schubkeil unter der Fundamentplatte ausgeführt. Sie übertragen die aus dem Tramverkehr resultierende Horizontalkraft als Querkraft in den Baugrund. Das aus der Horizontalkraft resultierende Biegemoment wird von der Fundamentplatte aufgenommen, welche im Programm DC-Winkel bemessen ist.

Die massgebende Bemessungsquerkraft pro Sporen beträgt:

$V_{Ed} = T_{d/m} \times a = 125\ kN/m \times 3.00\ m =$ **375 kN**

wobei T_d die Bemessungs-Horizontalkraft aus dem DC-Winkel-Ausdruck darstellt.

Die Horizontalkraft wird durch **Anschlussbügel** (Schubdübel) in die Fundamentplatte eingeleitet.
Die Anschlussbügel werden auf Abscheren sowie auf Dübeltragfähigkeit nach SIA 262:2013 nachgewiesen. Massgebend ist das Abscheren:

$V_{Rd,Abscheren} = 0.8 \times A_s \times f_{yd}$

Ein separater Fugennachweis entfällt, da die Sporen monolithisch mit der Fundamentplatte betoniert werden und die Anschlussbügel die volle Horizontalkraft aufnehmen.

Gewählt werden **Ø10 mm im Abstand 30 cm** über die Sporenlänge, was 10 Stäbe je Seite ergibt; insgesamt dann 20 Stäbe pro Sporen sind.

Der Gesamtwiderstand beträgt $V_{Rd,total} = 546\ kN > 375\ kN$ ($\eta = 0.69$). Die erforderliche Einbindelänge in die Fundamentplatte beträgt $l_{bd,min} = 357$ mm; mit 90°-Haken reduziert sich diese auf 250 mm, was bei einer Fundamentdicke von 400 mm eingehalten werden kann.

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

1.3 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

1.3.1 Begrenzung der Rissbreiten

Die Rissbreitenbegrenzung wird gemäss SIA 262:2013, Ziffer 5.2 sowie dem ASTRA Technischen Merkblatt 22 001-14210 (Fachhandbuch K, Kunstbauten) geführt. Die Stützmauer fällt hinsichtlich Rissbildung in zwei Kategorien:

- **Mauerwand** (im Grundwasser- und Spritzwasserbereich): hohe Anforderungen → w_nom = 0.20 mm
- **Fundamentplatte**: erhöhte Anforderungen → w_nom = 0.50 mm

Gemäss SIA 262, Tabelle 17 sind zwei Nachweise zu führen: das Verhindern spröden Versagens beim Erreichen von f_ctd (abgedeckt durch die Mindestbewehrung) sowie das Begrenzen der Rissbreiten unter aufgezwungenen oder behinderten Verformungen. Die massgebende Stahlspannung wird auf den zulässigen Wert begrenzt:

$$\sigma_s \leq \sigma_{s,adm} = \sqrt{\frac{9 \cdot E_s \cdot f_{ctm} \cdot w_{nom}}{\emptyset_s}}$$

⇨ mit $w_{nom} = 0.5\ mm$ (für erhöhte Anforderungen)
⇨ mit $w_{nom} = 0.2\ mm$ (für hohe Anforderungen)

Rissbreitenbegrenzung — Winkelstützwand SNCF

SIA 262 Ziff. 5.2 | blaue Zellen = Eingabe | Wand: hohe Anforderungen | Fundament: erhöhte Anforderungen

1 Materialwerte und Anforderungen (Eingabe)

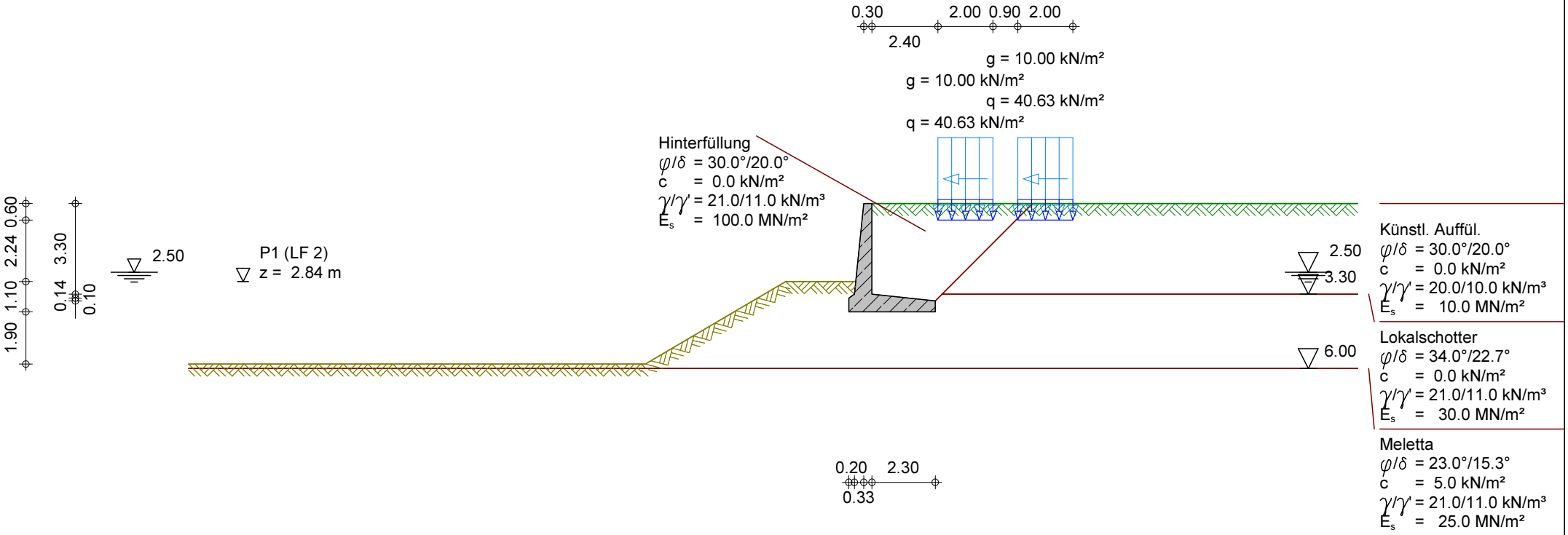
Bezeichnung	Einheit	Wert	Quelle / Hinweis
E_s	N/mm²	**205000**	*Elastizitätsmodul Stahl*
f_ctm Wand (erhöht C35/45)	N/mm²	**3.2**	*Für Rissbreitennachweis Wand*
f_ctm Fundament (erhöht)	N/mm²	**2.9**	*Für Rissbreitennachweis Fundament*
f_sd	N/mm²	**435**	*B500B*
w_nom Wand (hohe Anf.)	mm	**0.2**	*SIA 262 Tab. 17 — hohe Anforderungen*
w_nom Fundament (erhöhte Anf.)	mm	**0.5**	*SIA 262 Tab. 17 — erhöhte Anforderungen*

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

2 Wand — Rissbreitenbegrenzung (hohe Anforderungen, w_nom = 0.20 mm)			
Bezeichnung	**Einheit**	**Wert**	**Quelle / Hinweis**
Stabdurchmesser Wand Ø_w	mm	**16**	*Längsbewehrung Wand*
Wanddicke h	m	**0.63**	
t_max (begrenzt auf 0.50m)	m	**0.5**	*2 x 0.25m, ASTRA Merkblatt*
sigma_s,adm Wand	N/mm²	271.7	*sqrt(9*E_s*f_ctm*w_nom / Ø_w)*
Kontrolle sigma_s,adm <= f_sd	-	✓ sigma_s,adm <= f_sd	
k_t = 1/(1+0.5*t_max)	-	0.800	
f_ctd = k_t * f_ctm	N/mm²	2.56	
A_s,min,RB Wand = f_ctd*t*b / sigma_s,adm	mm²/m	2.4	*t/2 = eine Bewehrungslage, b=1000mm*
Gewählter Ø Wand	mm	**16**	
Gewählter Abstand s	cm	**12.5**	
A_s,vorh Wand	mm²/m	1608.5	
Nachweis Rissbreite Wand		**✓ ERFÜLLT (A_s,vorh >= A_s,min,RB)**	

3 Fundament — Rissbreitenbegrenzung (erhöhte Anforderungen, w_nom = 0.50 mm)			
Bezeichnung	**Einheit**	**Wert**	**Quelle / Hinweis**
Stabdurchmesser Fundament Ø_F	mm	**20**	
Fundamentdicke h_F	m	**0.50**	
t_max Fundament (begrenzt)	m	**0.45**	*min(h_F, 0.50m)*
sigma_s,adm Fundament	N/mm²	365.7	*sqrt(9*E_s*f_ctm*w_nom / Ø_F)*
k_t,F = 1/(1+0.5*t_max)	-	0.816	
f_ctd,F = k_t * f_ctm	N/mm²	2.37	
A_s,min,RB Fund. = f_ctd*t*b / sigma_s,adm	mm²/m	1.5	*t/2 = eine Lage, b=1000mm*
Gewählter Ø Fundament	mm	**20**	
Gewählter Abstand	cm	**12.5**	
A_s,vorh Fundament	mm²/m	2513.3	
Nachweis Rissbreite Fundament		**✓ ERFÜLLT (A_s,vorh >= A_s,min,RB)**	

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



	Seite 1
GELE: Stützmauer SNCF km 0.916	Übersicht
QP_1 - andauernd/vorübergehend	Maßstab : 1: 200

DC

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

Programm DC-Winkel *** Copyright 2004-2026 DC-Software Doster & Christmann GmbH, D-81245 München ***

Eingabedatei: K:\E2402020.001_Gesamtern.Leimental, Los 3\11_Statik\06_Winkelstützmauer\4_DC-Winkel\0_FINAL\QP_1-3_WSM_Nr.6_normal.dbm
Datum: 24.07.2026

Berechnung einer Winkelstützmauer nach SIA 267

Berechnung nach GZ Typ 2

Systemwerte

Wandkopf:	frei beweglich
Erddruckart:	erhöhter aktiver Erddruck, Ruhedruckanteil 50 %
Bodenart:	nicht bindiger Boden
Grundwasserstand:	2.50 m
Erddruckbeiwerte nach SIA 261	
Mindesterddruckbeiwert:	0.20
Verdichtungserddruck:	25.00 kN/m²

Wandgeometrie

Wandhöhe	3.30 m
Wanddicke oben	0.30 m
Wanddicke unten	0.63 m
Neigung Außenseite um	0.33 m, entspricht 1:10.00
Breite Fundament luftseitig	0.20 m
Dicke Fundament luftseitig	0.50 m mit Schräge 0.14 m
Breite Fundament erdseitig	2.30 m
Dicke Fundament erdseitig	0.40 m mit Schräge 0.24 m

Schichtdaten		Hinterfüllung	Künstl. Auffül.	Lokalschotter
Schichthöhe Δh	[m]	3.30	0.24	2.70
Innere Reibung cal φ'	[°]	30.00	30.00	34.00
Wandreibung aktiv δ_a	[°]	20.00	20.00	22.67
Wandreibung passiv δ_p	[°]	-15.00	-15.00	-17.00
Kohäsion cal c_a'	[kN/m²]	0.00	0.00	0.00
Wichte Boden γ	[kN/m³]	21.00	20.00	21.00
Wichte unter Auftrieb γ'	[kN/m³]	11.00	10.00	11.00
Steifemodul E_S	[MN/m²]	100.00	10.00	30.00
Erddruckbeiwerte				
Erddruckbeiwert K_{agh}	(aktiv)	0.279	0.279	0.235
Erddruckbeiwert K_{0h}	(Ruhe)	0.500	0.500	0.441
Angesetzt: 50 % K_{agh} + 50 % K_{0h}	(erh.)	0.390	0.390	0.338
Konzentrationsfaktor nach Fröhlich n = 4				
Kohäsionsbeiwert K_{ach}	(aktiv)	0.000	0.000	0.000
Erdwiderstandsbeiwert K_{pgh}	(passiv)	4.807	4.807	6.472
Kohäsionswid.beiwert K_{pch}	(passiv)	0.000	0.000	0.000

Schichtdaten		Meletta
Schichthöhe Δh	[m]	94.00
Innere Reibung cal φ'	[°]	23.00
Wandreibung aktiv δ_a	[°]	15.33
Wandreibung passiv δ_p	[°]	-11.50
Kohäsion cal c_a'	[kN/m²]	5.00
Wichte Boden γ	[kN/m³]	21.00
Wichte unter Auftrieb γ'	[kN/m³]	11.00
Steifemodul E_S	[MN/m²]	25.00

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

Erddruckbeiwerte

Erddruckbeiwert K_{agh}	(aktiv)	0.376
Erddruckbeiwert K_{0h}	(Ruhe)	0.609
Angesetzt: 50 % K_{agh} + 50 % K_{0h}	(erh.)	0.493
Konzentrationsfaktor nach Fröhlich n = 4		
Kohäsionsbeiwert K_{ach}	(aktiv)	1.226
Erdwiderstandsbeiwert K_{pgh}	(passiv)	3.077
Kohäsionswid.beiwert K_{pch}	(passiv)	3.508

Erddruckbeiwerte mit Wandneigung α		Künstl. Auffül.	Künstl. Auffül.	Lokalschotter
Abschnittshöhe Δh	[m]	3.30	0.80	0.64
Wandneigung α_A	[°]	0.00	0.00	0.00
Wandneigung α_P	[°]	-5.71	-5.71	0.00
Erddruckbeiwert K_{agh}	(aktiv)	0.279	0.279	0.235
Erddruckbeiwert K_{0h}	(Ruhe)	0.500	0.500	0.441
Angesetzt: 50 % K_{agh} + 50 % K_{0h}	(erh.)	0.390	0.390	0.338
Konzentrationsfaktor nach Fröhlich n = 4				
Kohäsionsbeiwert K_{ach}	(aktiv)	0.000	0.000	0.000
Erdwiderstandsbeiwert K_{pgh}	(passiv)	4.163	4.163	6.472
Kohäsionswid.beiwert K_{pch}	(passiv)	0.000	0.000	0.000

Erddruckbeiwerte mit Wandneigung α		Lokalschotter	Meletta
Abschnittshöhe Δh	[m]	2.06	94.00
Wandneigung α_A	[°]	0.00	0.00
Wandneigung α_P	[°]	0.00	0.00
Erddruckbeiwert K_{agh}	(aktiv)	0.235	0.376
Erddruckbeiwert K_{0h}	(Ruhe)	0.441	0.609
Angesetzt: 50 % K_{agh} + 50 % K_{0h}	(erh.)	0.338	0.493
Konzentrationsfaktor nach Fröhlich n = 4			
Kohäsionsbeiwert K_{ach}	(aktiv)	0.000	1.226
Erdwiderstandsbeiwert K_{pgh}	(passiv)	6.472	3.077
Kohäsionswid.beiwert K_{pch}	(passiv)	0.000	3.508

Wand- und Auflasten

Alle Lasten und Schnittkräfte beziehen sich auf 1 m Wandbreite

Streckenlasten auf das Gelände (g = ständige, p = veränderliche Last)
Eisenbahnlasten: p_H = Fliehkraft, S = Seitenstoß

Lastfall		q [kN/m²]	x_A [m]	x_E [m]	Tiefe [m]	Typ	p_H [kN/m]	S [kN]	γ	ψ
1	g	10.00	2.40	4.40	0.60	0			1.350	1.000
	g	10.00	5.30	7.30	0.60	0			1.350	1.000
	p	40.63	2.40	4.40	0.60	7	-	50.00	1.450	1.000
	p	40.63	5.30	7.30	0.60	7	-	50.00	1.450	1.000

Ansatz der Blocklasten:
0 = Standard: als Rechteck bzw. nach Fröhlich
7 = als Rechteck, wie bei aktivem Erddruck

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 1

γ -	G,stb	G,dst	Q,dst	H
	0.900	1.100	1.500	1.600

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 2

γ -	G	E0g	W	L	E0l	Q	Qv	Ep	Wg	φ^*	c*	R,h	R,v
	1.350	1.350	1.200	1.350	1.350	1.500	1.450	1.400	0.900	1.200	1.500	1.000	1.000

DC

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

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_1 - andauernd/vorübergehend

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 3

γ -	G	E0g	W	L	E0l	Q	Qv	Ep	Wg	φ	c	R,h
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.300	1.250	1.000	0.900	1.200	1.500	1.000

γ -	Teilsicherheitsbeiwert für ...
H	Strömungsdruck
G,stb	günstige ständige Einwirkungen
G,dst	ungünstige ständige Einwirkungen
Q,dst	ungünstige veränderliche Einwirkungen
G	Erddruck aus Bodeneigengewicht (außer Ruhedruck)
E0g	Erdruhedruck aus Bodeneigengewicht
W	ungüstig wirkenden Wasserdruck
L	ständige Lasten (außer aus Ruhedruck)
E0l	Erdruhedruck aus ständigen Lasten
Q	Einwirkungen aus Verkehrslasten
Qv	Einwirkungen aus Bahnverkehrslasten
Ep	Erdwiderstand
Wg	günstig wirkenden Wasserdruck
φ	Reibungsbeiwert tanφ
c	Kohäsion c
R,h	Gleitwiderstand
R,v	Grundbruchwiderstand

* nur für Grundbruch

DC

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

Lastfall 1

Erd- und Wasserdrücke nach GZ Typ 2 (mit Sicherheiten)

Erddruckverlauf für Wandbelastung ab Wandkopf

Tiefe z [m]	e_h-Summe [kN/m²]	e_h-Boden+Großfl. [kN/m²]	e_h-Begr.Auflast [kN/m²]
0.00	0.000	0.000	0.000
0.44	33.750	33.750	0.000
0.60	33.750	33.750	0.000
0.75	33.750	33.750	0.008
1.00	33.750	33.750	0.054
1.25	33.750	33.750	0.134
1.50	33.750	33.750	0.234
1.75	33.750	33.750	0.342
1.99	33.750	33.750	0.440
1.99	34.357	33.750	12.421
2.00	34.522	33.750	12.426
2.25	37.376	33.750	12.519
2.38	38.863	33.750	12.558
2.50	40.214	34.594	12.595
2.75	41.720	35.522	12.654
3.00	43.209	36.450	12.697
3.25	44.684	37.378	12.725
3.30	44.977	37.564	12.728

Erddruckverlauf für Standsicherheitsuntersuchung ab GOK = 0.00 m

Tiefe z [m]	e_h-Summe [kN/m²]	e_h-Boden+Großfl. [kN/m²]	e_h-Begr.Auflast [kN/m²]
0.00	0.000	0.000	0.000
0.60	7.070	7.070	0.000
0.75	8.839	8.838	0.001
1.00	11.793	11.784	0.009
1.25	14.753	14.730	0.024
1.29	15.191	15.165	0.026
1.29	32.886	15.165	17.721
1.50	35.414	17.676	17.739
1.75	38.385	20.622	17.763
2.00	41.359	23.568	17.791
2.25	44.335	26.514	17.821
2.50	47.311	29.460	17.852
2.59	47.900	30.037	17.863
2.59	57.233	30.037	27.196
2.75	58.217	31.003	27.214
3.00	59.788	32.546	27.242
3.25	61.357	34.089	27.268
3.30	61.670	34.398	27.272
3.30	55.220	27.948	27.272
3.50	56.241	28.951	27.291
3.75	57.514	30.204	27.310
3.94	58.479	31.157	27.322

(berechnet für Ersatzwand unter ϑ_a' ab z = 0.00 m, mit $\delta_a = \varphi$)

DC

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

Phase P1

Bauphase: Tiefe = 1.10 m über FUK, Wasserstand = 1.44 m über FUK

Berme vor dem Wandfuß: x_1 = 2.30 m, x_2 = 7.40 m, dh = 3.00 m
Hinweis: Die Böschung vor dem Wandfuß wird abgeflacht, φ = 30.0°
x_1 = 2.20 m, x_2 = 7.40 m, dh = 3.00 m

Passiver Erddruck wird nicht angesetzt

Angesetzter Wasserdruck

Tiefe z [m]	$w_{Erdseite}$ [kN/m²]	$w_{Baugrube}$ [kN/m²]	w_{Gesamt} [kN/m²]
0.000	0.000	0.000	0.000
2.500	0.000	0.000	0.000
3.300	9.600	9.600	0.000

Auflasten aus Wandbestandteilen (je m Wand)

Eigengewicht der Wand:	48.44 kN		
Eigengewicht Fundament Luftseite:	2.85 kN,	Hebelarm zur Fundament-Schwerachse:	1.46 m
Auflasten auf Fundament Luftseite:	1.07 kN,	Hebelarm zur Fundament-Schwerachse:	1.47 m
Auflast aus Wasser Luftseite:	1.74 kN,	Hebelarm zur Fundament-Schwerachse:	1.47 m
Eigengewicht Fundament Erdseite:	29.90 kN,	Hebelarm zur Fundament-Schwerachse:	0.33 m
Auflasten auf Fundament Erdseite:	82.83 kN,	Hebelarm zur Fundament-Schwerachse:	0.02 m
Auflast aus Wasser Erdseite:	18.54 kN,	Hebelarm zur Fundament-Schwerachse:	0.33 m

Belastung und Schnittgrößen der Wand (nach GZ Typ 2, Verformungen charakteristisch)
Alle Werte je m Wand, bezogen auf die Schwerachse
(Verformungen einschließlich Neigung aus Setzungen)

Tiefe z [m]	H-Druck h_d [kN/m]	Verformung w [mm]	Moment M_d [kNm]	Querkraft V_d [kN]
0.000	-0.51	6.4	0.00	0.00
0.442	32.82	5.7	-0.78	-7.15
0.600	32.79	5.4	-2.12	-12.32
0.750	32.77	5.1	-4.15	-17.23
1.000	32.73	4.7	-9.16	-25.42
1.250	32.68	4.3	-16.19	-33.60
1.500	32.64	3.8	-25.25	-41.76
1.750	32.60	3.4	-36.34	-49.92
1.986	33.10	3.0	-48.63	-57.60
1.998	32.56	3.0	-49.34	-58.02
1.998	33.17			
2.000	33.33		-49.43	-58.07
2.250	34.46	2.6	-64.60	-66.76
2.303	36.14	2.5	-68.15	-68.70
2.381	37.60	2.4	-73.42	-71.59
2.500	38.93	2.2	-81.99	-76.14
2.717	40.19	1.8	-99.02	-84.73
2.750	40.38	1.8	-101.77	-86.05
2.840	40.89	1.6	-109.50	-89.71
2.840	29.47			
2.898	29.72	1.5	-114.69	-91.44
3.000	30.14	1.4	-123.97	-94.48
3.250	31.17	1.0	-148.10	-102.14
3.300	31.37	0.9	-153.15	-103.71

Phase P1	max. M	0.00	zug. V	0.00	max. V	0.00	zug. M	0.00
	min. M	-153.15	zug. V	-103.71	min. V	-103.71	zug. M	-153.15
	max. w	6.4 mm						

DC

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

Längsbelastung der Wand

Tiefe z [m]	Längsbel. n_d [kN/m]	Normalkraft N_d [kN]
0.000	10.11	0.00
0.442	19.42	-6.53
0.600	19.95	-9.64
0.750	20.46	-12.67
1.000	21.30	-17.89
1.250	22.15	-23.32
1.500	22.99	-28.96
1.750	23.83	-34.81
1.986	24.56	-40.52
1.998	24.63	-40.83
1.998	24.66	
2.000	24.71	-40.88
2.250	25.11	-47.18
2.303	25.70	-48.55
2.381	26.21	-50.58
2.500	26.68	-53.72
2.717	27.74	-59.63
2.750	27.92	-60.55
2.840	28.43	-63.08
2.840	26.17	
2.898	26.45	-64.62
3.000	27.00	-67.34
3.250	28.33	-74.25
3.300	28.60	-75.67

Schnittgrößen in der Sohlfuge
(berechnet mit Erddruck für Standsicherheitsuntersuchung)

N_d = -373.49 kN, V_d = -123.31 kN, M_d = -101.45 kNm
Ausmitte e_d = 0.27 m
Schnittgrößen mit Sohlwasserdruck:
N_d = -319.41 kN, V_d = -123.31 kN, M_d = -101.45 kNm
Ausmitte e_d = 0.32 m

Bodenpressung unter der Sohle

σ_{1d} = 164.177 kN/m², σ_{2d} = 39.916 kN/m², Breite der Druckzone: 3.13 m
Sohlnormalspannung $\sigma_{0r,d}$ = 128.030 kN/m²

Bodenpressung unter der Sohle für Wandbemessung (ohne Reduktion durch Sohlwasserdruck)
σ_{1d} = 241.695 kN/m², σ_{2d} = 0.000 kN/m², Breite der Druckzone: 2.66 m

Nachweis gegen Kippen im GZ Typ 1

Nachweis für ständige Lasten:
Schnittgrößen in der Sohlfuge
N_d = -205.99 kN, M_d = -74.25 kNm
Sohldruckkraft im Kern: e_d = 0.36 m <= 0.333*b = 1.04 m ***** Nachweis erfüllt *****
Ausnutzungsgrad: 0.35

Nachweis für Gesamtlasten:
Schnittgrößen in der Sohlfuge
N_d = -249.32 kN, M_d = -86.28 kNm
Sohldruckkraft im Kern: e_d = 0.35 m <= 0.333*b = 1.04 m ***** Nachweis erfüllt *****

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

Ausnutzungsgrad: 0.33

Nachweis der Gleitsicherheit im GZ Typ 2

		Charakteristisch	Bemessungswerte
Belastung T	=	102.02 kN	123.31 kN
Belastung V	=	237.64 kN	
Reibungswinkel Sohle δ	=	22.67 °	19.19 °
Kohäsion c	=	0.00 kN/m²	
Gleitwiderstand R_t	=	99.24 kN	82.70 kN
Nachweis: T_d / ($R_{t,d}$ + $E_{p,d}$)	=	1.49 > 1.0	***** Nachweis nicht erfüllt *****

Nachweis der Grundbruchsicherheit im GZ Typ 2

Böschung von 2.30 m bis 7.40 m, Höhe -3.00 m

Belastung		Charakteristisch	Bemessungswerte
Auflast P	=	8317.41 kN	11179.21 kN
Horizontallast H	=	3570.70 kN	4315.90 kN
Moment M	=	2452.62 kNm	3550.68 kNm
Neigung der Resultierenden tan(δ_S) = H/V	=	0.39	

Abmessungen		
Böschungsneigung ß (verändert, siehe Hinweis)	=	26.00 °
Einbindetiefe d (einschl. Auflast aus Böschung)	=	1.89 m
Ersatzbreite b'	=	2.49 m
Ersatzbreite quer a'	=	35.00 m

Ergebnisse					
Breite der Grundbruchfigur				= 7.82 m	
Tiefe der Grundbruchfigur				= 1.54 m	
Maßgebende Bodenkennwerte:	γ oberhalb Gründungssohle			= 11.00 kN/m³	11.00 kN/m³
	γ unterhalb Gründungssohle			= 11.00 kN/m³	11.00 kN/m³
	Reibungswinkel φ			= 31.29 °	26.86 °
	Kohäsion c			= 0.96 kN/m²	0.64 kN/m²
Tragfähigkeitsbeiwerte N_c, N_q, N_γ	=	23.69	13.00	10.93	
Lastneigungsbeiwerte i_c, i_q, i_γ	=	0.29	0.35	0.21	
Formbeiwerte s_c, s_q, s_γ	=	1.04	1.04	0.97	
Tiefenbeiwerte d_c, d_q, d_γ	=	1.26	1.20	1.00	
Geländeneigungsbeiwerte g_c, g_q, g_γ	=	0.82	0.25	0.25	

Grundbruchspannung p_d	=	41.10 kN/m²
Bemessungswert Grundbruchwiderstand R_d	=	3588.64 kN
Bemessungswert Beanspruchung N_d	=	11179.21 kN
Nachweis: N_d / R_d = 3.12 > 1.0		***** Nachweis nicht erfüllt *****

Hinweis: Die Böschungsneigung wurde iteriert wegen begrenzter Böschungsbreite.
(Iteration zwischen 14.40° und 30.47°)

Setzungsberechnung im GZ Gebrauchstauglichkeit

bezogen auf die Bodenpressungen an den kennzeichnenden Punkten:

Setzung am Fundamentrand Luftseite:	12.3 mm
Setzung am Fundamentrand Erdseite:	8.9 mm

DC

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

Bestimmung der Sicherheit gegen Geländebruch nach Krey-Bishop im GZ Typ 3
Maßgebender Gleitkreis: x_M = -4.46, z_M = 1.80 m, R = 9.15 m
Gleitkörper von x = -9.49 m bis 4.51 m

Bestimmung der Lamellen-Anteile

x_M [m]	Breite b [m]	Eigen-gewicht [kN/m]	Auflast [kN/m]	Wasser-auflast [kN/m]	Reibungs-winkel φ_k [°]	Kohäsion c_k [kN/m²]	Neigungs-winkel ϑ [°]
-8.75	0.50	4.61	0.00	16.70	23.00	5.00	-27.96
-8.25	0.50	7.55	0.00	16.36	23.00	5.00	-24.47
-7.75	0.50	12.37	0.00	15.29	23.00	5.00	-21.07
-7.25	0.50	17.31	0.00	13.82	23.00	5.00	-17.75
-6.75	0.50	21.91	0.00	12.35	23.00	5.00	-14.49
-6.25	0.50	26.20	0.00	10.88	23.00	5.00	-11.28
-5.75	0.50	30.19	0.00	9.41	23.00	5.00	-8.11
-5.25	0.50	33.88	0.00	7.94	23.00	5.00	-4.95
-4.75	0.50	37.28	0.00	6.46	23.00	5.00	-1.82
-4.25	0.50	40.39	0.00	4.99	23.00	5.00	1.32
-3.75	0.50	43.21	0.00	3.52	23.00	5.00	4.45
-3.25	0.50	45.55	0.00	2.24	23.00	5.00	7.60
-2.75	0.50	45.64	0.00	1.70	23.00	5.00	10.77
-2.25	0.50	44.49	0.00	1.70	23.00	5.00	13.98
-1.75	0.50	43.02	0.00	1.70	23.00	5.00	17.23
-1.25	0.50	41.22	0.00	1.70	23.00	5.00	20.54
-0.92	0.17	13.55	0.00	0.58	23.00	5.00	22.80
-0.67	0.33	17.91	45.68 *	0.00	23.00	5.00	24.51
-0.25	0.50	25.00	62.50 *	0.00	23.00	5.00	27.40
0.25	0.50	22.06	54.41 *	0.00	23.00	5.00	30.98
0.75	0.50	18.67	46.32 *	0.00	34.00	0.00	34.71
1.25	0.50	14.76	38.23 *	0.00	34.00	0.00	38.61
1.75	0.50	10.24	30.15 *	0.00	34.00	0.00	42.74
2.15	0.30	3.68	14.21 *	0.00	34.00	0.00	46.26
2.40	0.20	17.89	14.48	0.00	34.00	0.00	48.57
2.75	0.50	40.06	36.21	0.00	34.00	0.00	52.00
3.25	0.50	31.95	36.21	0.00	30.00	0.00	57.42
3.75	0.50	23.18	36.21	0.00	30.00	0.00	63.81
4.25	0.50	9.57	36.21	0.00	30.00	0.00	72.17
4.51	0.01	0.01	0.00	0.00	30.00	0.00	78.49

* = Auflast aus Bodenpressung unter dem Fundament im GZ Typ 3

x_M [m]	Porenwasser-druck u [kN/m²]	$R*T_i$ [kNm/m]	$R*G*\sin(\vartheta)$ [kNm/m]
-8.75	37.81	32.44	-91.41
-8.25	40.28	36.30	-90.63
-7.75	42.37	45.23	-90.98
-7.25	44.14	53.08	-86.84
-6.75	45.58	59.82	-78.46
-6.25	46.73	65.67	-66.37
-5.75	47.58	70.80	-51.08
-5.25	48.15	75.35	-33.03
-4.75	48.45	79.39	-12.69
-4.25	48.47	83.01	9.53
-3.75	48.22	86.26	33.18
-3.25	47.69	89.16	57.83
-2.75	46.88	88.04	80.95
-2.25	45.79	85.51	102.07
-1.75	44.39	82.78	121.19
-1.25	42.68	79.80	137.78
-0.92	41.35	26.42	50.07

DC

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

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_1 - andauernd/vorübergehend

x_M [m]	Porenwasser-druck u [kN/m²]	$R*T_i$ [kNm/m]	$R*G*\sin(\vartheta)$ [kNm/m]
-0.67	40.25	162.54	241.31
-0.25	38.23	223.52	368.35
0.25	35.44	195.99	360.18
0.75	32.21	217.25	338.61
1.25	28.49	173.47	302.58
1.75	24.19	128.30	250.78
2.15	20.26	54.39	118.23
2.40	17.54	134.59	222.09
2.75	13.33	331.61	549.90
3.25	6.26	297.27	525.52
3.75	0.00	292.57	487.53
4.25	0.00	256.43	398.71
4.51	0.00	0.04	0.05
Summen:		3607.00	4154.95

Wasserdruck W [kN/m]	Hebelarm [m]	M abtreibend [kNm/m]
51.21	6.49	-369.12

Einwirkungen E_d = 3785.83 [kN/m]
Widerstände R_d = 3607.00 [kN/m]

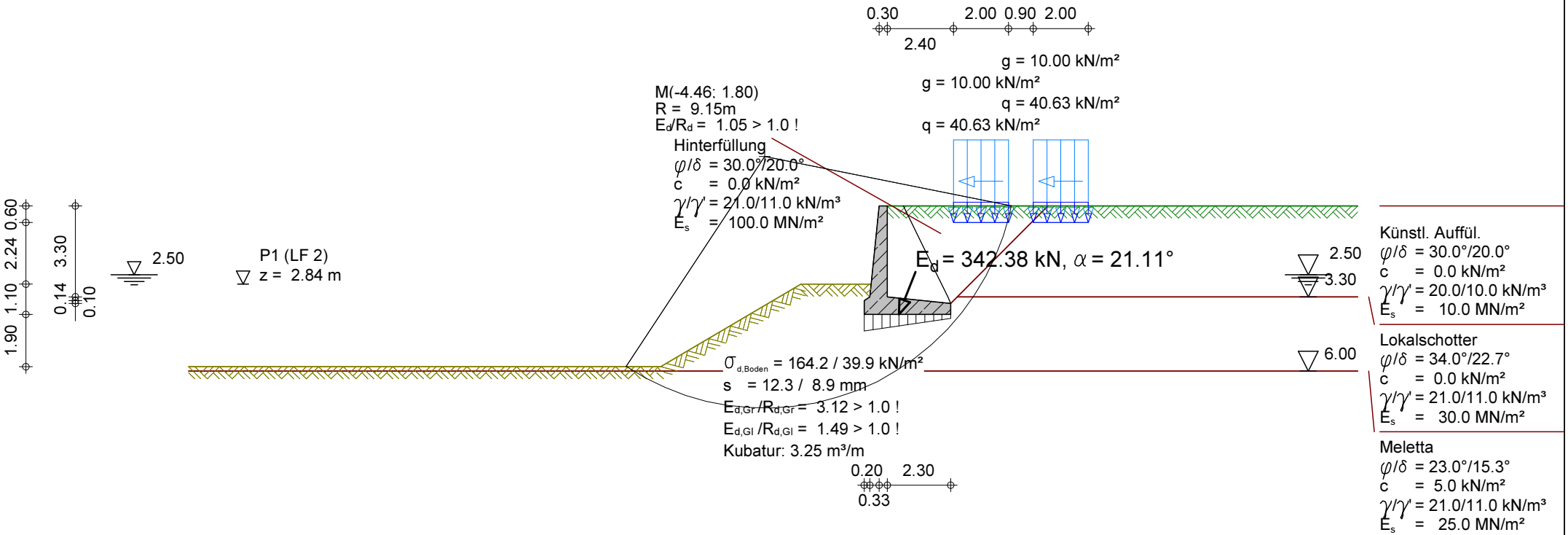
E_d/R_d = 1.05 > 1.0 ***** Nachweis nicht erfüllt *****

Wandkubatur
Kubatur Fundament: 1.71 m³/m
Kubatur Wand: 1.53 m³/m

Kubatur gesamt: 3.25 m³/m

DC

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

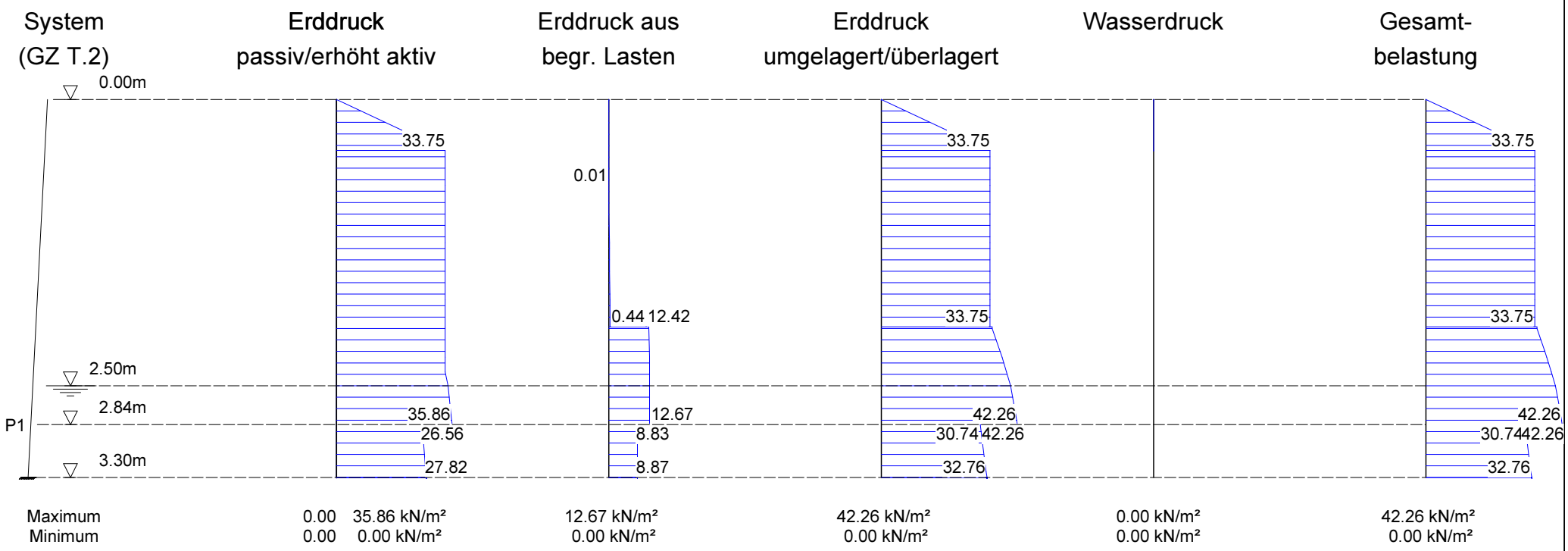


GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_1 - andauernd/vorübergehend

Seite	11
Phase	P1
Lastfall	1
Maßstab :	1: 200

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

Erddruck auf die Wand (Bem.) (GZ Typ 2)



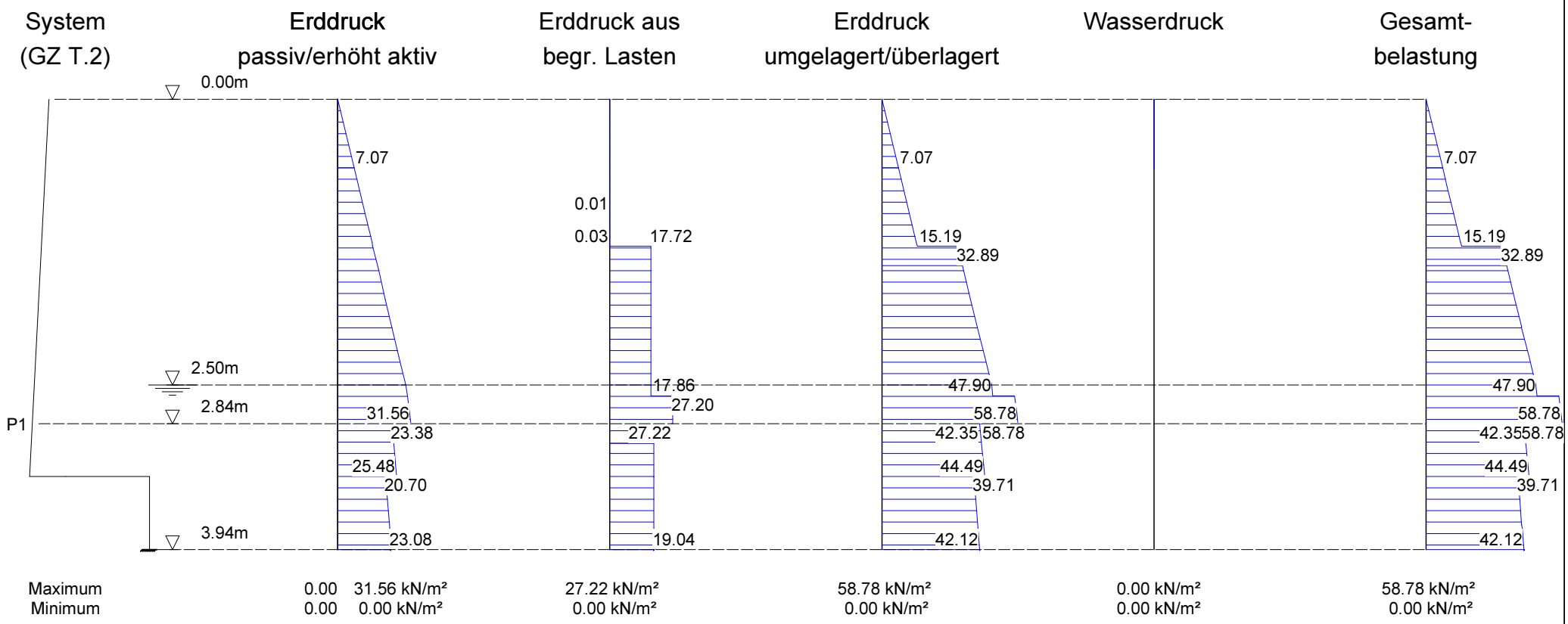
Maximum	0.00	35.86 kN/m²	12.67 kN/m²	42.26 kN/m²	0.00 kN/m²	42.26 kN/m²
Minimum	0.00	0.00 kN/m²	0.00 kN/m²	0.00 kN/m²	0.00 kN/m²	0.00 kN/m²

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_1 - andauernd/vorübergehend

Seite	12
Phase	P1
Lastfall	1
Maßstab :	1: 50

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

Erddruck für Standsicherheit (Bem.) (GZ Typ 2)

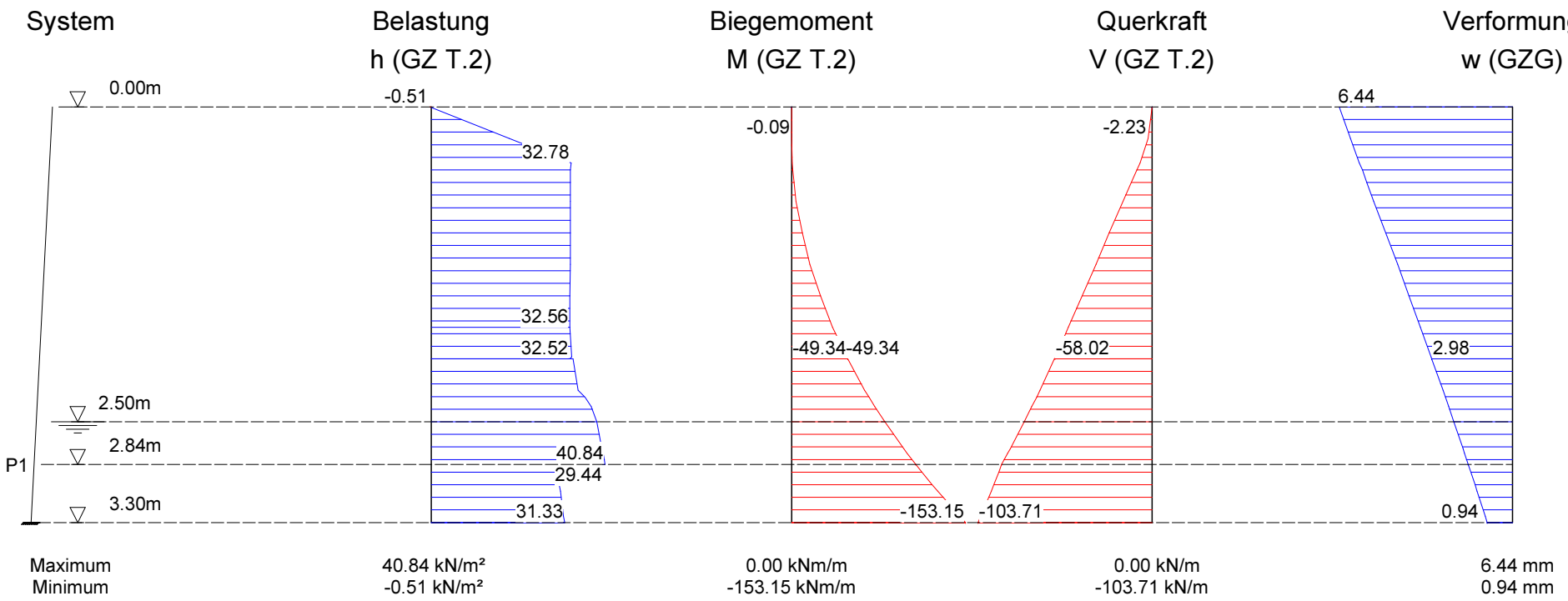


Maximum	0.00 31.56 kN/m²	27.22 kN/m²	58.78 kN/m²	0.00 kN/m²	58.78 kN/m²
Minimum	0.00 0.00 kN/m²	0.00 kN/m²	0.00 kN/m²	0.00 kN/m²	0.00 kN/m²

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_1 - andauernd/vorübergehend

Seite	13
Phase	P1
Lastfall	1
Maßstab :	1: 50

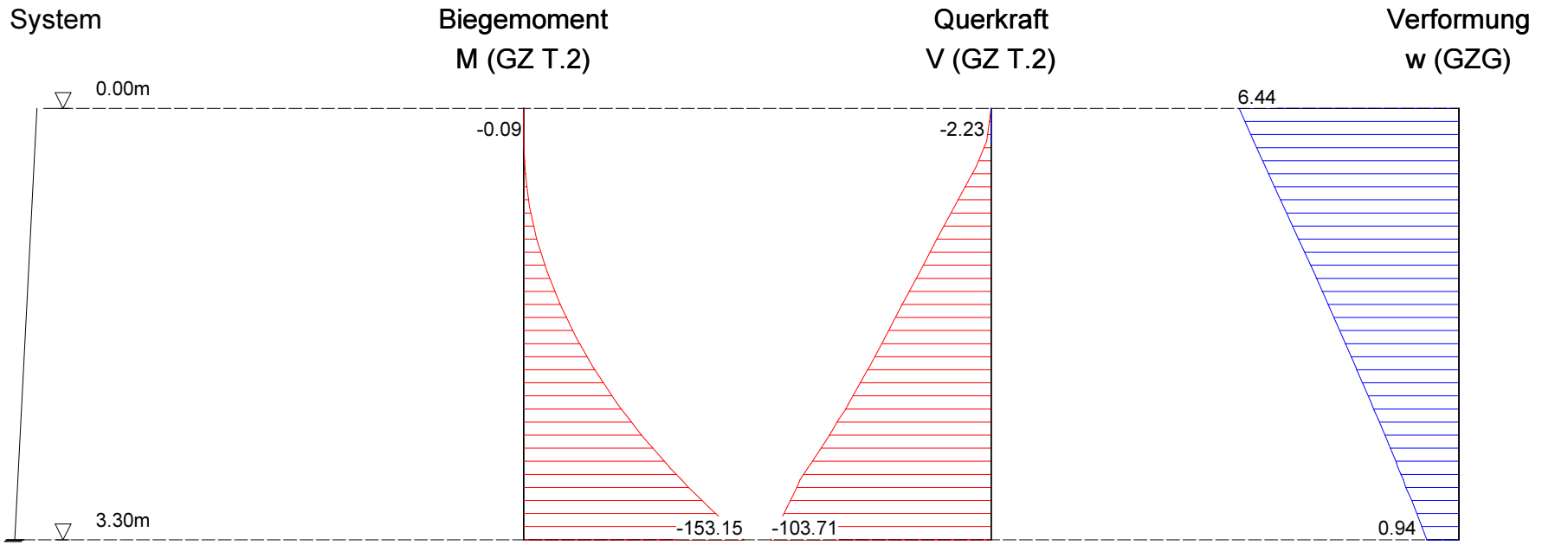
Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C



GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_1 - andauernd/vorübergehend

Seite	14
Phase	P1
Lastfall	1
Maßstab :	1: 50

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



Maximum	0.00	0.00 kNm/m		0.00	0.00 kN/m	6.44	0.00 mm
Minimum	0.00	-153.15 kNm/m		-103.71	0.00 kN/m	0.94	0.00 mm

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_1 - andauernd/vorübergehend

Seite 15
Einhüllende
Maßstab : 1: 50

DC

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

Stahlbetonbemessung nach SIA 262

Maßgebende Schnittgrößen (je lfm Wand):
Sicherheitsbeiwerte
für Lasten: γ_F nach GZ Typ 2
für Widerstände: γ_R = 1.50 (Beton), 1.15 (Stahl)

		Bemessungsschnittgrößen
maßg. Moment	max. M_d =	-153.15 kNm/m
	zug. N_d =	-75.67 kN/m
	bei z =	3.30 m
maßg. Moment	min. M_d =	-153.15 kNm/m
	zug. N_d =	-75.67 kN/m
	bei z =	3.30 m
maßg. Querkraft	max. V_d =	95.99 kN/m
(bis Abstand d)	zug. M_d =	-128.65 kNm/m
	zug. N_d =	-68.69 kN/m
	bei z =	3.05 m

Materialwerte: Beton C30/37 Bewehrung: B500B
Randabstand Bewehrungsachse d = 5.0 cm

Maximale Bewehrung
bei max. M (z = 3.30 m): erf. A_S Luftseite = 18.90 cm²/m * (0.00)
bei min. M (z = 3.30 m): erf. A_S Erdseite = 18.90 cm²/m * (4.84)
bei max. V (z = 3.05 m): erf. Schubbewehrung $A_{SBü}$ = 0.00 cm²/m²
(Druckstrebenneigung α = 30.0°, v_{Rd} = 447.53 kN/m, $v_{Rd,c}$ = 2607.25 kN/m)
(für Schubbemessung angesetzte Längsbewehrung: erf. A_S im Schnitt)

Abschnittsweise Bemessung der Wand

Tiefe [m]	Moment M_d [kNm/m]	Normalkraft N_d [kN/m]	Querkraft V_d [kN/m]	Biegebewehrung $A_{S,L}/A_{S,E}$ [cm²/m]	Schubbewehrung [cm²/m²]
0.00	0.00 / 0.00	0.00 / 0.00	0.00	(0.00) 2.10* / 2.10* (0.00)	0.00
0.50	-1.17 / -1.17	-7.66 / -7.66	9.04	(0.00) 9.00* / 9.00* (0.00)	0.00
1.00	-9.16 / -9.16	-17.89 / -17.89	25.42	(0.00) 12.00* / 12.00* (0.34)	0.00
1.50	-25.25 / -25.25	-28.96 / -28.96	41.76	(0.00) 13.50* / 13.50* (1.01)	0.00
2.00	-49.43 / -49.43	-40.88 / -40.88	58.07	(0.00) 15.00* / 15.00* (1.88)	0.00
2.50	-81.99 / -81.99	-53.72 / -53.72	76.14	(0.00) 16.50* / 16.50* (2.91)	0.00
3.00	-123.97 / -123.97	-67.34 / -67.34	94.48	(0.00) 18.00* / 18.00* (4.09)	0.00
3.05	-128.65 / -128.65	-68.69 / -68.69	95.99	(0.00) 18.15* / 18.15* (4.22)	0.00
3.30	-153.15 / -153.15	-75.67 / -75.67		(0.00) 18.90* / 18.90* (4.84)	

Bemessung Fundament Luftseite
maßg. Moment M_d = -1.99 kNm/m, Normalkraft N_d = -18.57 kN/m, Querkraft V_d = 0.00 kN/m
erf. A_{so} = 6.30 cm²/m * (0.00) (am Anschnitt)
erf. A_{su} = 6.30 cm²/m * (0.00) (am Anschnitt)
erf. Schubbewehrung $A_{sBü}$ = 0.00 cm²/m² (am Anschnitt)
(Druckstrebenneigung α = - , v_{Rd} = - , $v_{Rd,c}$ = -)
(für Schubbemessung angesetzte Längsbewehrung: erf. A_S im Schnitt)

Bemessung Fundament Erdseite (keine direkte Lagerung)
maßg. Moment M_d = -189.89 kNm/m, Normalkraft N_d = 46.32 kN/m, Querkraft V_d = 125.84 kN/m
erf. A_{so} = 19.20 cm²/m * (7.48) (am Anschnitt)
erf. A_{su} = 19.20 cm²/m * (0.00) (am Anschnitt)
erf. Schubbewehrung $A_{sBü}$ = 0.00 cm²/m² (Abstand 0.59 m vom Anschnitt)
(Druckstrebenneigung α = 45.0°, v_{Rd} = 646.31 kN/m, $v_{Rd,c}$ = 3208.26 kN/m)
(für Schubbemessung angesetzte Längsbewehrung: erf. A_S im Schnitt)

DC

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

Abschnittsweise Bemessung des Fundaments erdseitig

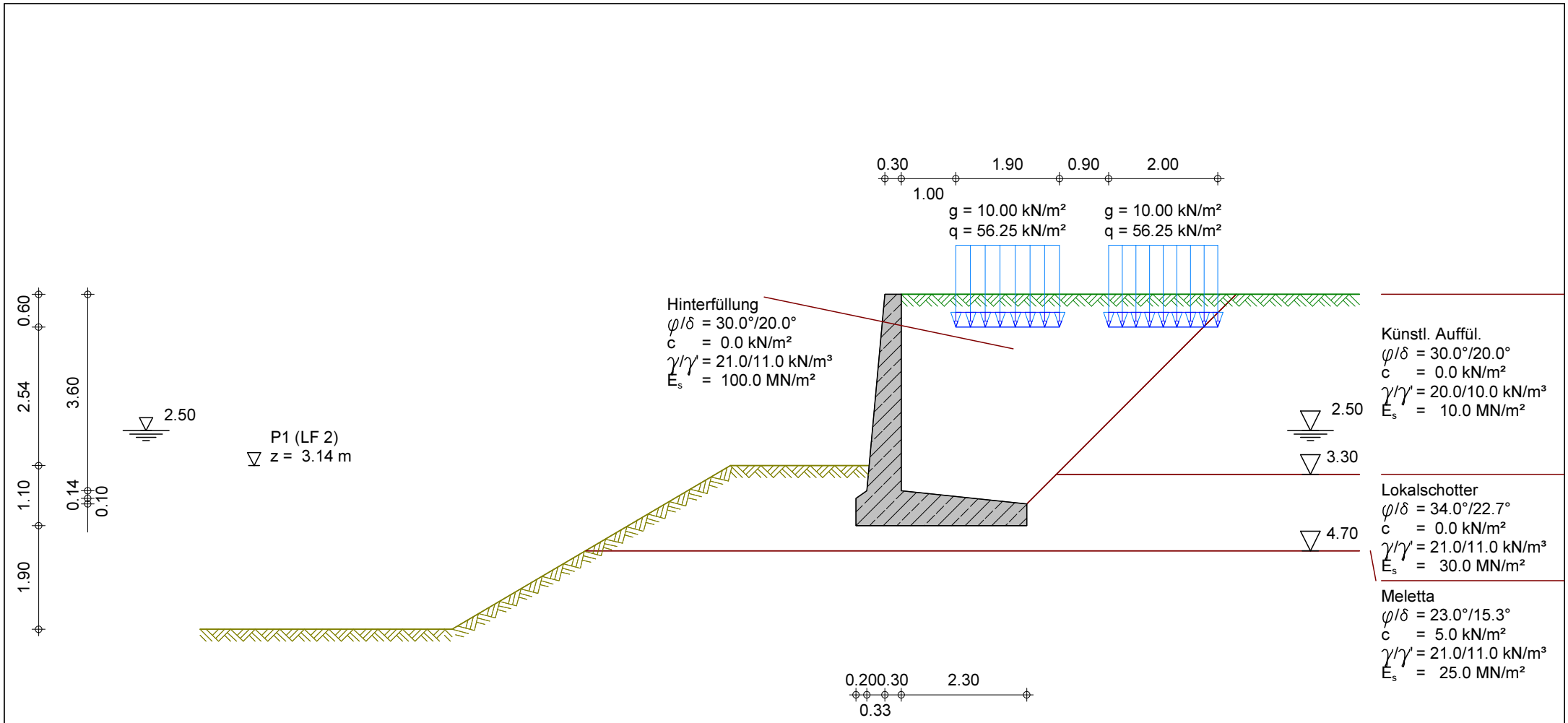
Breite [m]	Moment M_d [kNm/m]	Normalkraft N_d [kN/m]	Querkraft V_d [kN/m]	Biegebewehrung $A_{S,o}/A_{S,u}$ [cm²/m]	Schubbewehrung [cm²/m²]
0.00	-189.89 /-189.89	46.32 / 46.32	111.08	(7.48) 19.20* / 19.20* (0.00)	0.00
0.59	-129.63 /-129.63	13.45 / 13.45	125.84	(4.89) 19.20* / 19.20* (0.00)	0.00
1.00	-84.30 / -84.30	-1.95 / -1.95	117.48	(3.05) 19.20* / 19.20* (0.00)	0.00
1.50	-35.64 / -35.64	-12.49 /-12.49	86.62	(1.15) 19.20* / 19.20* (0.00)	0.00
2.00	-5.19 / -5.19	-14.48 /-14.48	34.35	(0.02) 19.20* / 19.20* (0.00)	0.00

* = Mindestbewehrung maßgebend
(Werte in Klammern: statisch erforderliche Bewehrung ohne Mindestbewehrung)

Zusammenfassung

Folgende Nachweise sind nicht erfüllt:
Die Gleitsicherheit ist nicht eingehalten.
Die Grundbruchsicherheit ist nicht eingehalten.
Die Geländebruchsicherheit ist nicht eingehalten.

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



Seite	1
Übersicht	
Maßstab :	1: 100

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
GP_1 - aussergewöhnlich

DC

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

Programm DC-Winkel *** Copyright 2004-2026 DC-Software Doster & Christmann GmbH, D-81245 München ***

Eingabedatei: K:\E2402020.001_Gesamtern.Leimental, Los 3\11_Statik\06_Winkelstützmauer\4_DC-Winkel\0_FINAL\QP_1-3_WSM_Nr.6_aussergewöhnlich.dbm
Datum: 23.07.2026

Berechnung einer Winkelstützmauer nach SIA 267

Berechnung nach GZ Typ 2

Systemwerte

Wandkopf:	frei beweglich
Erddruckart:	erhöhter aktiver Erddruck, Ruhedruckanteil 50 %
Bodenart:	nicht bindiger Boden
Grundwasserstand:	2.50 m
Erddruckbeiwerte nach SIA 261	
Mindesterddruckbeiwert:	0.20

Wandgeometrie

Wandhöhe	3.60 m
Wanddicke oben	0.30 m
Wanddicke unten	0.63 m
Neigung Außenseite um	0.33 m, entspricht 1:10.91
Breite Fundament luftseitig	0.20 m
Dicke Fundament luftseitig	0.50 m mit Schräge 0.14 m
Breite Fundament erdseitig	2.30 m
Dicke Fundament erdseitig	0.40 m mit Schräge 0.24 m

Schichtdaten		Hinterfüllung	Künstl. Auffül.	Lokalschotter
Schichthöhe Δh	[m]	3.60	0.54	1.40
Innere Reibung cal φ'	[°]	30.00	30.00	34.00
Wandreibung aktiv δ_a	[°]	20.00	20.00	22.67
Wandreibung passiv δ_p	[°]	-15.00	-15.00	-17.00
Kohäsion cal c_a'	[kN/m²]	0.00	0.00	0.00
Wichte Boden γ	[kN/m³]	21.00	20.00	21.00
Wichte unter Auftrieb γ'	[kN/m³]	11.00	10.00	11.00
Steifemodul E_S	[MN/m²]	100.00	10.00	30.00
Erddruckbeiwerte				
Erddruckbeiwert K_{agh}	(aktiv)	0.279	0.279	0.235
Erddruckbeiwert K_{0h}	(Ruhe)	0.500	0.500	0.441
Angesetzt: 50 % K_{agh} + 50 % K_{0h}	(erh.)	0.390	0.390	0.338
Konzentrationsfaktor nach Fröhlich n = 4				
Kohäsionsbeiwert K_{ach}	(aktiv)	0.000	0.000	0.000
Erdwiderstandsbeiwert K_{pgh}	(passiv)	4.807	4.807	6.472
Kohäsionswid.beiwert K_{pch}	(passiv)	0.000	0.000	0.000

Schichtdaten		Meletta
Schichthöhe Δh	[m]	95.30
Innere Reibung cal φ'	[°]	23.00
Wandreibung aktiv δ_a	[°]	15.33
Wandreibung passiv δ_p	[°]	-11.50
Kohäsion cal c_a'	[kN/m²]	5.00
Wichte Boden γ	[kN/m³]	21.00
Wichte unter Auftrieb γ'	[kN/m³]	11.00
Steifemodul E_S	[MN/m²]	25.00

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

Erddruckbeiwerte

Erddruckbeiwert K_{agh}	(aktiv)	0.376
Erddruckbeiwert K_{0h}	(Ruhe)	0.609
Angesetzt: 50 % K_{agh} + 50 % K_{0h}	(erh.)	0.493
Konzentrationsfaktor nach Fröhlich n = 4		
Kohäsionsbeiwert K_{ach}	(aktiv)	1.226
Erdwiderstandsbeiwert K_{pgh}	(passiv)	3.077
Kohäsionswid.beiwert K_{pch}	(passiv)	3.508

Erddruckbeiwerte mit Wandneigung α		Künstl. Auffül.	Künstl. Auffül.	Lokalschotter
Abschnittshöhe Δh	[m]	3.60	0.80	0.30
Wandneigung α_A	[°]	0.00	0.00	0.00
Wandneigung α_P	[°]	-5.24	-5.24	-5.24
Erddruckbeiwert K_{agh}	(aktiv)	0.279	0.279	0.279
Erddruckbeiwert K_{0h}	(Ruhe)	0.500	0.500	0.500
Angesetzt: 50 % K_{agh} + 50 % K_{0h}	(erh.)	0.390	0.390	0.390
Konzentrationsfaktor nach Fröhlich n = 4				
Kohäsionsbeiwert K_{ach}	(aktiv)	0.000	0.000	0.000
Erdwiderstandsbeiwert K_{pgh}	(passiv)	4.209	4.209	5.477
Kohäsionswid.beiwert K_{pch}	(passiv)	0.000	0.000	0.000

Erddruckbeiwerte mit Wandneigung α		Lokalschotter	Lokalschotter	Meletta
Abschnittshöhe Δh	[m]	0.64	0.46	95.30
Wandneigung α_A	[°]	0.00	0.00	0.00
Wandneigung α_P	[°]	0.00	0.00	0.00
Erddruckbeiwert K_{agh}	(aktiv)	0.235	0.235	0.376
Erddruckbeiwert K_{0h}	(Ruhe)	0.441	0.441	0.609
Angesetzt: 50 % K_{agh} + 50 % K_{0h}	(erh.)	0.338	0.338	0.493
Konzentrationsfaktor nach Fröhlich n = 4				
Kohäsionsbeiwert K_{ach}	(aktiv)	0.000	0.000	1.226
Erdwiderstandsbeiwert K_{pgh}	(passiv)	6.472	6.472	3.077
Kohäsionswid.beiwert K_{pch}	(passiv)	0.000	0.000	3.508

Wand- und Auflasten

Alle Lasten und Schnittkräfte beziehen sich auf 1 m Wandbreite

Streckenlasten auf das Gelände (g = ständige, p = veränderliche Last)
Eisenbahnlasten: p_H = Fliehkraft, S = Seitenstoß

Lastfall		q [kN/m²]	x_A [m]	x_E [m]	Tiefe [m]	Typ	p_H [kN/m]	S [kN]	γ	ψ
1	g	10.00	1.00	2.90	0.60	0			1.000	1.000
	g	10.00	3.80	5.80	0.60	0			1.000	1.000
	p	56.25	1.00	2.90	0.60	7	-	-	1.000	1.000
	p	56.25	3.80	5.80	0.60	7	-	-	1.000	1.000

Ansatz der Blocklasten:
0 = Standard: als Rechteck bzw. nach Fröhlich
7 = als Rechteck, wie bei aktivem Erddruck

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 1

γ -	G,stb	G,dst	Q,dst	H
	0.900	1.100	1.500	1.600

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 2

γ -	G	E0g	W	L	E0l	Q	Qv	Ep	Wg	φ^*	c*	R,h	R,v
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.450	1.400	0.900	1.200	1.500	1.000	1.000

DC

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

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 3

γ -	G	E0g	W	L	E0l	Q	Qv	Ep	Wg	φ	c	R,h
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.300	1.250	1.000	0.900	1.200	1.500	1.000

γ -	Teilsicherheitsbeiwert für ...
H	Strömungsdruck
G,stb	günstige ständige Einwirkungen
G,dst	ungünstige ständige Einwirkungen
Q,dst	ungünstige veränderliche Einwirkungen
G	Erddruck aus Bodeneigengewicht (außer Ruhedruck)
E0g	Erdruhedruck aus Bodeneigengewicht
W	ungüstig wirkenden Wasserdruck
L	ständige Lasten (außer aus Ruhedruck)
E0l	Erdruhedruck aus ständigen Lasten
Q	Einwirkungen aus Verkehrslasten
Qv	Einwirkungen aus Bahnverkehrslasten
Ep	Erdwiderstand
Wg	günstig wirkenden Wasserdruck
φ	Reibungsbeiwert tanφ
c	Kohäsion c
R,h	Gleitwiderstand
R,v	Grundbruchwiderstand

* nur für Grundbruch

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

Lastfall 1

Erd- und Wasserdrücke nach GZ Typ 2 (mit Sicherheiten)

Erddruckverlauf für Wandbelastung ab Wandkopf

Tiefe z [m]	e_h-Summe [kN/m²]	e_h-Boden+Großfl. [kN/m²]	e_h-Begr.Auflast [kN/m²]
0.00	0.000	0.000	0.000
0.60	4.910	4.910	0.000
0.75	6.139	6.138	0.002
1.00	8.195	8.184	0.012
1.18	9.659	9.635	0.024
1.18	23.267	9.635	13.632
1.25	23.867	10.229	13.637
1.50	25.937	12.275	13.662
1.75	28.013	14.321	13.691
2.00	30.090	16.367	13.723
2.25	32.168	18.413	13.755
2.50	34.245	20.459	13.786
2.75	35.344	21.530	13.814
2.79	35.537	21.719	13.818
2.79	44.951	21.719	23.232
3.00	45.854	22.602	23.252
3.25	46.946	23.674	23.272
3.30	47.163	23.888	23.275
3.50	48.033	24.745	23.288
3.60	48.467	25.174	23.292

Erddruckverlauf für Standsicherheitsuntersuchung ab GOK = 0.00 m

Tiefe z [m]	e_h-Summe [kN/m²]	e_h-Boden+Großfl. [kN/m²]	e_h-Begr.Auflast [kN/m²]
0.00	0.000	0.000	0.000
0.72	6.302	6.302	0.000
0.72	26.482	6.302	20.179
1.98	37.494	17.314	20.179
1.98	48.952	17.314	31.638
2.50	53.459	21.822	31.638
2.83	54.955	23.318	31.638
2.83	34.776	23.318	11.458
3.30	36.938	25.480	11.458
3.60	38.309	26.851	11.458
3.60	33.274	21.816	11.458
4.24	35.652	24.194	11.458

(berechnet für Ersatzwand unter ϑ_a' ab z = 0.00 m, mit $\delta_a = \varphi$)

Phase P1

Bauphase: Tiefe = 1.10 m über FUK, Wasserstand = 1.74 m über FUK

Berme vor dem Wandfuß: x_1 = 2.30 m, x_2 = 7.40 m, dh = 3.00 m
Hinweis: Die Böschung vor dem Wandfuß wird abgeflacht, φ = 30.0°
x_1 = 2.20 m, x_2 = 7.40 m, dh = 3.00 m

Passiver Erddruck wird nicht angesetzt

DC

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

Angesetzter Wasserdruck

Tiefe z [m]	$w_{Erdseite}$ [kN/m²]	$w_{Baugrube}$ [kN/m²]	w_{Gesamt} [kN/m²]
0.000	0.000	0.000	0.000
2.500	0.000	0.000	0.000
3.600	11.000	11.000	0.000

Auflasten aus Wandbestandteilen (je m Wand)

Eigengewicht der Wand: 51.93 kN
Eigengewicht Fundament Luftseite: 2.85 kN, Hebelarm zur Fundament-Schwerachse: 1.46 m
Auflasten auf Fundament Luftseite: 1.13 kN, Hebelarm zur Fundament-Schwerachse: 1.47 m
Auflast aus Wasser Luftseite: 2.34 kN, Hebelarm zur Fundament-Schwerachse: 1.47 m
Eigengewicht Fundament Erdseite: 29.90 kN, Hebelarm zur Fundament-Schwerachse: 0.33 m
Auflasten auf Fundament Erdseite: 80.85 kN, Hebelarm zur Fundament-Schwerachse: -0.01 m
Auflast aus Wasser Erdseite: 23.70 kN, Hebelarm zur Fundament-Schwerachse: 0.29 m

Blocklasten mit kleinem Abstand zur Wand wurden nach EAB EB 22 als
aktive Erddrucklasten angesetzt (höhere Gesamtlast)

Belastung und Schnittgrößen der Wand (nach GZ Typ 2, Verformungen charakteristisch)

Alle Werte je m Wand, bezogen auf die Schwerachse
(Verformungen einschließlich Neigung aus Setzungen)

Tiefe z [m]	H-Druck h_d [kN/m]	Verformung w [mm]	Moment M_d [kNm]	Querkraft V_d [kN]
0.000	-0.34	41.6	0.00	0.00
0.600	4.47	35.7	-0.19	-1.24
0.750	5.67	34.2	-0.41	-2.00
1.000	7.69	31.7	-1.05	-3.67
1.177	9.12	30.0	-1.78	-5.16
1.177	22.60			
1.250	23.19	29.3	-2.16	-6.82
1.500	25.22	26.8	-4.37	-12.88
1.750	27.26	24.3	-8.14	-19.44
2.000	29.29	21.9	-13.58	-26.50
2.250	31.33	19.4	-20.82	-34.08
2.500	33.37	16.9	-29.98	-42.17
2.750	34.42	14.5	-41.18	-50.64
2.794	34.61	14.1	-43.36	-52.16
2.794	43.93			
3.000	44.79	12.0	-54.56	-61.30
3.140	45.38	10.7	-63.24	-67.61
3.250	45.84	9.6	-70.66	-72.63
3.300	46.05	9.1	-74.22	-74.93
3.500	46.88	7.2	-89.57	-84.22
3.600	47.30	6.2	-97.94	-88.93

Phase P1	max. M	0.00	zug. V	0.00	max. V	0.00	zug. M	0.00
	min. M	-97.94	zug. V	-88.93	min. V	-88.93	zug. M	-97.94
	max. w	41.6 mm						

Längsbelastung der Wand

Tiefe z [m]	Längsbel. n_d [kN/m]	Normalkraft N_d [kN]
0.000	7.49	0.00
0.600	9.73	-5.17
0.750	10.29	-6.67
1.000	11.22	-9.36
1.177	11.89	-11.41
1.177	14.98	
1.250	15.25	-12.50

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

Tiefe z [m]	Längsbel. n_d [kN/m]	Normalkraft N_d [kN]
1.500	16.19	-16.44
1.750	17.12	-20.60
2.000	18.06	-25.00
2.250	18.99	-29.63
2.500	19.92	-34.49
2.750	20.91	-39.60
2.794	21.09	-40.52
2.794	23.37	
3.000	24.19	-45.42
3.140	24.74	-48.84
3.250	25.18	-51.59
3.300	25.38	-52.85
3.500	26.17	-58.01
3.600	26.57	-60.64

Schnittgrößen in der Sohlfuge
(berechnet mit Erddruck für Standsicherheitsuntersuchung)

N_d = -338.40 kN, V_d = -137.10 kN, M_d = -157.74 kNm
Ausmitte e_d = 0.47 m
Schnittgrößen mit Sohlwasserdruck:
N_d = -283.94 kN, V_d = -137.10 kN, M_d = -157.74 kNm
Ausmitte e_d = 0.56 m

Bodenpressung unter der Sohle

σ_{1d} = 187.522 kN/m², σ_{2d} = 0.000 kN/m², Breite der Druckzone: 3.03 m
Sohlnormalspannung $\sigma_{0r,d}$ = 140.642 kN/m²

Bodenpressung unter der Sohle für Wandbemessung (ohne Reduktion durch Sohlwasserdruck)
σ_{1d} = 160.192 kN/m², σ_{2d} = 78.740 kN/m², Breite der Druckzone: 3.13 m

Nachweis gegen Kippen im GZ Typ 1

Nachweis für ständige Lasten:
Schnittgrößen in der Sohlfuge
N_d = -223.96 kN, M_d = -109.17 kNm
Sohldruckkraft im Kern: e_d = 0.49 m <= 0.333*b = 1.04 m ***** Nachweis erfüllt *****
Ausnutzungsgrad: 0.47

Nachweis für Gesamtlasten:
Schnittgrößen in der Sohlfuge
N_d = -317.93 kN, M_d = -207.49 kNm
Klaffende Fuge: e_d = 0.65 m <= 0.333*b = 1.04 m ***** Nachweis erfüllt *****
Ausnutzungsgrad: 0.63

Nachweis der Gleitsicherheit im GZ Typ 2

		Charakteristisch	Bemessungswerte
Belastung T	=	137.10 kN	137.10 kN
Belastung V	=	283.94 kN	
Reibungswinkel Sohle δ	=	22.67 °	19.19 °
Kohäsion c	=	0.00 kN/m²	
Gleitwiderstand R_t	=	118.58 kN	98.82 kN
Nachweis: T_d / ($R_{t,d}$ + $E_{p,d}$)	=	1.39 > 1.0	***** Nachweis nicht erfüllt *****

DC

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

Nachweis der Grundbruchsicherheit im GZ Typ 2
Böschung von 2.30 m bis 7.40 m, Höhe -3.00 m

Belastung		Charakteristisch	Bemessungswerte
Auflast P	=	9937.85 kN	9937.85 kN
Horizontallast H	=	4798.67 kN	4798.67 kN
Moment M	=	5521.07 kNm	5521.07 kNm
Neigung der Resultierenden tan(δ_S) = H/V	=	0.48	

Abmessungen		
Böschungsneigung ß (verändert, siehe Hinweis)	=	14.40 °
Einbindetiefe d (einschl. Auflast aus Böschung)	=	1.34 m
Ersatzbreite b'	=	2.02 m
Ersatzbreite quer a'	=	35.00 m

Ergebnisse			
Breite der Grundbruchfigur	=	3.86 m	
Tiefe der Grundbruchfigur	=	0.67 m	
Maßgebende Bodenkennwerte: γ oberhalb Gründungssohle	=	11.00 kN/m³	11.00 kN/m³
γ unterhalb Gründungssohle	=	11.00 kN/m³	11.00 kN/m³
Reibungswinkel φ	=	29.72 °	25.44 °
Kohäsion c	=	2.68 kN/m²	1.78 kN/m²

Tragfähigkeitsbeiwerte N_c, N_q, N_γ	=	21.38	11.17	8.71
Lastneigungsbeiwerte i_c, i_q, i_γ	=	0.19	0.26	0.14
Formbeiwerte s_c, s_q, s_γ	=	1.03	1.03	0.98
Tiefenbeiwerte d_c, d_q, d_γ	=	1.23	1.18	1.00
Geländeneigungsbeiwerte g_c, g_q, g_γ	=	0.90	0.50	0.50

Grundbruchspannung p_d	=	41.00 kN/m²
Bemessungswert Grundbruchwiderstand R_d	=	2897.27 kN
Bemessungswert Beanspruchung N_d	=	9937.85 kN

Nachweis: N_d / R_d = 3.43 > 1.0 ***** Nachweis nicht erfüllt *****

Hinweis: Die Böschungsneigung wurde iteriert wegen begrenzter Böschungsbreite.
(Iteration zwischen 14.40° und 30.47°)

Setzungsberechnung im GZ Gebrauchstauglichkeit
bezogen auf die Bodenpressungen an den kennzeichnenden Punkten:

Setzung am Fundamentrand Luftseite: 21.7 mm
Setzung am Fundamentrand Erdseite: -0.7 mm (Hebung)

Bestimmung der Sicherheit gegen Geländebruch nach Krey-Bishop im GZ Typ 3
Maßgebender Gleitkreis: x_M = -4.90, z_M = 3.92 m, R = 10.88 m
Gleitkörper von x = -9.03 m bis 5.26 m

Bestimmung der Lamellen-Anteile

x_M [m]	Breite b [m]	Eigengewicht [kN/m]	Auflast [kN/m]	Wasserauflast [kN/m]	Reibungswinkel φ_k [°]	Kohäsion c_k [kN/m²]	Neigungswinkel ϑ [°]
-8.89	0.28	0.34	0.00	10.34	23.00	5.00	-21.55
-8.50	0.50	2.12	0.00	18.20	23.00	5.00	-19.35
-8.00	0.50	5.27	0.00	17.49	23.00	5.00	-16.58
-7.50	0.50	9.76	0.00	16.05	23.00	5.00	-13.85
-7.00	0.50	14.01	0.00	14.58	23.00	5.00	-11.15

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

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
GP_1 - aussergewöhnlich

x_M [m]	Breite b [m]	Eigen-gewicht [kN/m]	Auflast [kN/m]	Wasser-auflast [kN/m]	Reibungs-winkel φ_k [°]	Kohäsion c_k [kN/m²]	Neigungs-winkel ϑ [°]
-6.50	0.50	18.01	0.00	13.11	23.00	5.00	-8.48
-6.00	0.50	21.75	0.00	11.64	23.00	5.00	-5.83
-5.50	0.50	25.26	0.00	10.17	23.00	5.00	-3.19
-5.00	0.50	28.52	0.00	8.70	23.00	5.00	-0.55
-4.50	0.50	31.53	0.00	7.23	23.00	5.00	2.08
-4.00	0.50	34.31	0.00	5.76	23.00	5.00	4.72
-3.50	0.50	36.84	0.00	4.29	23.00	5.00	7.36
-3.00	0.50	38.14	0.00	3.38	23.00	5.00	10.03
-2.50	0.50	37.27	0.00	3.20	23.00	5.00	12.71
-2.00	0.50	35.95	0.00	3.20	23.00	5.00	15.43
-1.50	0.50	34.37	0.00	3.20	23.00	5.00	18.18
-1.04	0.42	27.44	0.00	2.69	23.00	5.00	20.75
-0.79	0.08	3.22	16.86 *	0.00	23.00	5.00	22.16
-0.50	0.50	18.78	95.68 *	0.00	23.00	5.00	23.82
0.00	0.50	16.30	79.01 *	0.00	23.00	5.00	26.73
0.50	0.50	13.48	62.33 *	0.00	23.00	5.00	29.72
1.00	0.50	10.30	45.66 *	0.00	23.00	5.00	32.80
1.50	0.50	6.70	28.98 *	0.00	23.00	5.00	35.99
2.00	0.50	2.64	12.30 *	0.00	34.00	0.00	39.31
2.27	0.05	0.02	0.31 *	0.00	34.00	0.00	41.21
2.52	0.45	38.11	29.81	0.00	34.00	0.00	42.99
3.00	0.50	37.31	33.13	0.00	34.00	0.00	46.51
3.50	0.50	31.27	0.00	0.00	30.00	0.00	50.48
4.00	0.50	24.42	33.13	0.00	30.00	0.00	54.82
4.50	0.50	15.46	33.13	0.00	30.00	0.00	59.69
5.00	0.50	6.14	33.13	0.00	30.00	0.00	65.40
5.25	0.01	0.00	0.00	0.00	30.00	0.00	68.82

* = Auflast aus Bodenpressung unter dem Fundament im GZ Typ 3

x_M [m]	Porenwasser-druck u [kN/m²]	$R*T_i$ [kNm/m]	$R*G*\sin(\vartheta)$ [kNm/m]
-8.89	36.97	13.96	-42.66
-8.50	38.43	27.50	-73.24
-8.00	40.05	33.88	-70.69
-7.50	41.41	43.08	-67.24
-7.00	42.52	51.21	-60.19
-6.50	43.39	58.44	-49.95
-6.00	44.02	64.89	-36.90
-5.50	44.41	70.69	-21.43
-5.00	44.57	75.90	-3.91
-4.50	44.51	80.60	15.31
-4.00	44.21	84.85	35.86
-3.50	43.68	88.68	57.38
-3.00	42.92	90.56	78.67
-2.50	41.91	87.84	96.92
-2.00	40.66	84.82	113.35
-1.50	39.15	81.51	127.54
-1.04	37.52	65.68	116.14
-0.79	36.54	64.17	82.40
-0.50	35.31	364.21	503.08
0.00	32.95	300.75	466.55
0.50	30.26	236.88	409.02
1.00	27.23	172.02	329.83
1.50	23.81	105.50	228.16
2.00	19.95	26.04	103.06
2.27	17.62	-2.87	2.41

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

x_M [m]	Porenwasser-druck u [kN/m²]	$R*T_i$ [kNm/m]	$R*G*\sin(\vartheta)$ [kNm/m]
2.52	15.36	322.83	504.01
3.00	10.65	349.36	556.08
3.50	5.00	143.78	262.48
4.00	0.00	297.82	511.91
4.50	0.00	263.68	456.49
5.00	0.00	228.22	388.56
5.25	0.00	0.00	0.01
Summen:		3976.50	5019.01

Wasserdruck W [kN/m]	Hebelarm [m]	M abtreibend [kNm/m]
60.66	8.82	-594.30

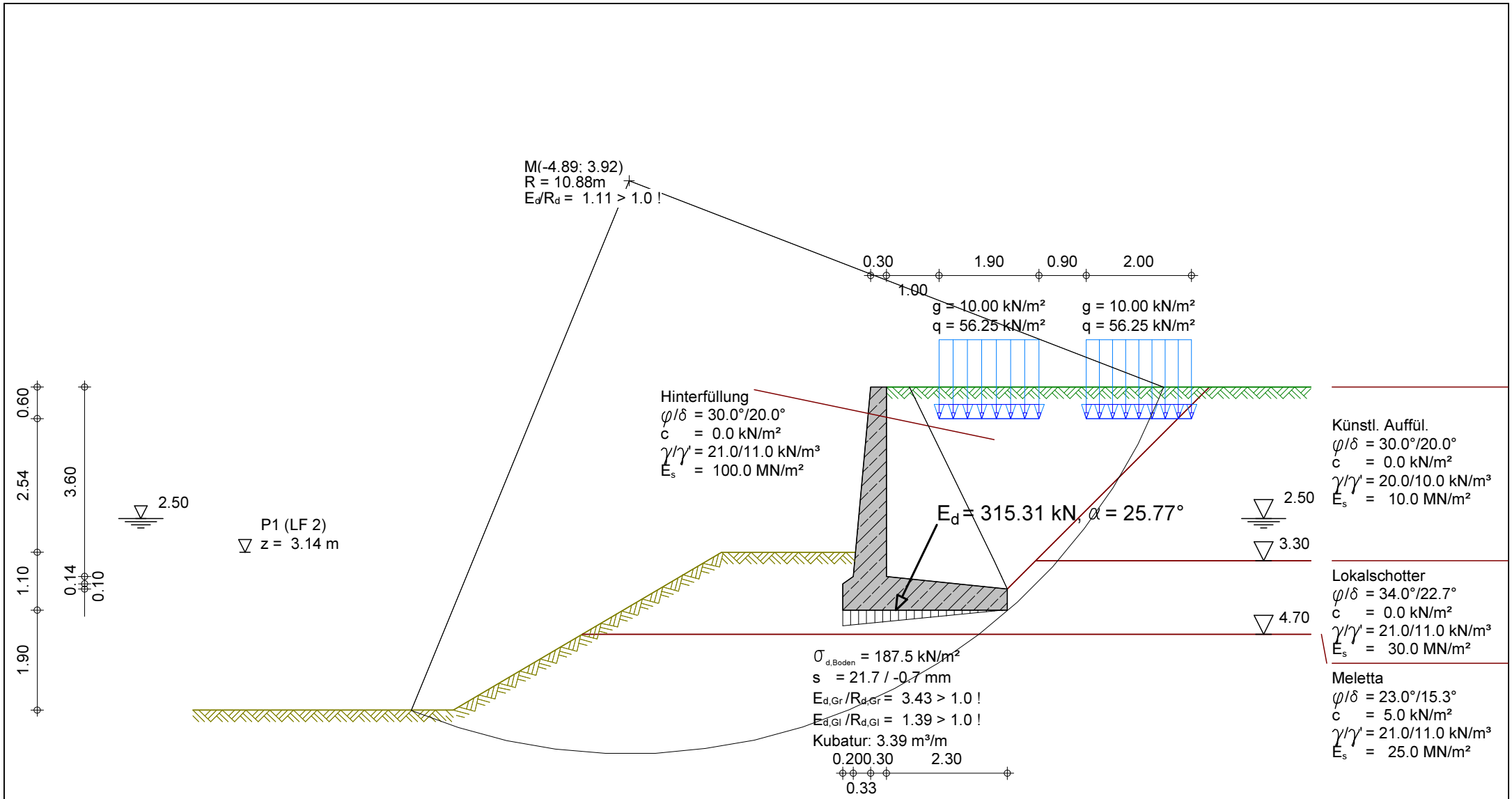
Einwirkungen E_d = 4424.72 [kN/m]
Widerstände R_d = 3976.50 [kN/m]

E_d/R_d = 1.11 > 1.0 ***** Nachweis nicht erfüllt *****

Wandkubatur
Kubatur Fundament: 1.71 m³/m
Kubatur Wand: 1.67 m³/m

Kubatur gesamt: 3.39 m³/m

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

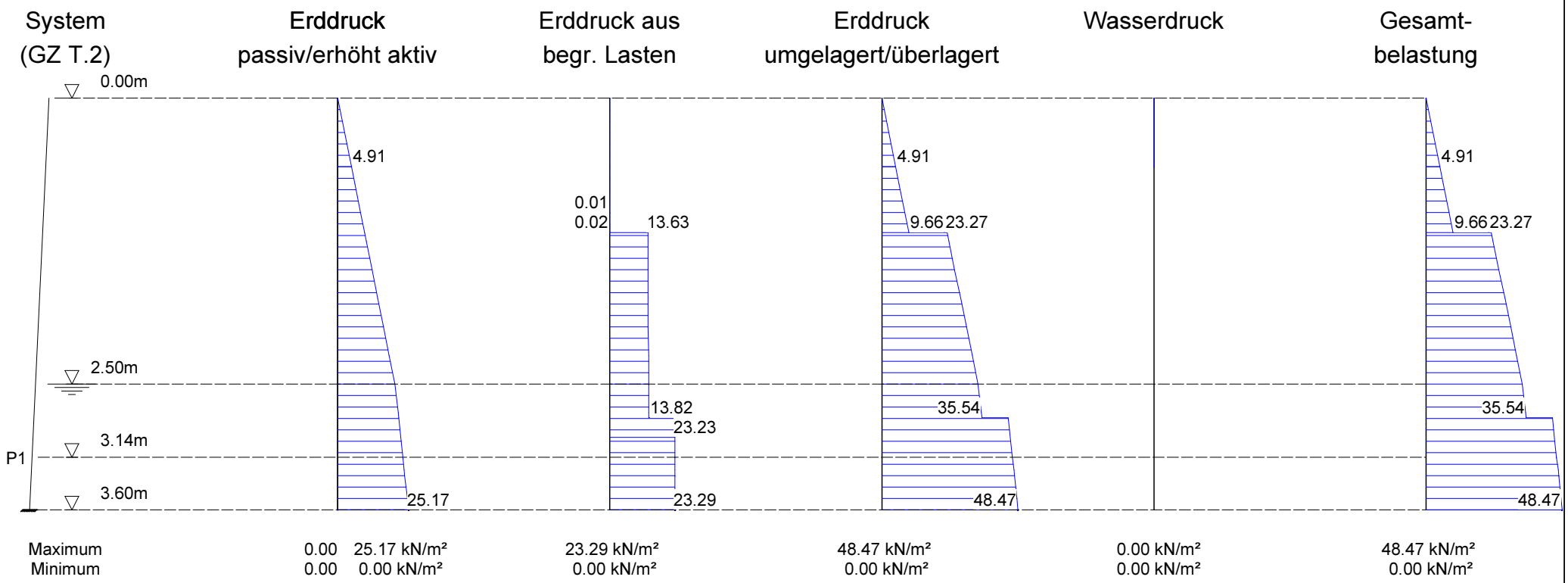


GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
GP_1 - aussergewöhnlich

Seite	11
Phase	P1
Lastfall	1
Maßstab :	1: 100

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

Erddruck auf die Wand (Bem.) (GZ Typ 2)



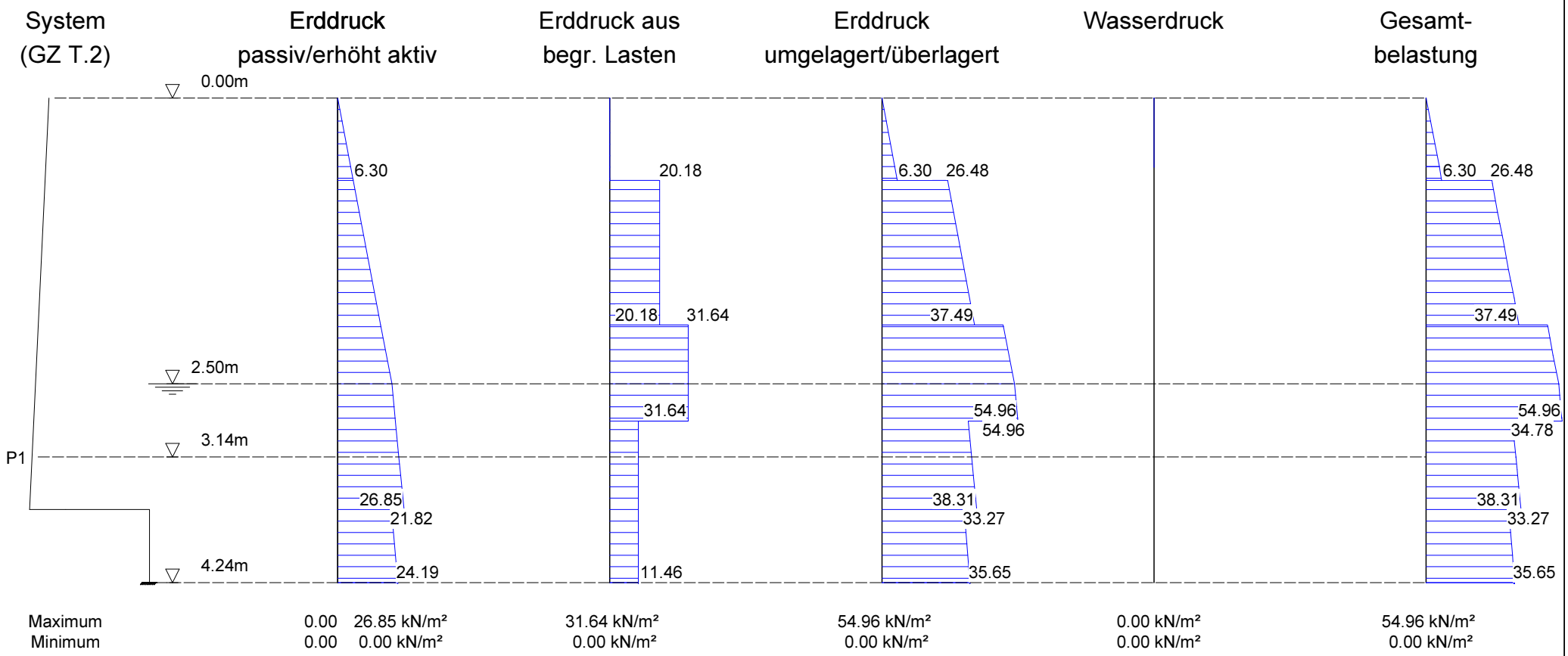
Maximum	0.00 25.17 kN/m²	23.29 kN/m²	48.47 kN/m²	0.00 kN/m²	48.47 kN/m²
Minimum	0.00 0.00 kN/m²	0.00 kN/m²	0.00 kN/m²	0.00 kN/m²	0.00 kN/m²

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
GP_1 - aussergewöhnlich

Seite	12
Phase	P1
Lastfall	1
Maßstab :	1: 50

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

Erddruck für Standsicherheit (Bem.) (GZ Typ 2)

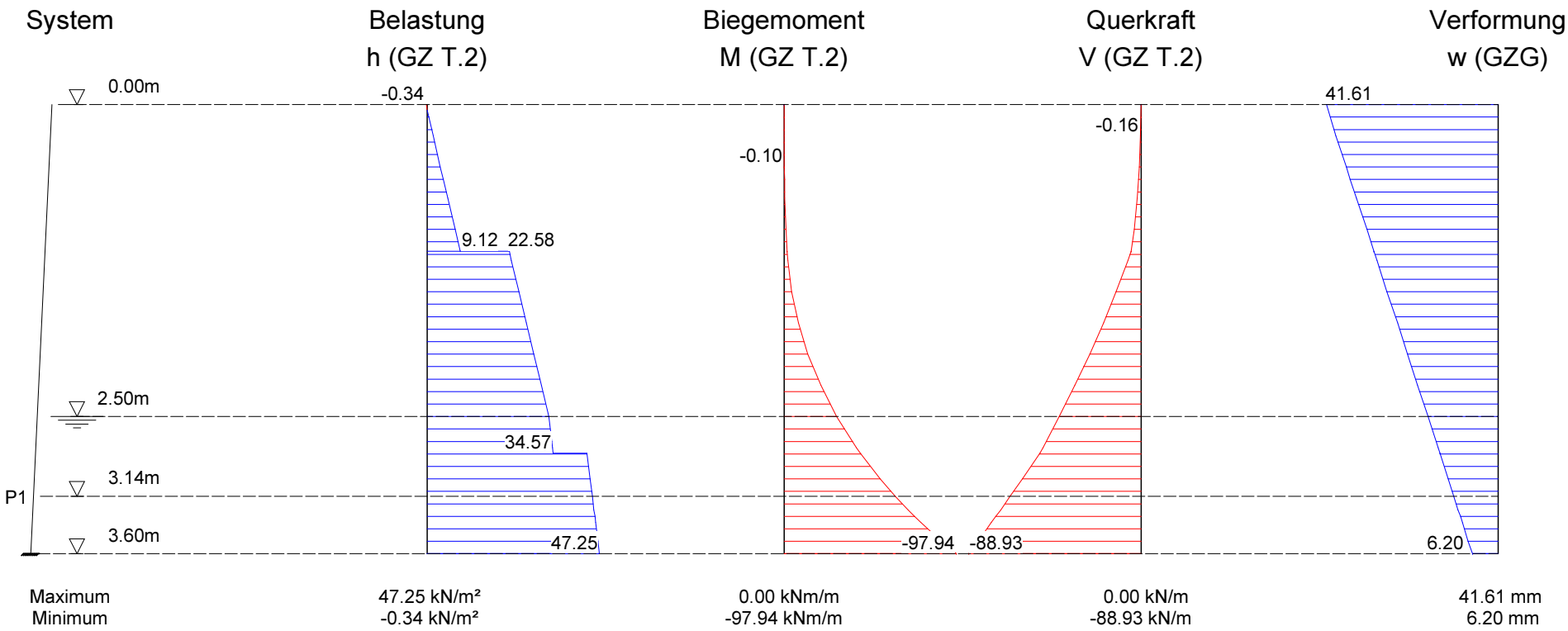


Maximum	0.00 26.85 kN/m²	31.64 kN/m²	54.96 kN/m²	0.00 kN/m²	54.96 kN/m²
Minimum	0.00 0.00 kN/m²	0.00 kN/m²	0.00 kN/m²	0.00 kN/m²	0.00 kN/m²

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
GP_1 - aussergewöhnlich

Seite	13
Phase	P1
Lastfall	1
Maßstab :	1: 50

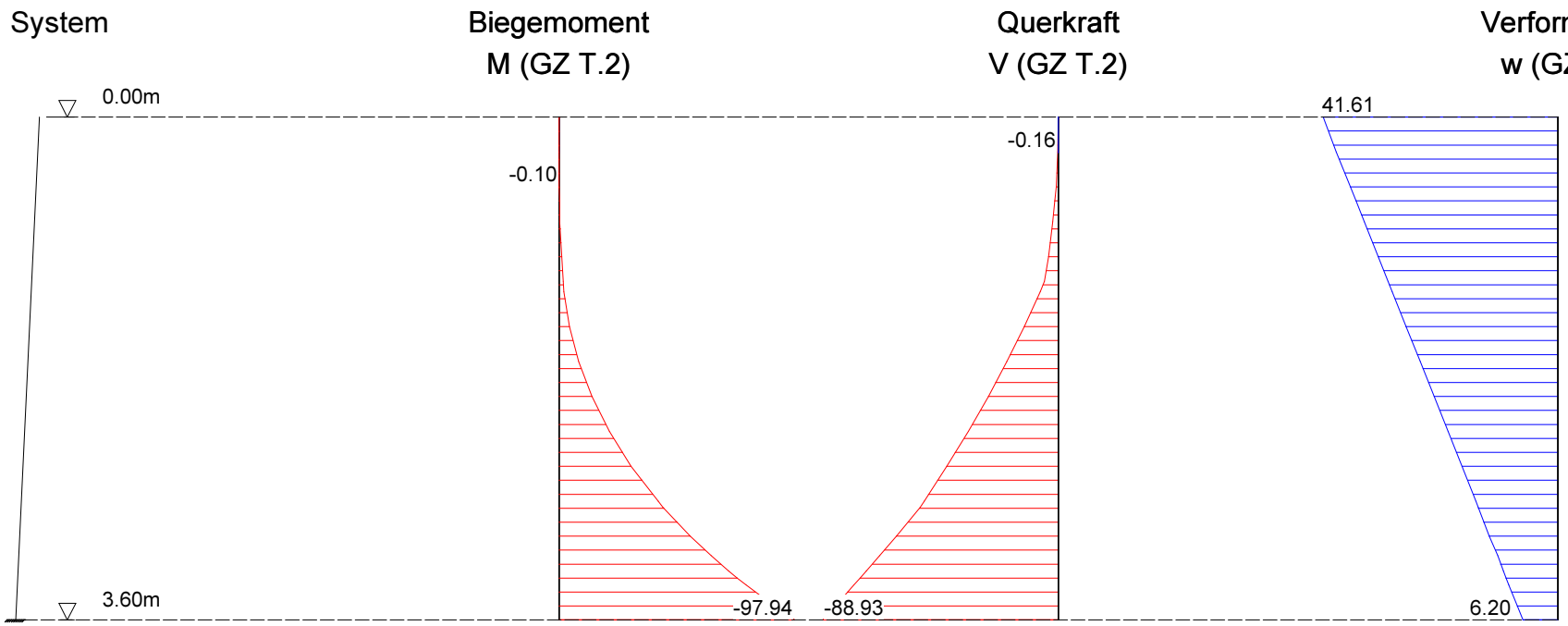
Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C



GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
GP_1 - aussergewöhnlich

Seite	14
Phase	P1
Lastfall	1
Maßstab :	1: 50

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



Maximum	0.00	0.00 kNm/m		0.00	0.00 kN/m	41.61	0.00 mm
Minimum	0.00	-97.94 kNm/m		-88.93	0.00 kN/m	6.20	0.00 mm

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
GP_1 - aussergewöhnlich

Seite 15
Einhüllende
Maßstab : 1: 50

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

Stahlbetonbemessung nach SIA 262

Maßgebende Schnittgrößen (je lfm Wand):
Sicherheitsbeiwerte
für Lasten: γ_F nach GZ Typ 2
für Widerstände: γ_R = 1.50 (Beton), 1.15 (Stahl)

		Bemessungsschnittgrößen
maßg. Moment	max. M_d =	-97.94 kNm/m
	zug. N_d =	-60.64 kN/m
	bei z =	3.60 m
maßg. Moment	min. M_d =	-97.94 kNm/m
	zug. N_d =	-60.64 kN/m
	bei z =	3.60 m
maßg. Querkraft	max. V_d =	77.24 kN/m
(bis Abstand d)	zug. M_d =	-77.88 kNm/m
	zug. N_d =	-54.13 kN/m
	bei z =	3.35 m

Materialwerte: Beton C30/37 Bewehrung: B500B
Randabstand Bewehrungsachse d = 5.0 cm

Maximale Bewehrung
bei max. M (z = 3.60 m): erf. A_S Luftseite = 18.90 cm²/m * (0.00)
bei min. M (z = 3.60 m): erf. A_S Erdseite = 18.90 cm²/m * (2.94)
bei max. V (z = 3.35 m): erf. Schubbewehrung $A_{SBü}$ = 0.00 cm²/m²
(Druckstrebenneigung α = 30.0°, v_{Rd} = 501.73 kN/m, $v_{Rd,c}$ = 2627.21 kN/m)
(für Schubbemessung angesetzte Längsbewehrung: erf. A_S im Schnitt)

Abschnittsweise Bemessung der Wand

Tiefe [m]	Moment M_d [kNm/m]	Normalkraft N_d [kN/m]	Querkraft V_d [kN/m]	Biegebewehrung $A_{S,L}/A_{S,E}$ [cm²/m]	Schubbewehrung [cm²/m²]
0.00	0.00 / 0.00	0.00 / 0.00	0.00	(0.00) 2.10* / 2.10* (0.00)	0.00
0.50	-0.10 / -0.10	-4.21 / -4.21	0.83	(0.00) 1.97* / 1.97* (0.00)	0.00
1.00	-1.05 / -1.05	-9.36 / -9.36	3.67	(0.00) 6.65* / 6.65* (0.00)	0.00
1.50	-4.37 / -4.37	-16.44 / -16.44	12.88	(0.00) 13.12* / 13.12* (0.04)	0.00
2.00	-13.58 / -13.58	-25.00 / -25.00	26.50	(0.00) 14.50* / 14.50* (0.38)	0.00
2.50	-29.98 / -29.98	-34.49 / -34.49	42.17	(0.00) 15.87* / 15.87* (0.94)	0.00
3.00	-54.56 / -54.56	-45.42 / -45.42	61.30	(0.00) 17.25* / 17.25* (1.71)	0.00
3.35	-77.88 / -77.88	-54.13 / -54.13	77.24	(0.00) 18.21* / 18.21* (2.38)	0.00
3.50	-89.57 / -89.57	-58.01 / -58.01		(0.00) 18.62* / 18.62* (2.71)	
3.60	-97.94 / -97.94	-60.64 / -60.64		(0.00) 18.90* / 18.90* (2.94)	

Bemessung Fundament Luftseite
maßg. Moment M_d = 0.67 kNm/m, Normalkraft N_d = -5.83 kN/m, Querkraft V_d = 0.00 kN/m
erf. A_{so} = 6.90 cm²/m * (0.00) (am Anschnitt)
erf. A_{su} = 6.90 cm²/m * (0.00) (am Anschnitt)
erf. Schubbewehrung $A_{sBü}$ = 0.00 cm²/m² (am Anschnitt)
(Druckstrebenneigung α = - , v_{Rd} = - , $v_{Rd,c}$ = -)
(für Schubbemessung angesetzte Längsbewehrung: erf. A_S im Schnitt)

Bemessung Fundament Erdseite (keine direkte Lagerung)
maßg. Moment M_d = -106.86 kNm/m, Normalkraft N_d = 26.86 kN/m, Querkraft V_d = 80.23 kN/m
erf. A_{so} = 19.20 cm²/m * (4.20) (am Anschnitt)
erf. A_{su} = 19.20 cm²/m * (0.00) (am Anschnitt)
erf. Schubbewehrung $A_{sBü}$ = 0.00 cm²/m² (Abstand 1.00 m vom Anschnitt)
(Druckstrebenneigung α = 30.5°, v_{Rd} = 646.31 kN/m, $v_{Rd,c}$ = 2822.47 kN/m)
(für Schubbemessung angesetzte Längsbewehrung: erf. A_S im Schnitt)

DC

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

Abschnittsweise Bemessung des Fundaments erdseitig

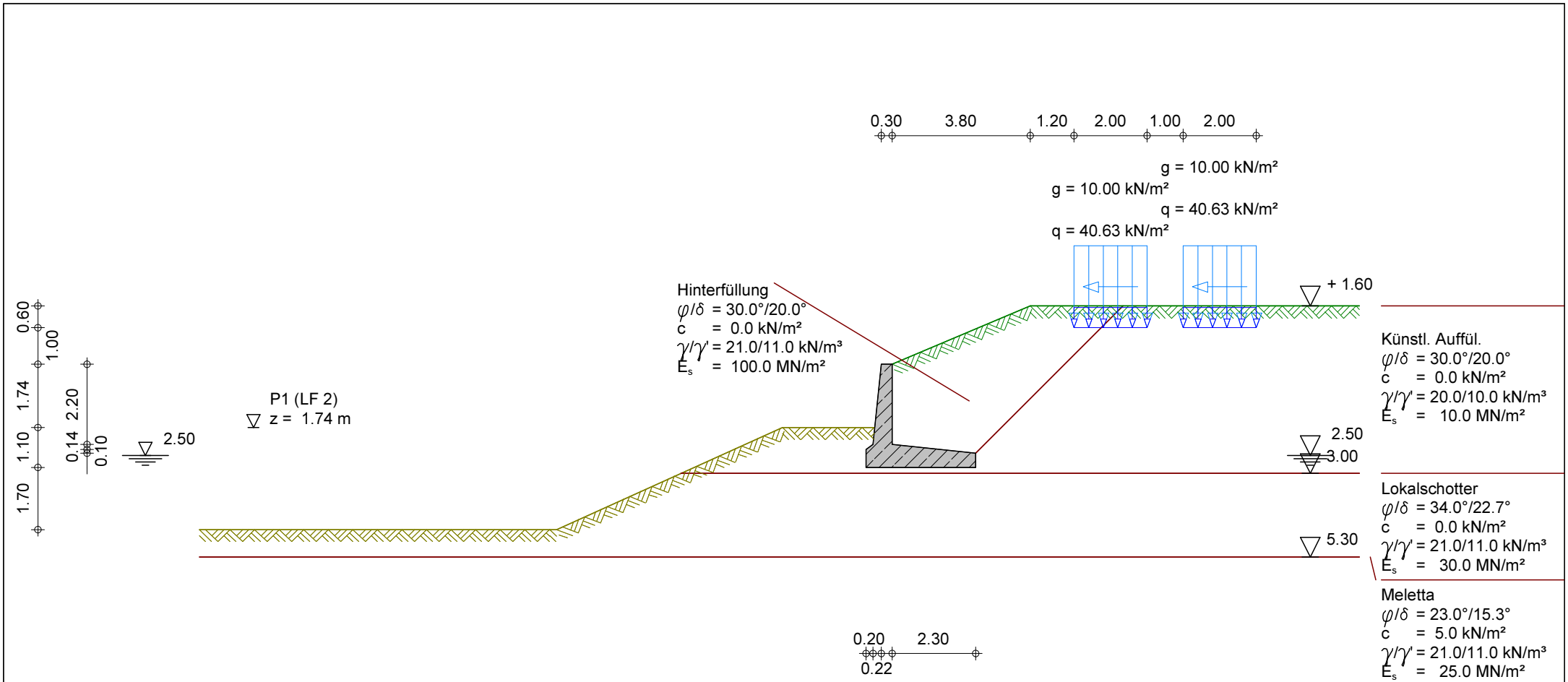
Breite [m]	Moment M_d [kNm/m]	Normalkraft N_d [kN/m]	Querkraft V_d [kN/m]	Biegebewehrung $A_{S,o}/A_{S,u}$ [cm²/m]	Schubbewehrung [cm²/m²]
0.00	-106.86 /-106.86	26.86 / 26.86	45.77	(4.20) 19.20* / 19.20* (0.00)	0.00
0.59	-77.56 / -77.56	12.57 / 12.57	69.25	(2.97) 19.20* / 19.20* (0.00)	0.00
1.00	-49.73 / -49.73	3.63 / 3.63	80.23	(1.85) 19.20* / 19.20* (0.00)	0.00
1.50	-18.86 / -18.86	-6.18 / -6.18	54.58	(0.61) 19.20* / 19.20* (0.00)	0.00
2.00	-1.98 / -1.98	-14.78 /-14.78	22.42	(0.00) 8.10* / 8.10* (0.00)	0.00

* = Mindestbewehrung maßgebend
(Werte in Klammern: statisch erforderliche Bewehrung ohne Mindestbewehrung)

Zusammenfassung

Folgende Nachweise sind nicht erfüllt:
Die Gleitsicherheit ist nicht eingehalten.
Die Grundbruchsicherheit ist nicht eingehalten.
Die Geländebruchsicherheit ist nicht eingehalten.

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



GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_4 - Andauernd/Vorübergehend

Seite	1
Übersicht	
Maßstab :	1: 150

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

Programm DC-Winkel *** Copyright 2004-2026 DC-Software Doster & Christmann GmbH, D-81245 München ***

Eingabedatei: K:\E2402020.001_Gesamtern.Leimental, Los 3\11_Statik\06_Winkelstützmauer\4_DC-Winkel\0_FINAL\QP_4_WSM_Nr.6_normal.dbm
Datum: 24.07.2026

Berechnung einer Winkelstützmauer nach SIA 267

Berechnung nach GZ Typ 2

Systemwerte

Wandkopf: frei beweglich
Erddruckart: erhöhter aktiver Erddruck, Ruhedruckanteil 50 %
Bodenart: nicht bindiger Boden
Grundwasserstand: 2.50 m
1. Geländeböschung: von 0.00 m bis 3.80 m, Höhe = 1.60 m
Erddruckbeiwerte nach SIA 261
Mindesterddruckbeiwert: 0.20
Verdichtungserddruck: 25.00 kN/m²

Wandgeometrie

Wandhöhe	2.20 m
Wanddicke oben	0.30 m
Wanddicke unten	0.52 m
Neigung Außenseite um	0.22 m, entspricht 1:10.00
Breite Fundament luftseitig	0.20 m
Dicke Fundament luftseitig	0.50 m mit Schräge 0.14 m
Breite Fundament erdseitig	2.30 m
Dicke Fundament erdseitig	0.40 m mit Schräge 0.24 m

Schichtdaten		Hinterfüllung	Künstl. Auffül.	Lokalschotter
Schichthöhe Δh	[m]	2.20	0.56	2.30
Innere Reibung cal φ'	[°]	30.00	30.00	34.00
Wandreibung aktiv δ_a	[°]	20.00	20.00	22.67
Wandreibung passiv δ_p	[°]	-15.00	-15.00	-17.00
Kohäsion cal c_a'	[kN/m²]	0.00	0.00	0.00
Wichte Boden γ	[kN/m³]	21.00	20.00	21.00
Wichte unter Auftrieb γ'	[kN/m³]	11.00	10.00	11.00
Steifemodul E_S	[MN/m²]	100.00	10.00	30.00
Erddruckbeiwerte				
Erddruckbeiwert K_{agh}	(aktiv)	0.279	0.279	0.235
Erddruckbeiwert K_{0h}	(Ruhe)	0.500	0.500	0.441
Angesetzt: 50 % K_{agh} + 50 % K_{0h}	(erh.)	0.390	0.390	0.338
Konzentrationsfaktor nach Fröhlich n = 4				
Kohäsionsbeiwert K_{ach}	(aktiv)	0.000	0.000	0.000
Erdwiderstandsbeiwert K_{pgh}	(passiv)	4.807	4.807	6.472
Kohäsionswid.beiwert K_{pch}	(passiv)	0.000	0.000	0.000

Schichtdaten		Meletta
Schichthöhe Δh	[m]	94.70
Innere Reibung cal φ'	[°]	23.00
Wandreibung aktiv δ_a	[°]	15.33
Wandreibung passiv δ_p	[°]	-11.50
Kohäsion cal c_a'	[kN/m²]	5.00
Wichte Boden γ	[kN/m³]	21.00
Wichte unter Auftrieb γ'	[kN/m³]	11.00
Steifemodul E_S	[MN/m²]	25.00

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

Erddruckbeiwerte

Erddruckbeiwert K_{agh}	(aktiv)	0.376
Erddruckbeiwert K_{0h}	(Ruhe)	0.609
Angesetzt: 50 % K_{agh} + 50 % K_{0h}	(erh.)	0.493
Konzentrationsfaktor nach Fröhlich n = 4		
Kohäsionsbeiwert K_{ach}	(aktiv)	1.226
Erdwiderstandsbeiwert K_{pgh}	(passiv)	3.077
Kohäsionswid.beiwert K_{pch}	(passiv)	3.508

Erddruckbeiwerte mit Wandneigung α		Künstl. Auffül.	Künstl. Auffül.	Künstl. Auffül.
Abschnittshöhe Δh	[m]	2.20	0.30	0.34
Wandneigung α_A	[°]	0.00	0.00	0.00
Wandneigung α_P	[°]	-5.71	0.00	0.00
Erddruckbeiwert K_{agh}	(aktiv)	0.279	0.279	0.279
Erddruckbeiwert K_{0h}	(Ruhe)	0.500	0.500	0.500
Angesetzt: 50 % K_{agh} + 50 % K_{0h}	(erh.)	0.390	0.390	0.390
Konzentrationsfaktor nach Fröhlich n = 4				
Kohäsionsbeiwert K_{ach}	(aktiv)	0.000	0.000	0.000
Erdwiderstandsbeiwert K_{pgh}	(passiv)	4.163	4.807	4.807
Kohäsionswid.beiwert K_{pch}	(passiv)	0.000	0.000	0.000

Erddruckbeiwerte mit Wandneigung α		Künstl. Auffül.	Lokalschotter	Meletta
Abschnittshöhe Δh	[m]	0.16	2.30	94.70
Wandneigung α_A	[°]	0.00	0.00	0.00
Wandneigung α_P	[°]	0.00	0.00	0.00
Erddruckbeiwert K_{agh}	(aktiv)	0.279	0.235	0.376
Erddruckbeiwert K_{0h}	(Ruhe)	0.500	0.441	0.609
Angesetzt: 50 % K_{agh} + 50 % K_{0h}	(erh.)	0.390	0.338	0.493
Konzentrationsfaktor nach Fröhlich n = 4				
Kohäsionsbeiwert K_{ach}	(aktiv)	0.000	0.000	1.226
Erdwiderstandsbeiwert K_{pgh}	(passiv)	4.807	6.472	3.077
Kohäsionswid.beiwert K_{pch}	(passiv)	0.000	0.000	3.508

Wand- und Auflasten

Alle Lasten und Schnittkräfte beziehen sich auf 1 m Wandbreite

Streckenlasten auf das Gelände (g = ständige, p = veränderliche Last)
Eisenbahnlasten: p_H = Fliehkraft, S = Seitenstoß

Lastfall		q [kN/m²]	x_A [m]	x_E [m]	Tiefe [m]	Typ	p_H [kN/m]	S [kN]	γ	ψ
1	g	10.00	5.00	7.00	-1.00	0			1.350	1.000
	g	10.00	8.00	10.00	-1.00	0			1.350	1.000
	p	40.63	5.00	7.00	-1.00	7	-	50.00	1.450	1.000
	p	40.63	8.00	10.00	-1.00	7	-	50.00	1.450	1.000

Ansatz der Blocklasten:
0 = Standard: als Rechteck bzw. nach Fröhlich
7 = als Rechteck, wie bei aktivem Erddruck

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 1

γ -	G,stb	G,dst	Q,dst	H
	0.900	1.100	1.500	1.600

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 2

γ -	G	E0g	W	L	E0l	Q	Qv	Ep	Wg	φ^*	c*	R,h	R,v
	1.350	1.350	1.200	1.350	1.350	1.500	1.450	1.400	0.900	1.200	1.500	1.000	1.000

DC

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

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_4 - Andauernd/Vorübergehend

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 3

γ -	G	E0g	W	L	E0l	Q	Qv	Ep	Wg	φ	c	R,h
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.300	1.250	1.000	0.900	1.200	1.500	1.000

γ -	Teilsicherheitsbeiwert für ...
H	Strömungsdruck
G,stb	günstige ständige Einwirkungen
G,dst	ungünstige ständige Einwirkungen
Q,dst	ungünstige veränderliche Einwirkungen
G	Erddruck aus Bodeneigengewicht (außer Ruhedruck)
E0g	Erdruhedruck aus Bodeneigengewicht
W	ungüstig wirkenden Wasserdruck
L	ständige Lasten (außer aus Ruhedruck)
E0l	Erdruhedruck aus ständigen Lasten
Q	Einwirkungen aus Verkehrslasten
Qv	Einwirkungen aus Bahnverkehrslasten
Ep	Erdwiderstand
Wg	günstig wirkenden Wasserdruck
φ	Reibungsbeiwert tanφ
c	Kohäsion c
R,h	Gleitwiderstand
R,v	Grundbruchwiderstand

* nur für Grundbruch

Für den Erddruck unter Einfluss von Böschungen wird δ_a = ß angesetzt.

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

Lastfall 1

Erd- und Wasserdrücke nach GZ Typ 2 (mit Sicherheiten)

Erddruckverlauf für Wandbelastung ab Wandkopf

Tiefe z [m]	e_h-Summe [kN/m²]	e_h-Boden+Großfl. [kN/m²]	e_h-Begr.Auflast [kN/m²]
0.00	0.060	0.000	0.060
0.00	0.067	0.067	0.060
0.09	13.371	13.371	0.071
0.16	25.017	25.017	0.080
0.22	33.750	33.750	0.087
0.25	33.750	33.750	0.090
0.50	33.750	33.750	0.125
0.75	33.750	33.750	0.161
0.78	33.750	33.750	0.166
1.00	33.750	33.750	0.200
1.25	33.750	33.750	0.238
1.50	33.750	33.750	0.275
1.64	33.750	33.750	0.295
1.75	34.908	34.908	0.311
1.89	36.317	36.317	0.329
1.89	39.694	36.317	9.116
2.00	41.544	37.484	9.131
2.20	44.810	39.544	9.155

Erddruckverlauf für Standsicherheitsuntersuchung ab GOK = -0.59 m

Tiefe z [m]	e_h-Summe [kN/m²]	e_h-Boden+Großfl. [kN/m²]	e_h-Begr.Auflast [kN/m²]
-0.59	0.000	0.000	0.000
-0.41	3.335	3.335	0.000
-0.34	4.495	4.438	0.057
-0.09	8.981	8.877	0.104
0.16	13.475	13.315	0.160
0.41	17.974	17.753	0.220
0.66	22.474	22.192	0.282
0.77	24.567	24.256	0.310
0.77	34.436	24.256	10.180
0.89	36.626	26.417	10.209
0.91	36.806	26.594	10.212
1.16	40.549	30.281	10.268
1.41	44.286	33.968	10.318
1.62	47.519	37.163	10.356
1.66	47.909	37.548	10.362
1.91	50.829	40.431	10.398
2.16	53.740	43.314	10.427
2.20	54.251	43.820	10.431
2.20	52.412	41.981	10.431
2.26	53.078	42.642	10.436
2.26	60.265	42.642	17.623
2.41	61.786	44.150	17.636
2.50	62.780	45.138	17.642
2.66	63.611	45.959	17.652
2.84	64.586	46.927	17.659

(berechnet für Ersatzwand unter ϑ_a' ab z = 0.00 m, mit $\delta_a = \varphi$)

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

Phase P1

Bauphase: Tiefe = 1.10 m über FUK, Wasserstand = 0.34 m über FUK

Berme vor dem Wandfuß: x_1 = 2.30 m, x_2 = 8.50 m, dh = 2.80 m

Passiver Erddruck wird nicht angesetzt

Auflasten aus Wandbestandteilen (je m Wand)

Eigengewicht der Wand:	30.87 kN		
Eigengewicht Fundament Luftseite:	2.85 kN,	Hebelarm zur Fundament-Schwerachse:	1.41 m
Auflasten auf Fundament Luftseite:	2.12 kN,	Hebelarm zur Fundament-Schwerachse:	1.41 m
Eigengewicht Fundament Erdseite:	29.90 kN,	Hebelarm zur Fundament-Schwerachse:	0.27 m
Auflasten auf Fundament Erdseite:	103.34 kN,	Hebelarm zur Fundament-Schwerachse:	0.20 m

Belastung und Schnittgrößen der Wand (nach GZ Typ 2, Verformungen charakteristisch)
Alle Werte je m Wand, bezogen auf die Schwerachse
(Verformungen einschließlich Neigung aus Setzungen)

Tiefe z [m]	H-Druck h_d [kN/m]	Verformung w [mm]	Moment M_d [kNm]	Querkraft V_d [kN]
0.000	-0.45	3.3	0.00	0.00
0.000				
0.001	-0.37			
0.088	12.69	3.2	0.01	-0.54
0.165	24.19	3.1	-0.03	-1.95
0.222	32.81	3.0	-0.12	-3.59
0.250	32.81	3.0	-0.20	-4.50
0.500	32.76	2.7	-2.02	-12.69
0.750	32.72	2.4	-5.87	-20.88
0.781	32.72	2.4	-6.49	-21.89
1.000	32.68	2.1	-11.74	-29.05
1.250	32.64	1.8	-19.64	-37.22
1.500	32.59	1.5	-29.55	-45.37
1.609	32.58	1.4	-34.53	-48.94
1.638	32.57	1.3	-35.87	-49.86
1.740	33.61	1.2	-40.96	-53.24
1.740	24.69			
1.750	24.76	1.2	-41.48	-53.49
1.887	25.78	1.0	-48.85	-56.95
1.887	27.87			
2.000	29.22	0.9	-55.32	-60.18
2.091	30.31	0.8	-60.79	-62.89
2.200	31.60	0.7	-67.66	-66.26

Phase P1	max. M	0.01	zug. V	-0.54	max. V	0.00	zug. M	0.00
	min. M	-67.66	zug. V	-66.26	min. V	-66.26	zug. M	-67.66
	max. w	3.3 mm						

Längsbelastung der Wand

Tiefe z [m]	Längsbel. n_d [kN/m]	Normalkraft N_d [kN]
0.000	10.12	0.00
0.000	10.13	
0.001	10.15	
0.088	13.89	-1.06
0.165	17.18	-2.25
0.222	19.64	-3.31
0.250	19.74	-3.85
0.500	20.58	-8.89
0.750	21.42	-14.14

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

Tiefe z [m]	Längsbel. n_d [kN/m]	Normalkraft N_d [kN]
0.781	21.53	-14.81
1.000	22.26	-19.60
1.250	23.11	-25.27
1.500	23.95	-31.16
1.609	24.32	-33.80
1.638	24.41	-34.49
1.740	24.81	-37.00
1.740	22.52	
1.750	22.56	-37.23
1.887	23.07	-40.35
1.887	23.18	
2.000	23.63	-43.00
2.091	23.99	-45.17
2.200	24.62	-47.82

Schnittgrößen in der Sohlfuge
(berechnet mit Erddruck für Standsicherheitsuntersuchung)

N_d = -284.95 kN, V_d = -96.49 kN, M_d = -57.04 kNm
Ausmitte e_d = 0.20 m
Schnittgrößen mit Sohlwasserdruck:
N_d = -272.63 kN, V_d = -96.49 kN, M_d = -57.04 kNm
Ausmitte e_d = 0.21 m

Bodenpressung unter der Sohle

σ_{1d} = 127.797 kN/m², σ_{2d} = 52.750 kN/m², Breite der Druckzone: 3.02 m
Sohlnormalspannung $\sigma_{0r,d}$ = 104.793 kN/m²

Bodenpressung unter der Sohle für Wandbemessung (ohne Reduktion durch Sohlwasserdruck)
σ_{1d} = 150.341 kN/m², σ_{2d} = 41.073 kN/m², Breite der Druckzone: 3.02 m

Nachweis gegen Kippen im GZ Typ 1

Nachweis für ständige Lasten:
Schnittgrößen in der Sohlfuge
N_d = -189.91 kN, M_d = -51.19 kNm
Sohldruckkraft im Kern: e_d = 0.27 m <= 0.333*b = 1.01 m ***** Nachweis erfüllt *****
Ausnutzungsgrad: 0.27

Nachweis für Gesamtlasten:
Schnittgrößen in der Sohlfuge
N_d = -199.45 kN, M_d = -54.84 kNm
Sohldruckkraft im Kern: e_d = 0.27 m <= 0.333*b = 1.01 m ***** Nachweis erfüllt *****
Ausnutzungsgrad: 0.27

Nachweis der Gleitsicherheit im GZ Typ 2

		Charakteristisch	Bemessungswerte
Belastung T	=	88.31 kN	96.49 kN
Belastung V	=	209.36 kN	
Reibungswinkel Sohle δ	=	20.00 °	16.87 °
Kohäsion c	=	0.00 kN/m²	
Gleitwiderstand R_t	=	76.20 kN	63.50 kN
Nachweis: T_d / ($R_{t,d}$ + $E_{p,d}$)	=	1.52 > 1.0	***** Nachweis nicht erfüllt *****

DC

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

Nachweis der Grundbruchsicherheit im GZ Typ 2
Böschung von 2.30 m bis 8.50 m, Höhe -2.80 m

Belastung		Charakteristisch	Bemessungswerte
Auflast P	=	2093.59 kN	2726.26 kN
Horizontallast H	=	883.14 kN	964.89 kN
Moment M	=	432.70 kNm	570.38 kNm
Neigung der Resultierenden tan(δ_S) = H/V	=	0.35	

Abmessungen			
Böschungsneigung ß (verändert, siehe Hinweis)	=	24.30 °	
Einbindetiefe d (einschl. Auflast aus Böschung)	=	1.43 m	
Ersatzbreite b'	=	2.60 m	
Ersatzbreite quer a'	=	10.00 m	

Ergebnisse			
Breite der Grundbruchfigur	=	8.74 m	
Tiefe der Grundbruchfigur	=	2.02 m	
Maßgebende Bodenkennwerte: γ oberhalb Gründungssohle	=	17.33 kN/m³	17.33 kN/m³
γ unterhalb Gründungssohle	=	10.96 kN/m³	10.96 kN/m³
Reibungswinkel φ	=	33.01 °	28.43 °
Kohäsion c	=	0.39 kN/m²	0.26 kN/m²

Tragfähigkeitsbeiwerte N_c, N_q, N_γ	=	26.66	15.43	14.06
Lastneigungsbeiwerte i_c, i_q, i_γ	=	0.34	0.38	0.24
Formbeiwerte s_c, s_q, s_γ	=	1.15	1.14	0.90
Tiefenbeiwerte d_c, d_q, d_γ	=	1.20	1.15	1.00
Geländeneigungsbeiwerte g_c, g_q, g_γ	=	0.83	0.28	0.28

Grundbruchspannung p_d	=	67.65 kN/m²
Bemessungswert Grundbruchwiderstand R_d	=	1759.95 kN
Bemessungswert Beanspruchung N_d	=	2726.26 kN

Nachweis: N_d / R_d = 1.55 > 1.0 ***** Nachweis nicht erfüllt *****

Hinweis: Die Böschungsneigung wurde iteriert wegen begrenzter Böschungsbreite.
(Iteration zwischen 11.31° und 24.30°)

Setzungsberechnung im GZ Gebrauchstauglichkeit
bezogen auf die Bodenpressungen an den kennzeichnenden Punkten:

Setzung am Fundamentrand Luftseite: 9.1 mm
Setzung am Fundamentrand Erdseite: 6.7 mm

Bestimmung der Sicherheit gegen Geländebruch nach Krey-Bishop im GZ Typ 3
Maßgebender Gleitkreis: x_M = -1.90, z_M = 2.77 m, R = 9.25 m
Gleitkörper von x = -8.15 m bis 7.28 m

Bestimmung der Lamellen-Anteile

x_M	Breite b	Eigen-gewicht	Auflast	Wasser-auflast	Reibungs-winkel φ_k	Kohäsion c_k	Neigungs-winkel ϑ
[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[°]	[kN/m²]	[°]
-6.00	0.50	25.60	0.00	2.93	23.00	5.00	-26.32
-5.50	0.50	30.31	0.00	1.80	23.00	5.00	-22.92
-5.00	0.50	34.61	0.00	0.67	23.00	5.00	-19.59
-4.50	0.50	38.59	0.00	0.01	23.00	5.00	-16.34
-4.00	0.50	42.34	0.00	0.00	23.00	5.00	-13.14

DC

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

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_4 - Andauernd/Vorübergehend

x_M [m]	Breite b [m]	Eigengewicht [kN/m]	Auflast [kN/m]	Wasserauflast [kN/m]	Reibungswinkel φ_k [°]	Kohäsion c_k [kN/m²]	Neigungswinkel ϑ [°]
-3.50	0.50	45.79	0.00	0.00	23.00	5.00	-9.98
-3.00	0.50	48.57	0.00	0.00	23.00	5.00	-6.85
-2.50	0.50	49.33	0.00	0.00	23.00	5.00	-3.74
-2.00	0.50	49.53	0.00	0.00	23.00	5.00	-0.64
-1.50	0.50	49.45	0.00	0.00	23.00	5.00	2.45
-1.00	0.50	49.08	0.00	0.00	23.00	5.00	5.56
-0.74	0.03	2.93	0.00	0.00	23.00	5.00	7.21
-0.49	0.47	34.83	48.48 *	0.00	23.00	5.00	8.77
0.00	0.50	36.12	46.07 *	0.00	23.00	5.00	11.82
0.50	0.50	34.87	40.40 *	0.00	23.00	5.00	15.01
1.00	0.50	33.30	34.72 *	0.00	23.00	5.00	18.24
1.50	0.50	31.40	29.04 *	0.00	23.00	5.00	21.53
2.00	0.50	29.15	23.37 *	0.00	23.00	5.00	24.90
2.28	0.05	2.78	2.02 *	0.00	23.00	5.00	26.79
2.53	0.45	60.34	0.00	0.00	23.00	5.00	28.54
3.00	0.50	65.99	0.00	0.00	34.00	0.00	31.94
3.50	0.50	64.44	0.00	0.00	34.00	0.00	35.67
4.00	0.50	61.40	0.00	0.00	34.00	0.00	39.58
4.50	0.50	56.53	0.00	0.00	34.00	0.00	43.72
5.00	0.50	50.84	36.21	0.00	34.00	0.00	48.17
5.50	0.50	44.00	36.21	0.00	30.00	0.00	53.05
6.00	0.50	36.63	36.21	0.00	30.00	0.00	58.56
6.50	0.50	27.01	36.21	0.00	30.00	0.00	65.13
7.00	0.50	12.85	36.21	0.00	30.00	0.00	74.00
7.27	0.03	0.09	0.00	0.00	30.00	0.00	81.95

* = Auflast aus Bodenpressung unter dem Fundament im GZ Typ 3

x_M [m]	Porenwasserdruck u [kN/m²]	$R*T_i$ [kNm/m]	$R*G*\sin(\vartheta)$ [kNm/m]
-6.00	30.26	79.29	-117.08
-5.50	32.56	85.07	-115.72
-5.00	34.50	89.74	-109.51
-4.50	36.12	95.50	-100.49
-4.00	37.44	103.34	-89.08
-3.50	38.46	110.45	-73.43
-3.00	39.20	115.71	-53.61
-2.50	39.66	114.74	-29.78
-2.00	39.85	112.76	-5.14
-1.50	39.78	110.70	19.59
-1.00	39.43	108.55	43.99
-0.74	39.13	6.45	3.40
-0.49	38.78	218.94	117.57
0.00	37.90	212.40	155.86
0.50	36.70	191.65	180.35
1.00	35.21	171.12	197.00
1.50	33.40	150.62	205.28
2.00	31.26	129.93	204.61
2.28	29.93	11.85	20.03
2.53	28.62	162.98	266.79
3.00	25.85	244.27	323.12
3.50	22.50	246.41	347.71
4.00	18.65	244.10	362.06
4.50	14.20	235.78	361.59
5.00	9.03	403.70	600.32
5.50	2.94	363.24	593.26
6.00	0.00	356.29	575.15

DC

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

x_M [m]	Porenwasser-druck u [kN/m²]	$R*T_i$ [kNm/m]	$R*G*\sin(\vartheta)$ [kNm/m]
6.50	0.00	337.51	530.76
7.00	0.00	306.10	436.43
7.27	0.00	0.65	0.79
Summen:		5119.83	4851.82

Wasserdruck W [kN/m]	Hebelarm [m]	M abtreibend [kNm/m]
2.20	5.73	-14.00

Einwirkungen E_d = 4837.82 [kN/m]
Widerstände R_d = 5119.83 [kN/m]

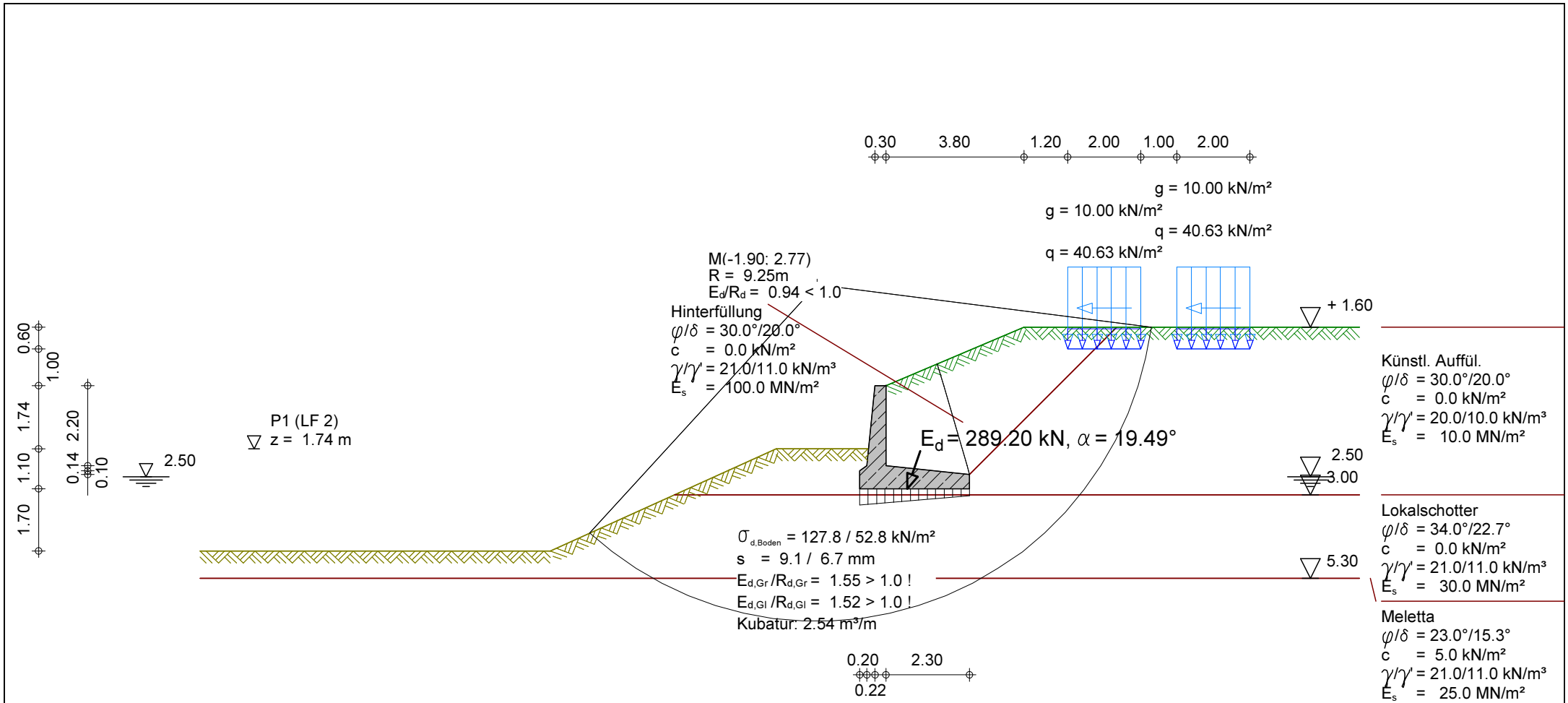
E_d/R_d = 0.94 < 1.0 ***** Nachweis erfüllt *****

Wandkubatur
Kubatur Fundament: 1.64 m³/m
Kubatur Wand: 0.90 m³/m

Kubatur gesamt: 2.54 m³/m

DC

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

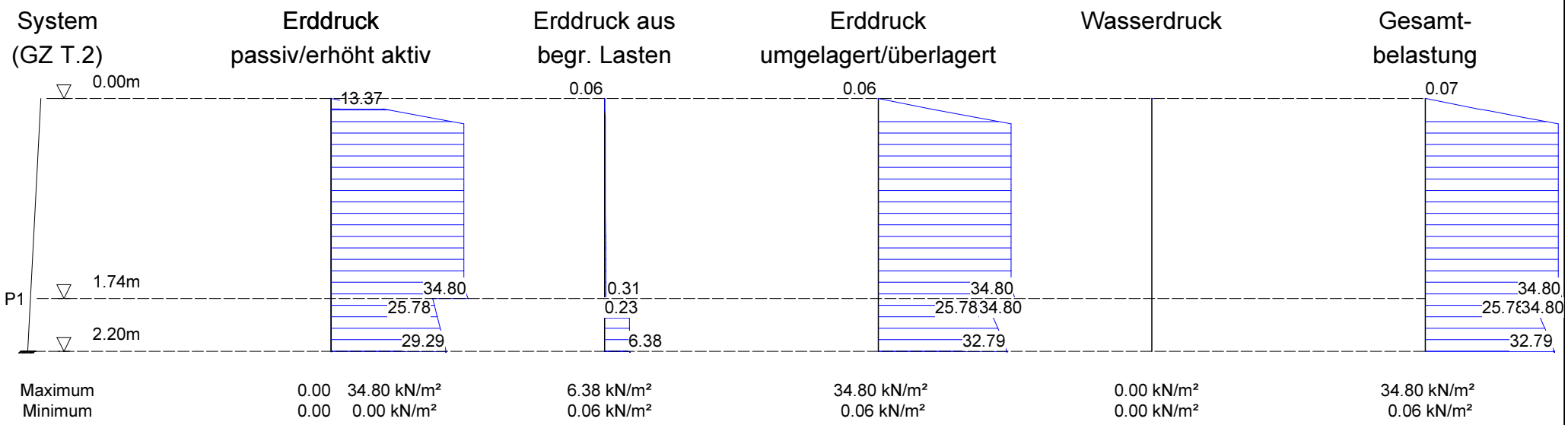


GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_4 - Andauernd/Vorübergehend

Seite	11
Phase	P1
Lastfall	1
Maßstab :	1: 150

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

Erddruck auf die Wand (Bem.) (GZ Typ 2)



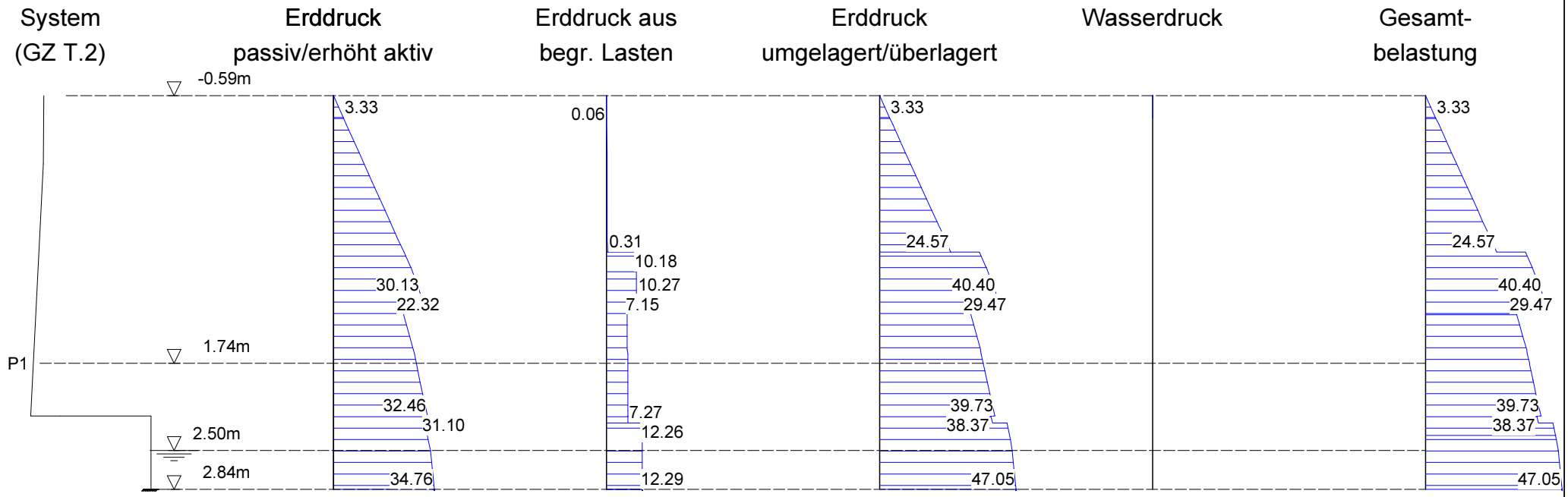
Maximum	0.00 34.80 kN/m²	6.38 kN/m²	34.80 kN/m²	0.00 kN/m²	34.80 kN/m²
Minimum	0.00 0.00 kN/m²	0.06 kN/m²	0.06 kN/m²	0.00 kN/m²	0.06 kN/m²

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_4 - Andauernd/Vorübergehend

Seite	12
Phase	P1
Lastfall	1
Maßstab :	1: 50

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

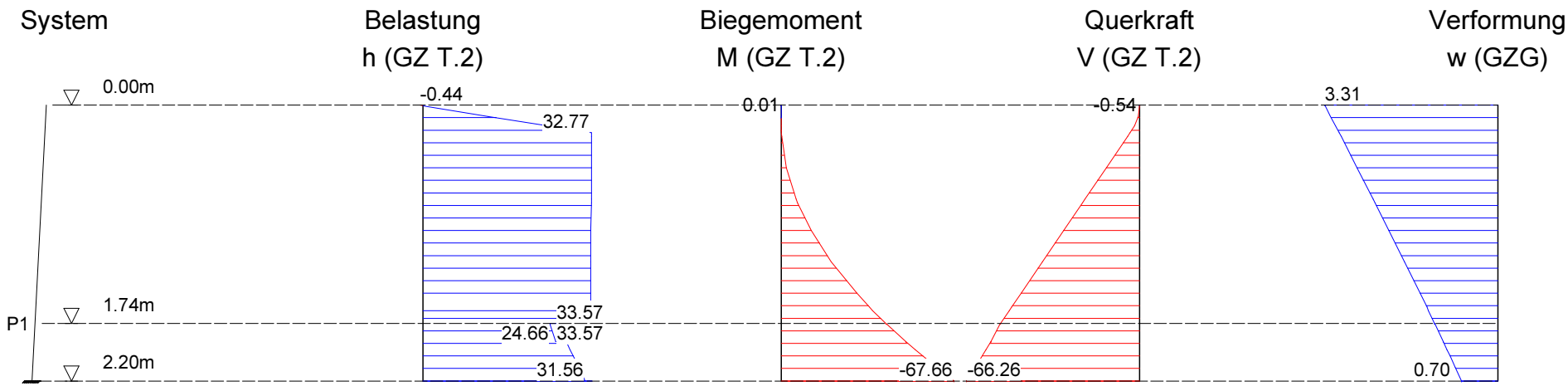
Erddruck für Standsicherheit (Bem.) (GZ Typ 2)



GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_4 - Andauernd/Vorübergehend

Seite	13
Phase	P1
Lastfall	1
Maßstab :	1: 50

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

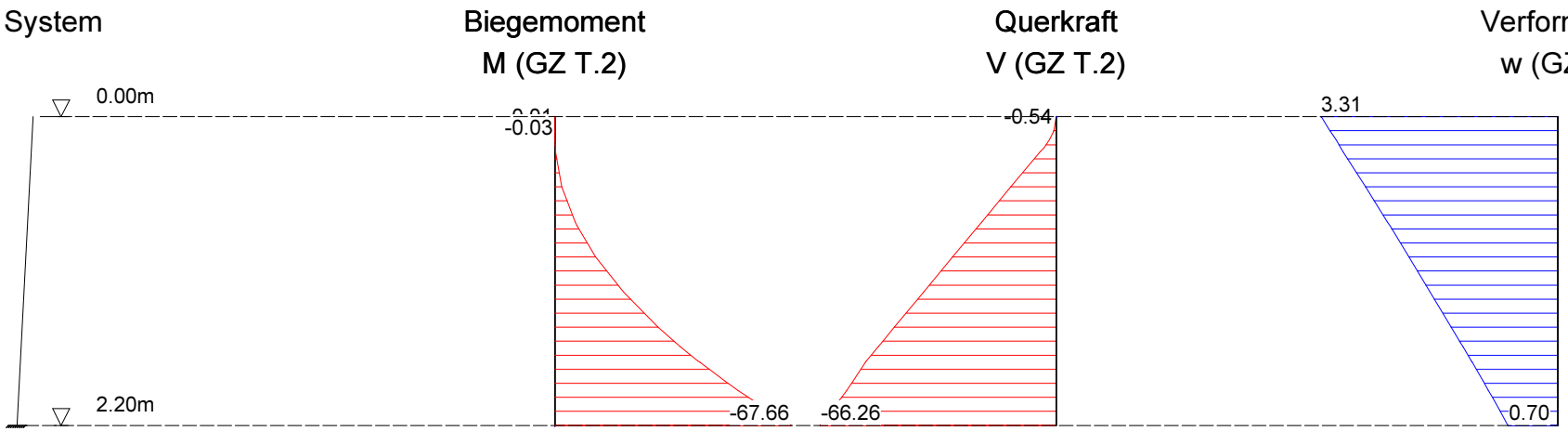


Maximum	33.57 kN/m²	0.01 kNm/m	0.00 kN/m	3.31 mm
Minimum	-0.45 kN/m²	-67.66 kNm/m	-66.26 kN/m	0.70 mm

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_4 - Andauernd/Vorübergehend

Seite	14
Phase	P1
Lastfall	1
Maßstab :	1: 50

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



Maximum	0.01	0.00 kNm/m	0.00	0.00 kN/m	3.31
Minimum	0.00	-67.66 kNm/m	-66.26	0.00 kN/m	0.00

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_4 - Andauernd/Vorübergehend

Seite	15
Einhüllende	
Maßstab :	1: 50

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

Stahlbetonbemessung nach SIA 262

Maßgebende Schnittgrößen (je lfm Wand):
Sicherheitsbeiwerte
für Lasten: γ_F nach GZ Typ 2
für Widerstände: γ_R = 1.50 (Beton), 1.15 (Stahl)

		Bemessungsschnittgrößen
maßg. Moment	max. M_d =	-67.66 kNm/m
	zug. N_d =	-47.82 kN/m
	bei z =	2.20 m
maßg. Moment	min. M_d =	-67.66 kNm/m
	zug. N_d =	-47.82 kN/m
	bei z =	2.20 m
maßg. Querkraft	max. V_d =	58.73 kN/m
(bis Abstand d)	zug. M_d =	-52.42 kNm/m
	zug. N_d =	-41.82 kN/m
	bei z =	1.95 m

Materialwerte: Beton C30/37 Bewehrung: B500B
Randabstand Bewehrungsachse d = 5.0 cm

Maximale Bewehrung
bei max. M (z = 2.20 m): erf. A_S Luftseite = 15.60 cm²/m * (0.00)
bei min. M (z = 2.20 m): erf. A_S Erdseite = 15.60 cm²/m * (2.54)
bei max. V (z = 1.95 m): erf. Schubbewehrung $A_{SBü}$ = 0.00 cm²/m²
(Druckstrebenneigung α = 30.0°, v_{Rd} = 413.58 kN/m, $v_{Rd,c}$ = 2098.11 kN/m)
(für Schubbemessung angesetzte Längsbewehrung: erf. A_S im Schnitt)

Abschnittsweise Bemessung der Wand

Tiefe [m]	Moment M_d [kNm/m]	Normalkraft N_d [kN/m]	Querkraft V_d [kN/m]	Biegebewehrung $A_{S,L}/A_{S,E}$ [cm²/m]	Schubbewehrung [cm²/m²]
0.00	0.00 / 0.00	0.00 / 0.00	0.00	(0.00) 2.10* / 2.10* (0.00)	0.00
0.25	-0.20 / -0.20	-3.85 / -3.85	4.50	(0.00) 2.85* / 2.85* (0.00)	0.00
0.50	-2.02 / -2.02	-8.89 / -8.89	12.69	(0.00) 10.50* / 10.50* (0.03)	0.00
0.75	-5.87 / -5.87	-14.14 / -14.14	20.88	(0.00) 11.25* / 11.25* (0.21)	0.00
1.00	-11.74 / -11.74	-19.60 / -19.60	29.05	(0.00) 12.00* / 12.00* (0.48)	0.00
1.25	-19.64 / -19.64	-25.27 / -25.27	37.22	(0.00) 12.75* / 12.75* (0.82)	0.00
1.50	-29.55 / -29.55	-31.16 / -31.16	45.37	(0.00) 13.50* / 13.50* (1.22)	0.00
1.75	-41.48 / -41.48	-37.23 / -37.23	53.49	(0.00) 14.25* / 14.25* (1.66)	0.00
1.95	-52.42 / -52.42	-41.82 / -41.82	58.73	(0.00) 14.85* / 14.85* (2.04)	0.00
2.00	-55.32 / -55.32	-43.00 / -43.00		(0.00) 15.00* / 15.00* (2.14)	
2.20	-67.66 / -67.66	-47.82 / -47.82		(0.00) 15.60* / 15.60* (2.54)	

Bemessung Fundament Luftseite
maßg. Moment M_d = 0.07 kNm/m, Normalkraft N_d = -6.95 kN/m, Querkraft V_d = 0.00 kN/m
erf. A_{so} = 2.40 cm²/m * (0.00) (am Anschnitt)
erf. A_{su} = 2.40 cm²/m * (0.00) (am Anschnitt)
erf. Schubbewehrung $A_{sBü}$ = 0.00 cm²/m² (am Anschnitt)
(Druckstrebenneigung α = - , v_{Rd} = - , $v_{Rd,c}$ = -)
(für Schubbemessung angesetzte Längsbewehrung: erf. A_S im Schnitt)

Bemessung Fundament Erdseite (keine direkte Lagerung)
maßg. Moment M_d = -71.24 kNm/m, Normalkraft N_d = 30.20 kN/m, Querkraft V_d = 50.20 kN/m
erf. A_{so} = 19.20 cm²/m * (2.94) (am Anschnitt)
erf. A_{su} = 19.20 cm²/m * (0.00) (am Anschnitt)
erf. Schubbewehrung $A_{sBü}$ = 0.00 cm²/m² (Abstand 0.90 m vom Anschnitt)
(Druckstrebenneigung α = 33.2°, v_{Rd} = 646.31 kN/m, $v_{Rd,c}$ = 2959.62 kN/m)
(für Schubbemessung angesetzte Längsbewehrung: erf. A_S im Schnitt)

DC

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

Abschnittsweise Bemessung des Fundaments erdseitig

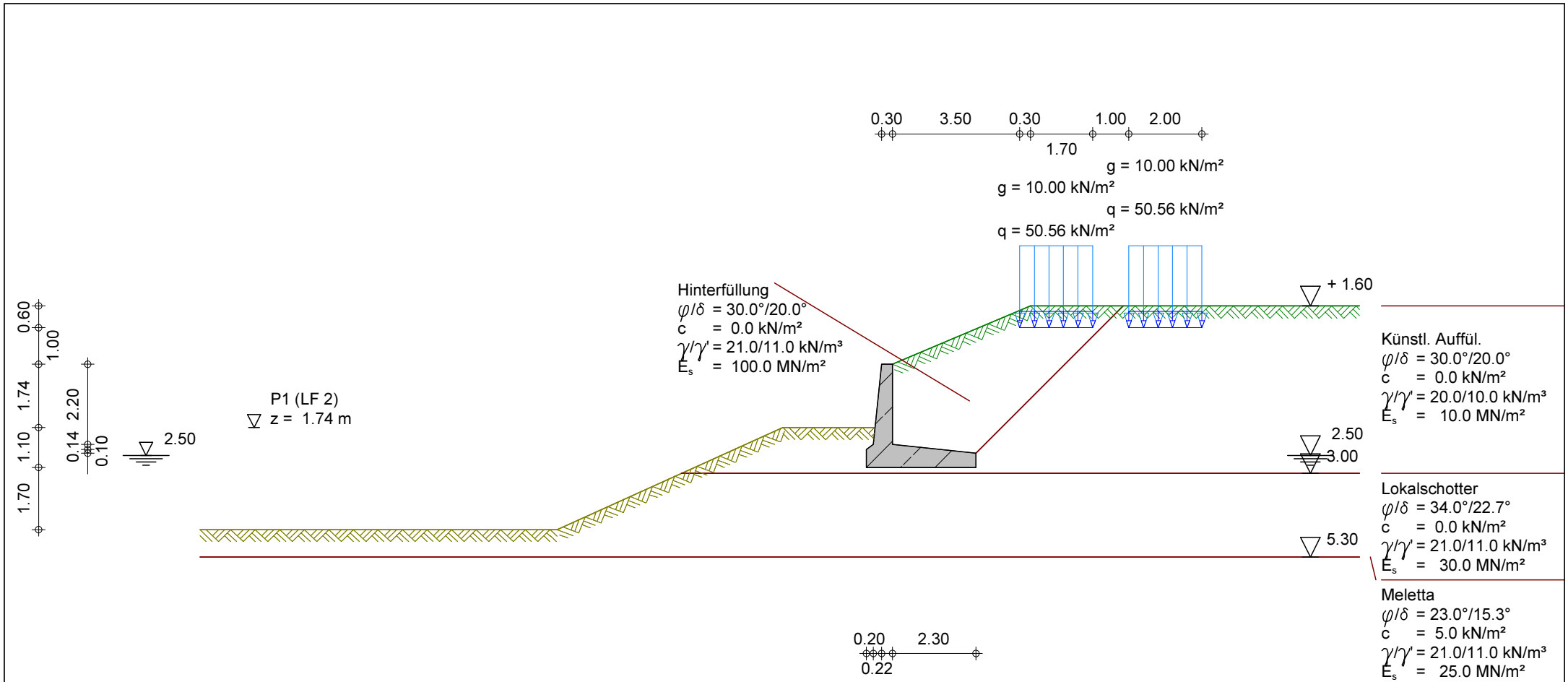
Breite [m]	Moment M_d [kNm/m]	Normalkraft N_d [kN/m]	Querkraft V_d [kN/m]	Biegebewehrung $A_{S,o}/A_{S,u}$ [cm²/m]	Schubbewehrung [cm²/m²]
0.00	-71.24 /-71.24	30.20 / 30.20	32.67	(2.94) 19.20* / 19.20* (0.00)	0.00
0.59	-52.27 /-52.27	14.34 / 14.34	48.57	(2.06) 19.20* / 19.20* (0.00)	0.00
1.00	-34.98 /-34.98	5.07 / 5.07	49.74	(1.33) 19.20* / 19.20* (0.00)	0.00
1.50	-14.95 /-14.95	-4.29 / -4.29	40.24	(0.49) 19.20* / 19.20* (0.00)	0.00
2.00	-1.89 / -1.89	-11.51 /-11.51	18.70	(0.00) 9.90* / 9.90* (0.00)	0.00

* = Mindestbewehrung maßgebend
(Werte in Klammern: statisch erforderliche Bewehrung ohne Mindestbewehrung)

Zusammenfassung

Folgende Nachweise sind nicht erfüllt:
Die Gleitsicherheit ist nicht eingehalten.
Die Grundbruchsicherheit ist nicht eingehalten.

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



GELE: Stützmauer SNCF km 0.916	Seite 1
QP_4 - aussergewöhnlich	Übersicht
	Maßstab : 1: 150

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

Programm DC-Winkel *** Copyright 2004-2026 DC-Software Doster & Christmann GmbH, D-81245 München ***

Eingabedatei: K:\E2402020.001_Gesamtern.Leimental, Los 3\11_Statik\06_Winkelstützmauer\4_DC-Winkel\0_FINAL\QP_4_WSM_Nr.6_aussergewöhnlich.dbm
Datum: 24.07.2026

Berechnung einer Winkelstützmauer nach SIA 267

Berechnung nach GZ Typ 2

Systemwerte

Wandkopf:	frei beweglich
Erddruckart:	erhöhter aktiver Erddruck, Ruhedruckanteil 50 %
Bodenart:	nicht bindiger Boden
Grundwasserstand:	2.50 m

1. Geländeböschung: von 0.00 m bis 3.80 m, Höhe = 1.60 m
Erddruckbeiwerte nach SIA 261
Mindesterddruckbeiwert: 0.20

Wandgeometrie

Wandhöhe	2.20 m
Wanddicke oben	0.30 m
Wanddicke unten	0.52 m
Neigung Außenseite um	0.22 m, entspricht 1:10.00
Breite Fundament luftseitig	0.20 m
Dicke Fundament luftseitig	0.50 m mit Schräge 0.14 m
Breite Fundament erdseitig	2.30 m
Dicke Fundament erdseitig	0.40 m mit Schräge 0.24 m

Schichtdaten		Hinterfüllung	Künstl. Auffül.	Lokalschotter
Schichthöhe Δh	[m]	2.20	0.56	2.30
Innere Reibung cal φ'	[°]	30.00	30.00	34.00
Wandreibung aktiv δ_a	[°]	20.00	20.00	22.67
Wandreibung passiv δ_p	[°]	-15.00	-15.00	-17.00
Kohäsion cal c_a'	[kN/m²]	0.00	0.00	0.00
Wichte Boden γ	[kN/m³]	21.00	20.00	21.00
Wichte unter Auftrieb γ'	[kN/m³]	11.00	10.00	11.00
Steifemodul E_S	[MN/m²]	100.00	10.00	30.00
Erddruckbeiwerte				
Erddruckbeiwert K_{agh}	(aktiv)	0.279	0.279	0.235
Erddruckbeiwert K_{0h}	(Ruhe)	0.500	0.500	0.441
Angesetzt: 50 % K_{agh} + 50 % K_{0h}	(erh.)	0.390	0.390	0.338
Konzentrationsfaktor nach Fröhlich n = 4				
Kohäsionsbeiwert K_{ach}	(aktiv)	0.000	0.000	0.000
Erdwiderstandsbeiwert K_{pgh}	(passiv)	4.807	4.807	6.472
Kohäsionswid.beiwert K_{pch}	(passiv)	0.000	0.000	0.000

Schichtdaten		Meletta
Schichthöhe Δh	[m]	94.70
Innere Reibung cal φ'	[°]	23.00
Wandreibung aktiv δ_a	[°]	15.33
Wandreibung passiv δ_p	[°]	-11.50
Kohäsion cal c_a'	[kN/m²]	5.00
Wichte Boden γ	[kN/m³]	21.00
Wichte unter Auftrieb γ'	[kN/m³]	11.00
Steifemodul E_S	[MN/m²]	25.00

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

Erddruckbeiwerte

Erddruckbeiwert K_{agh}	(aktiv)	0.376
Erddruckbeiwert K_{0h}	(Ruhe)	0.609
Angesetzt: 50 % K_{agh} + 50 % K_{0h}	(erh.)	0.493
Konzentrationsfaktor nach Fröhlich n = 4		
Kohäsionsbeiwert K_{ach}	(aktiv)	1.226
Erdwiderstandsbeiwert K_{pgh}	(passiv)	3.077
Kohäsionswid.beiwert K_{pch}	(passiv)	3.508

Erddruckbeiwerte mit Wandneigung α		Künstl. Auffül.	Künstl. Auffül.	Künstl. Auffül.
Abschnittshöhe Δh	[m]	2.20	0.30	0.34
Wandneigung α_A	[°]	0.00	0.00	0.00
Wandneigung α_P	[°]	-5.71	0.00	0.00
Erddruckbeiwert K_{agh}	(aktiv)	0.279	0.279	0.279
Erddruckbeiwert K_{0h}	(Ruhe)	0.500	0.500	0.500
Angesetzt: 50 % K_{agh} + 50 % K_{0h}	(erh.)	0.390	0.390	0.390
Konzentrationsfaktor nach Fröhlich n = 4				
Kohäsionsbeiwert K_{ach}	(aktiv)	0.000	0.000	0.000
Erdwiderstandsbeiwert K_{pgh}	(passiv)	4.163	4.807	4.807
Kohäsionswid.beiwert K_{pch}	(passiv)	0.000	0.000	0.000

Erddruckbeiwerte mit Wandneigung α		Künstl. Auffül.	Lokalschotter	Meletta
Abschnittshöhe Δh	[m]	0.16	2.30	94.70
Wandneigung α_A	[°]	0.00	0.00	0.00
Wandneigung α_P	[°]	0.00	0.00	0.00
Erddruckbeiwert K_{agh}	(aktiv)	0.279	0.235	0.376
Erddruckbeiwert K_{0h}	(Ruhe)	0.500	0.441	0.609
Angesetzt: 50 % K_{agh} + 50 % K_{0h}	(erh.)	0.390	0.338	0.493
Konzentrationsfaktor nach Fröhlich n = 4				
Kohäsionsbeiwert K_{ach}	(aktiv)	0.000	0.000	1.226
Erdwiderstandsbeiwert K_{pgh}	(passiv)	4.807	6.472	3.077
Kohäsionswid.beiwert K_{pch}	(passiv)	0.000	0.000	3.508

Wand- und Auflasten

Alle Lasten und Schnittkräfte beziehen sich auf 1 m Wandbreite

Streckenlasten auf das Gelände (g = ständige, p = veränderliche Last)
Eisenbahnlasten: p_H = Fliehkraft, S = Seitenstoß

Lastfall		q [kN/m²]	x_A [m]	x_E [m]	Tiefe [m]	Typ	p_H [kN/m]	S [kN]	γ	ψ
1	g	10.00	3.50	5.50	-1.00	0			1.000	1.000
	g	10.00	6.50	8.50	-1.00	0			1.000	1.000
	p	50.56	3.50	5.50	-1.00	7	-	-	1.000	1.000
	p	50.56	6.50	8.50	-1.00	7	-	-	1.000	1.000

Ansatz der Blocklasten:
0 = Standard: als Rechteck bzw. nach Fröhlich
7 = als Rechteck, wie bei aktivem Erddruck

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 1

γ -	G,stb	G,dst	Q,dst	H
	0.900	1.100	1.500	1.600

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 2

γ -	G	E0g	W	L	E0l	Q	Qv	Ep	Wg	φ^*	c*	R,h	R,v
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	1.450	1.400	0.900	1.200	1.500	1.000	1.000

DC

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

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_4 - aussergewöhnlich

Teilsicherheitsbeiwerte für GZ Typ 3

γ -	G	E0g	W	L	E0l	Q	Qv	Ep	Wg	φ	c	R,h
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.300	1.250	1.000	0.900	1.200	1.500	1.000

γ -	Teilsicherheitsbeiwert für ...
H	Strömungsdruck
G,stb	günstige ständige Einwirkungen
G,dst	ungünstige ständige Einwirkungen
Q,dst	ungünstige veränderliche Einwirkungen
G	Erddruck aus Bodeneigengewicht (außer Ruhedruck)
E0g	Erdruhedruck aus Bodeneigengewicht
W	ungüstig wirkenden Wasserdruck
L	ständige Lasten (außer aus Ruhedruck)
E0l	Erdruhedruck aus ständigen Lasten
Q	Einwirkungen aus Verkehrslasten
Qv	Einwirkungen aus Bahnverkehrslasten
Ep	Erdwiderstand
Wg	günstig wirkenden Wasserdruck
φ	Reibungsbeiwert tanφ
c	Kohäsion c
R,h	Gleitwiderstand
R,v	Grundbruchwiderstand

* nur für Grundbruch

Für den Erddruck unter Einfluss von Böschungen wird δ_a = ß angesetzt.

DC

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

Lastfall 1

Erd- und Wasserdrücke nach GZ Typ 2 (mit Sicherheiten)

Erddruckverlauf für Wandbelastung ab Wandkopf

Tiefe z [m]	e_h-Summe [kN/m²]	e_h-Boden+Großfl. [kN/m²]	e_h-Begr.Auflast [kN/m²]
0.00	0.097	0.000	0.097
0.25	3.143	3.001	0.142
0.50	6.192	6.002	0.189
0.75	9.240	9.004	0.236
1.00	12.286	12.005	0.281
1.02	12.538	12.254	0.284
1.02	20.237	12.254	7.983
1.25	23.026	15.006	8.020
1.50	26.063	18.007	8.056
1.75	29.094	21.008	8.086
2.00	32.120	24.010	8.110
2.20	34.536	26.411	8.125

Erddruckverlauf für Standsicherheitsuntersuchung ab GOK = -0.59 m

Tiefe z [m]	e_h-Summe [kN/m²]	e_h-Boden+Großfl. [kN/m²]	e_h-Begr.Auflast [kN/m²]
-0.59	0.000	0.000	0.000
-0.41	2.470	2.470	0.000
-0.34	3.302	3.288	0.015
-0.09	6.602	6.575	0.027
0.03	8.262	8.227	0.035
0.03	18.543	8.227	10.316
0.16	20.186	9.863	10.323
0.41	23.492	13.151	10.341
0.66	26.799	16.438	10.360
0.89	29.947	19.568	10.379
0.91	30.079	19.699	10.380
1.16	32.830	22.430	10.400
1.41	35.580	25.162	10.419
1.51	36.756	26.330	10.426
1.51	43.158	26.330	16.828
1.62	44.364	27.528	16.835
1.66	44.651	27.813	16.838
1.91	46.803	29.949	16.854
2.16	48.952	32.084	16.868
2.20	49.330	32.459	16.870
2.20	47.968	31.097	16.870
2.41	49.584	32.704	16.880
2.50	50.320	33.436	16.884
2.66	50.934	34.044	16.890
2.84	51.657	34.761	16.896

(berechnet für Ersatzwand unter ϑ_a' ab z = 0.00 m, mit $\delta_a = \varphi$)

DC

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

Phase P1

Bauphase: Tiefe = 1.10 m über FUK, Wasserstand = 0.34 m über FUK

Berme vor dem Wandfuß: x_1 = 2.30 m, x_2 = 8.50 m, dh = 2.80 m

Passiver Erddruck wird nicht angesetzt

Auflasten aus Wandbestandteilen (je m Wand)

Eigengewicht der Wand:	30.87 kN		
Eigengewicht Fundament Luftseite:	2.85 kN,	Hebelarm zur Fundament-Schwerachse:	1.41 m
Auflasten auf Fundament Luftseite:	2.12 kN,	Hebelarm zur Fundament-Schwerachse:	1.41 m
Eigengewicht Fundament Erdseite:	29.90 kN,	Hebelarm zur Fundament-Schwerachse:	0.27 m
Auflasten auf Fundament Erdseite:	103.34 kN,	Hebelarm zur Fundament-Schwerachse:	0.20 m

Belastung und Schnittgrößen der Wand (nach GZ Typ 2, Verformungen charakteristisch)
Alle Werte je m Wand, bezogen auf die Schwerachse
(Verformungen einschließlich Neigung aus Setzungen)

Tiefe z [m]	H-Druck h_d [kN/m]	Verformung w [mm]	Moment M_d [kNm]	Querkraft V_d [kN]
0.000	-0.28	4.1	0.00	0.00
0.250	2.71	3.7	-0.01	-0.30
0.500	5.70	3.4	-0.17	-1.36
0.750	8.69	3.0	-0.66	-3.15
1.000	11.68	2.6	-1.66	-5.70
1.021	11.93	2.6	-1.77	-5.95
1.021	19.53			
1.250	22.26	2.3	-3.46	-10.74
1.500	25.24	1.9	-6.62	-16.67
1.740	28.10	1.6	-11.08	-23.08
1.750	28.22	1.6	-11.30	-23.36
2.000	31.18	1.2	-17.70	-30.78
2.200	33.55	0.9	-24.18	-37.26

Phase P1	max. M	0.00	zug. V	0.00	max. V	0.00	zug. M	0.00
	min. M	-24.18	zug. V	-37.26	min. V	-37.26	zug. M	-24.18
	max. w	4.1 mm						

Längsbelastung der Wand

Tiefe z [m]	Längsbel. n_d [kN/m]	Normalkraft N_d [kN]
0.000	7.50	0.00
0.250	8.73	-2.03
0.500	9.97	-4.37
0.750	11.20	-7.01
1.000	12.44	-9.97
1.021	12.54	-10.23
1.021	14.69	
1.250	15.82	-13.72
1.500	17.06	-17.84
1.740	18.25	-22.07
1.750	18.29	-22.25
2.000	19.53	-26.98
2.200	20.52	-30.99

Schnittgrößen in der Sohlfuge
(berechnet mit Erddruck für Standsicherheitsuntersuchung)

N_d = -233.74 kN, V_d = -108.11 kN, M_d = -56.51 kNm

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

Ausmitte e_d = 0.24 m
Schnittgrößen mit Sohlwasserdruck:
N_d = -223.47 kN, V_d = -108.11 kN, M_d = -56.51 kNm
Ausmitte e_d = 0.25 m

Bodenpressung unter der Sohle

σ_{1d} = 111.176 kN/m², σ_{2d} = 36.820 kN/m², Breite der Druckzone: 3.02 m
Sohlnormalspannung $\sigma_{0r,d}$ = 88.883 kN/m²

Bodenpressung unter der Sohle für Wandbemessung (ohne Reduktion durch Sohlwasserdruck)
σ_{1d} = 85.900 kN/m², σ_{2d} = 54.232 kN/m², Breite der Druckzone: 3.02 m

Nachweis gegen Kippen im GZ Typ 1

Nachweis für ständige Lasten:
Schnittgrößen in der Sohlfuge
N_d = -192.32 kN, M_d = -53.73 kNm
Sohldruckkraft im Kern: e_d = 0.28 m <= 0.333*b = 1.01 m ***** Nachweis erfüllt *****
Ausnutzungsgrad: 0.28

Nachweis für Gesamtlasten:
Schnittgrößen in der Sohlfuge
N_d = -216.65 kN, M_d = -73.97 kNm
Sohldruckkraft im Kern: e_d = 0.34 m <= 0.333*b = 1.01 m ***** Nachweis erfüllt *****
Ausnutzungsgrad: 0.34

Nachweis der Gleitsicherheit im GZ Typ 2

		Charakteristisch	Bemessungswerte
Belastung T	=	108.11 kN	108.11 kN
Belastung V	=	223.47 kN	
Reibungswinkel Sohle δ	=	20.00 °	16.87 °
Kohäsion c	=	0.00 kN/m²	
Gleitwiderstand R_t	=	81.34 kN	67.78 kN
Nachweis: T_d / ($R_{t,d}$ + $E_{p,d}$)	=	1.59 > 1.0	***** Nachweis nicht erfüllt *****

Nachweis der Grundbruchsicherheit im GZ Typ 2
Böschung von 2.30 m bis 8.50 m, Höhe -2.80 m

Belastung		Charakteristisch	Bemessungswerte
Auflast P	=	2234.73 kN	2234.73 kN
Horizontallast H	=	1081.11 kN	1081.11 kN
Moment M	=	565.13 kNm	565.13 kNm
Neigung der Resultierenden tan(δ_S) = H/V	=	0.48	

Abmessungen		
Böschungsneigung ß (verändert, siehe Hinweis)	=	14.00 °
Einbindetiefe d (einschl. Auflast aus Böschung)	=	1.24 m
Ersatzbreite b'	=	2.51 m
Ersatzbreite quer a'	=	10.00 m

DC

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

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_4 - aussergewöhnlich

Ergebnisse

Breite der Grundbruchfigur	=	6.20 m	
Tiefe der Grundbruchfigur	=	1.30 m	
Maßgebende Bodenkennwerte: γ oberhalb Gründungssohle	=	17.33 kN/m³	17.33 kN/m³
γ unterhalb Gründungssohle	=	10.90 kN/m³	10.90 kN/m³
Reibungswinkel φ	=	33.82 °	29.18 °
Kohäsion c	=	0.00 kN/m²	0.00 kN/m²

Tragfähigkeitsbeiwerte N_c, N_q, N_γ	=	28.25	16.77	15.86
Lastneigungsbeiwerte i_c, i_q, i_γ	=	0.20	0.25	0.13
Formbeiwerte s_c, s_q, s_γ	=	1.15	1.14	0.90
Tiefenbeiwerte d_c, d_q, d_γ	=	1.18	1.13	1.00
Geländeneigungsbeiwerte g_c, g_q, g_γ	=	0.90	0.51	0.51

Grundbruchspannung p_d	=	72.79 kN/m²
Bemessungswert Grundbruchwiderstand R_d	=	1830.23 kN
Bemessungswert Beanspruchung N_d	=	2234.73 kN
Nachweis: N_d / R_d = 1.22 > 1.0		***** Nachweis nicht erfüllt *****

Hinweis: Die Böschungsneigung wurde iteriert wegen begrenzter Böschungsbreite.
(Iteration zwischen 11.31° und 24.30°)

Setzungsberechnung im GZ Gebrauchstauglichkeit
bezogen auf die Bodenpressungen an den kennzeichnenden Punkten:

Setzung am Fundamentrand Luftseite: 10.0 mm
Setzung am Fundamentrand Erdseite: 6.8 mm

Bestimmung der Sicherheit gegen Geländebruch nach Krey-Bishop im GZ Typ 3
Maßgebender Gleitkreis: x_M = -2.74, z_M = 4.55 m, R = 9.16 m
Gleitkörper von x = -7.03 m bis 5.94 m

Bestimmung der Lamellen-Anteile

x_M [m]	Breite b [m]	Eigengewicht [kN/m]	Auflast [kN/m]	Wasserauflast [kN/m]	Reibungswinkel φ_k [°]	Kohäsion c_k [kN/m²]	Neigungswinkel ϑ [°]
-6.89	0.28	0.77	0.00	2.73	34.00	0.00	-26.92
-6.50	0.50	5.18	0.00	4.06	34.00	0.00	-24.22
-6.00	0.50	9.73	0.00	2.93	34.00	0.00	-20.84
-5.50	0.50	13.86	0.00	1.80	34.00	0.00	-17.53
-5.00	0.50	17.61	0.00	0.67	34.00	0.00	-14.28
-4.50	0.50	21.07	0.00	0.01	34.00	0.00	-11.07
-4.00	0.50	24.32	0.00	0.00	34.00	0.00	-7.90
-3.50	0.50	27.27	0.00	0.00	34.00	0.00	-4.76
-3.00	0.50	29.57	0.00	0.00	34.00	0.00	-1.63
-2.50	0.50	29.84	0.00	0.00	34.00	0.00	1.50
-2.00	0.50	29.56	0.00	0.00	34.00	0.00	4.63
-1.50	0.50	28.99	0.00	0.00	34.00	0.00	7.78
-1.00	0.50	28.13	0.00	0.00	34.00	0.00	10.95
-0.74	0.03	1.65	0.00	0.00	34.00	0.00	12.64
-0.49	0.47	14.63	54.00 *	0.00	34.00	0.00	14.25
0.00	0.50	14.12	50.53 *	0.00	34.00	0.00	17.40
0.50	0.50	12.31	43.40 *	0.00	34.00	0.00	20.71
1.00	0.50	10.14	36.28 *	0.00	34.00	0.00	24.09
1.50	0.50	7.60	29.15 *	0.00	34.00	0.00	27.56
2.00	0.50	4.64	22.02 *	0.00	34.00	0.00	31.15

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

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_4 - aussergewöhnlich

x_M [m]	Breite b [m]	Eigen-gewicht [kN/m]	Auflast [kN/m]	Wasser-auflast [kN/m]	Reibungs-winkel φ_k [°]	Kohäsion c_k [kN/m²]	Neigungs-winkel ϑ [°]
2.28	0.05	0.29	1.81 *	0.00	34.00	0.00	33.18
2.53	0.45	37.34	0.00	0.00	30.00	0.00	35.07
3.00	0.50	40.03	0.00	0.00	30.00	0.00	38.78
3.50	0.50	37.66	30.28	0.00	30.00	0.00	42.92
4.00	0.50	33.65	30.28	0.00	30.00	0.00	47.35
4.50	0.50	27.52	30.28	0.00	30.00	0.00	52.19
5.00	0.50	20.12	30.28	0.00	30.00	0.00	57.63
5.50	0.50	10.77	30.28	0.00	30.00	0.00	64.05
5.84	0.19	0.99	0.00	0.00	30.00	0.00	69.49

* = Auflast aus Bodenpressung unter dem Fundament im GZ Typ 3

x_M [m]	Porenwasser-druck u [kN/m²]	$R*T_i$ [kNm/m]	$R*G*\sin(\vartheta)$ [kNm/m]
-6.89	11.21	3.09	-14.54
-6.50	13.07	19.51	-34.72
-6.00	15.14	34.37	-41.26
-5.50	16.88	46.02	-43.21
-5.00	18.31	55.35	-41.32
-4.50	19.43	65.85	-37.09
-4.00	20.27	79.07	-30.64
-3.50	20.82	90.80	-20.72
-3.00	21.10	99.35	-7.69
-2.50	21.11	98.15	7.16
-2.00	20.84	95.19	21.88
-1.50	20.30	91.88	35.95
-1.00	19.47	88.21	48.94
-0.74	18.92	5.17	3.32
-0.49	18.32	284.01	154.76
0.00	16.95	263.26	177.15
0.50	15.22	223.86	180.50
1.00	13.16	184.74	173.60
1.50	10.74	145.51	155.81
2.00	7.93	105.67	126.39
2.28	6.20	8.35	10.51
2.53	4.50	147.32	196.60
3.00	0.93	167.82	229.78
3.50	0.00	295.15	423.95
4.00	0.00	286.81	430.86
4.50	0.00	270.87	418.48
5.00	0.00	250.84	390.07
5.50	0.00	223.24	338.22
5.84	0.00	5.93	8.53
Summen:		3735.38	3261.28

Wasserdruck W [kN/m]	Hebelarm [m]	M abtreibend [kNm/m]
4.96	7.75	-42.67

Einwirkungen E_d = 3218.61 [kN/m]
Widerstände R_d = 3735.38 [kN/m]

E_d/R_d = 0.86 < 1.0 ***** Nachweis erfüllt *****

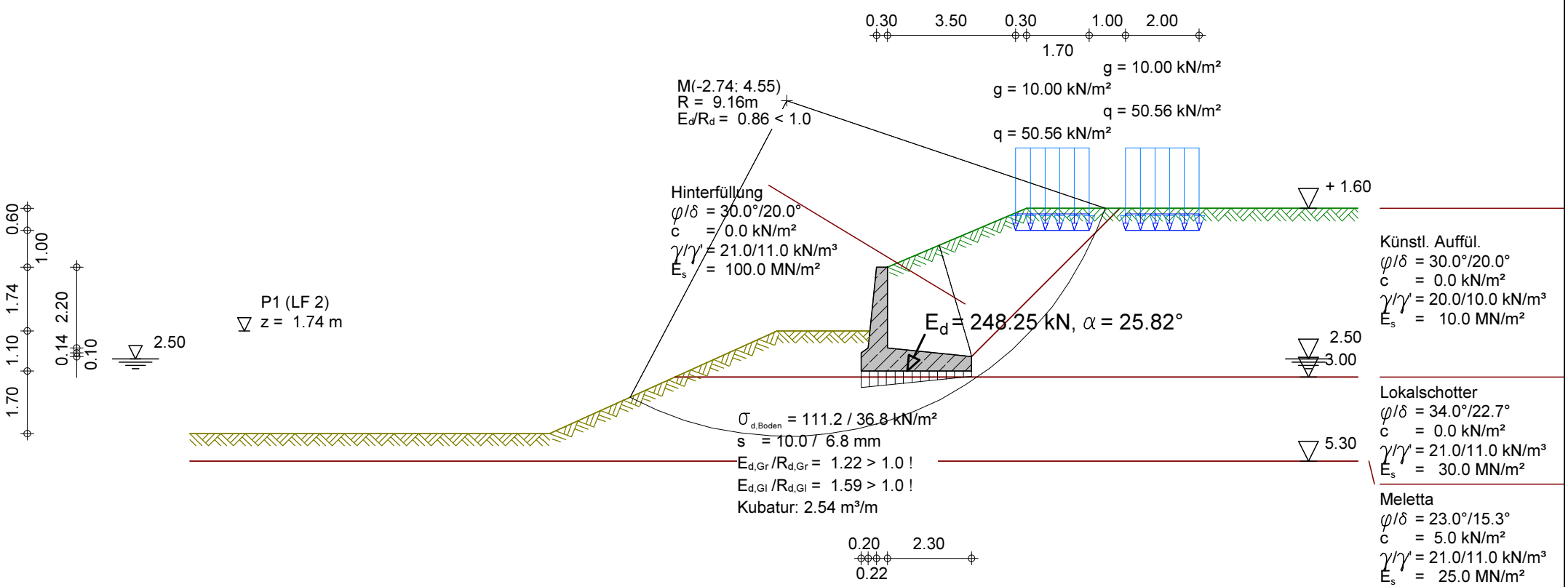
DC

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

Wandkubatur

Kubatur Fundament:	1.64 m³/m
Kubatur Wand:	0.90 m³/m
Kubatur gesamt:	2.54 m³/m

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

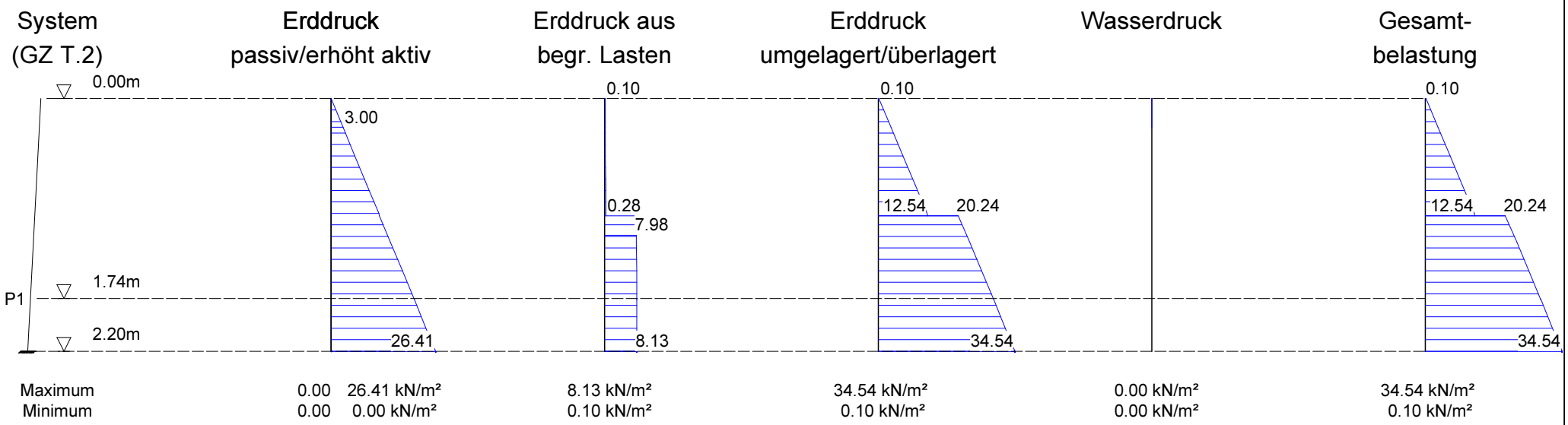


GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_4 - aussergewöhnlich

Seite	11
Phase	P1
Lastfall	1
Maßstab :	1: 150

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

Erddruck auf die Wand (Bem.) (GZ Typ 2)



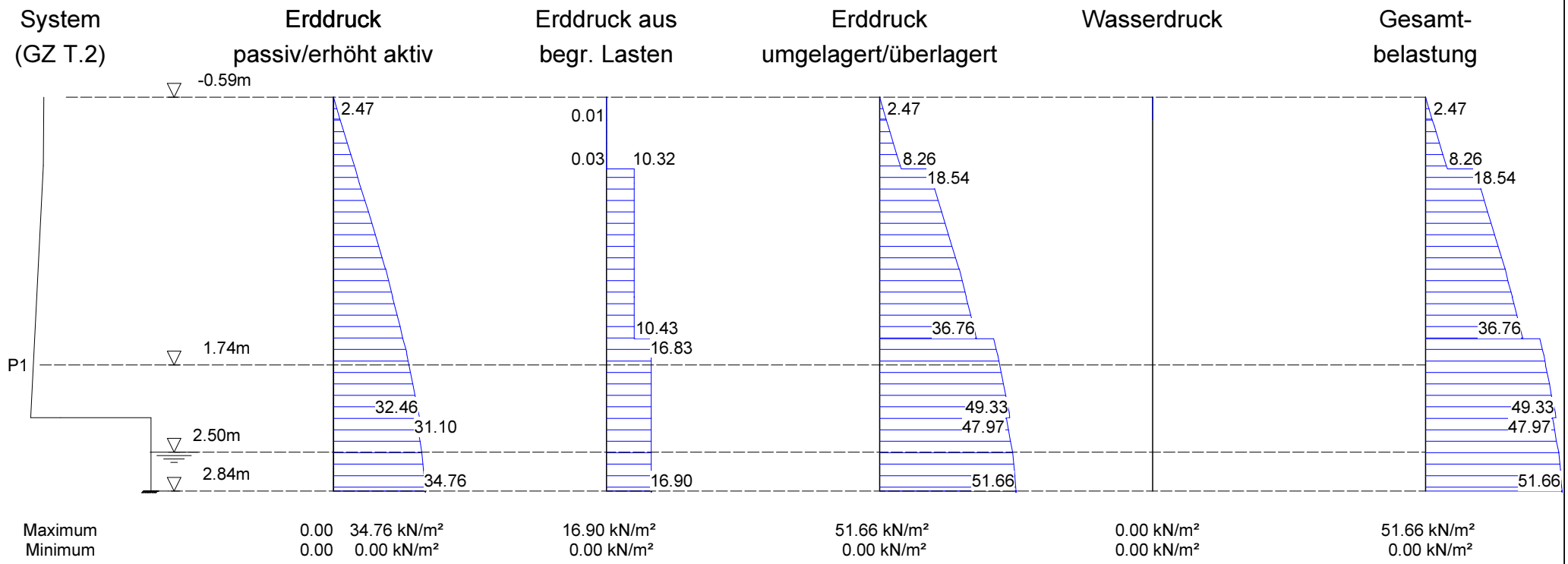
Maximum	0.00 26.41 kN/m²	8.13 kN/m²	34.54 kN/m²	0.00 kN/m²	34.54 kN/m²
Minimum	0.00 0.00 kN/m²	0.10 kN/m²	0.10 kN/m²	0.00 kN/m²	0.10 kN/m²

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_4 - aussergewöhnlich

Seite	12
Phase	P1
Lastfall	1
Maßstab :	1: 50

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

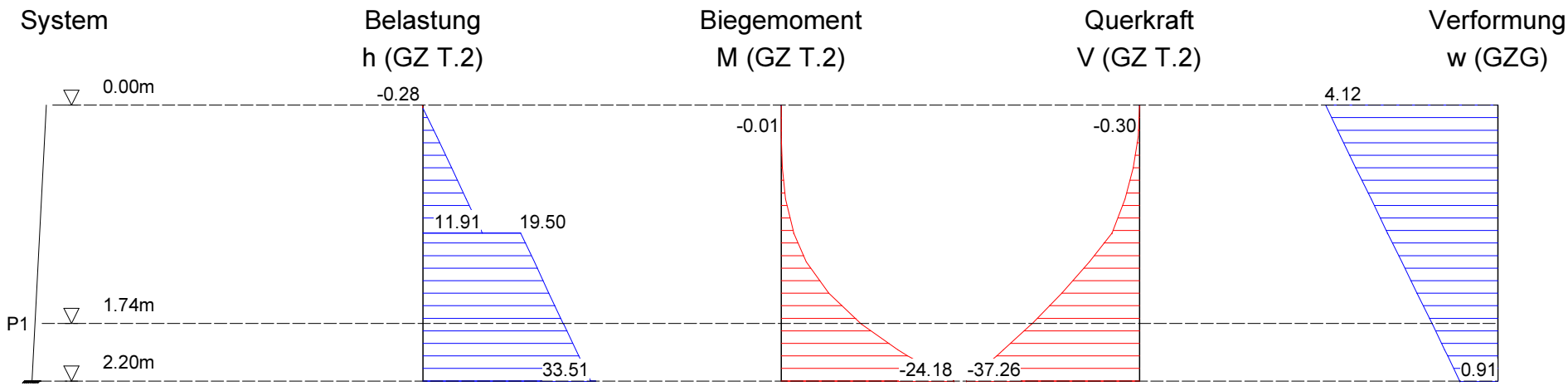
Erddruck für Standsicherheit (Bem.) (GZ Typ 2)



GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_4 - aussergewöhnlich

Seite	13
Phase	P1
Lastfall	1
Maßstab :	1: 50

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

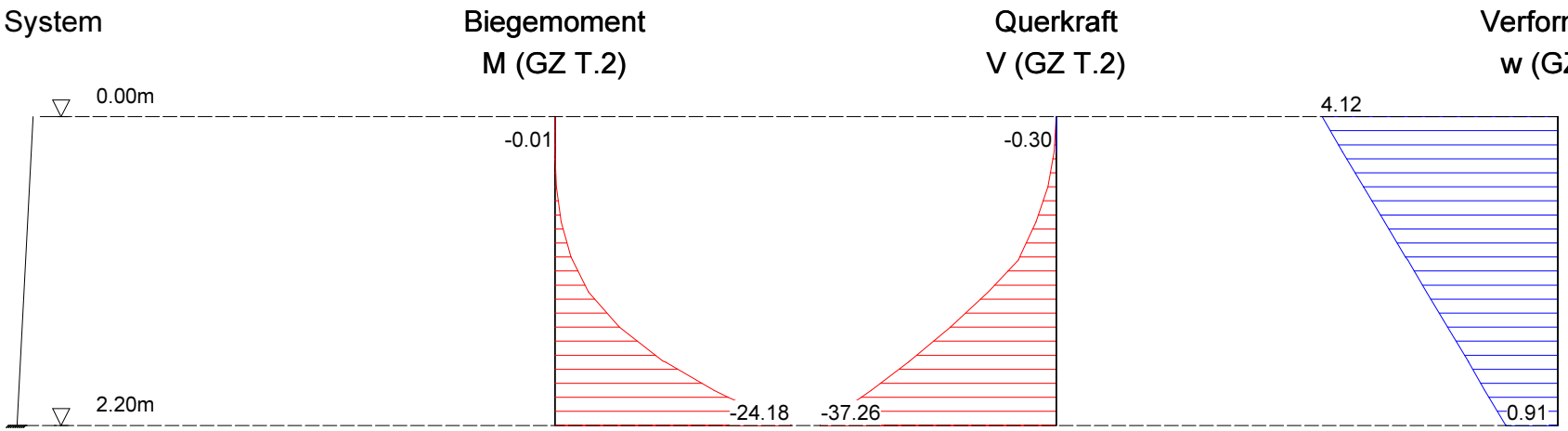


	Belastung h (GZ T.2)	Biegemoment M (GZ T.2)	Querkraft V (GZ T.2)	Verformung w (GZG)
Maximum	34.54 kN/m²	0.00 kNm/m	0.00 kN/m	4.12 mm
Minimum	-0.28 kN/m²	-24.18 kNm/m	-37.26 kN/m	0.91 mm

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_4 - aussergewöhnlich

Seite	14
Phase	P1
Lastfall	1
Maßstab :	1: 50

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



Maximum	0.00	0.00 kNm/m		0.00	0.00 kN/m	4.12	0.00 mm
Minimum	0.00	-24.18 kNm/m		-37.26	0.00 kN/m	0.91	0.00 mm

GELE: Stützmauer SNCF km 0.916
QP_4 - aussergewöhnlich

Einhüllende
Maßstab : 1: 50

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

Stahlbetonbemessung nach SIA 262

Maßgebende Schnittgrößen (je lfm Wand):
Sicherheitsbeiwerte
für Lasten: γ_F nach GZ Typ 2
für Widerstände: γ_R = 1.50 (Beton), 1.15 (Stahl)

		Bemessungsschnittgrößen
maßg. Moment	max. M_d =	-24.18 kNm/m
	zug. N_d =	-30.99 kN/m
	bei z =	2.20 m
maßg. Moment	min. M_d =	-24.18 kNm/m
	zug. N_d =	-30.99 kN/m
	bei z =	2.20 m
maßg. Querkraft	max. V_d =	29.24 kN/m
(bis Abstand d)	zug. M_d =	-16.27 kNm/m
	zug. N_d =	-26.01 kN/m
	bei z =	1.95 m

Materialwerte: Beton C30/37 Bewehrung: B500B
Randabstand Bewehrungsachse d = 5.0 cm

Maximale Bewehrung
bei max. M (z = 2.20 m): erf. A_S Luftseite = 15.60 cm²/m * (0.00)
bei min. M (z = 2.20 m): erf. A_S Erdseite = 15.60 cm²/m * (0.74)
bei max. V (z = 1.95 m): erf. Schubbewehrung $A_{SBü}$ = 0.00 cm²/m²
(Druckstrebenneigung α = 30.0°, v_{Rd} = 461.86 kN/m, $v_{Rd,c}$ = 2108.07 kN/m)
(für Schubbemessung angesetzte Längsbewehrung: erf. A_S im Schnitt)

Abschnittsweise Bemessung der Wand

Tiefe [m]	Moment M_d [kNm/m]	Normalkraft N_d [kN/m]	Querkraft V_d [kN/m]	Biegebewehrung $A_{S,L}/A_{S,E}$ [cm²/m]	Schubbewehrung [cm²/m²]
0.00	0.00 / 0.00	0.00 / 0.00	0.00	(0.00) 2.10* / 2.10* (0.00)	0.00
0.25	-0.01 / -0.01	-2.03 / -2.03	0.30	(0.00) 1.95* / 1.95* (0.00)	0.00
0.50	-0.17 / -0.17	-4.37 / -4.37	1.36	(0.00) 2.10* / 2.10* (0.00)	0.00
0.75	-0.66 / -0.66	-7.01 / -7.01	3.15	(0.00) 5.55* / 5.55* (0.00)	0.00
1.00	-1.66 / -1.66	-9.97 / -9.97	5.70	(0.00) 9.90* / 9.90* (0.00)	0.00
1.25	-3.46 / -3.46	-13.72 / -13.72	10.74	(0.00) 12.75* / 12.75* (0.03)	0.00
1.50	-6.62 / -6.62	-17.84 / -17.84	16.67	(0.00) 13.50* / 13.50* (0.14)	0.00
1.75	-11.30 / -11.30	-22.25 / -22.25	23.36	(0.00) 14.25* / 14.25* (0.31)	0.00
1.95	-16.27 / -16.27	-26.01 / -26.01	29.24	(0.00) 14.85* / 14.85* (0.48)	0.00
2.00	-17.70 / -17.70	-26.98 / -26.98		(0.00) 15.00* / 15.00* (0.52)	
2.20	-24.18 / -24.18	-30.99 / -30.99		(0.00) 15.60* / 15.60* (0.74)	

Bemessung Fundament Luftseite
maßg. Moment M_d = 0.58 kNm/m, Normalkraft N_d = -1.95 kN/m, Querkraft V_d = 0.00 kN/m
erf. A_{so} = 17.70 cm²/m * (0.00) (am Anschnitt)
erf. A_{su} = 17.70 cm²/m * (0.00) (am Anschnitt)
erf. Schubbewehrung $A_{sBü}$ = 0.00 cm²/m² (am Anschnitt)
(Druckstrebenneigung α = - , v_{Rd} = - , $v_{Rd,c}$ = -)
(für Schubbemessung angesetzte Längsbewehrung: erf. A_S im Schnitt)

Bemessung Fundament Erdseite (keine direkte Lagerung)
maßg. Moment M_d = -27.94 kNm/m, Normalkraft N_d = 1.50 kN/m, Querkraft V_d = 19.85 kN/m
erf. A_{so} = 19.20 cm²/m * (1.03) (am Anschnitt)
erf. A_{su} = 19.20 cm²/m * (0.00) (am Anschnitt)
erf. Schubbewehrung $A_{sBü}$ = 0.00 cm²/m² (Abstand 0.90 m vom Anschnitt)
(Druckstrebenneigung α = 33.2°, v_{Rd} = 646.31 kN/m, $v_{Rd,c}$ = 2965.29 kN/m)
(für Schubbemessung angesetzte Längsbewehrung: erf. A_S im Schnitt)

DC

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

Abschnittsweise Bemessung des Fundaments erdseitig

Breite [m]	Moment M_d [kNm/m]	Normalkraft N_d [kN/m]	Querkraft V_d [kN/m]	Biegebewehrung $A_{S,o}/A_{S,u}$ [cm²/m]	Schubbewehrung [cm²/m²]
0.00	-27.94 /-27.94	1.50 / 1.50	12.60	(1.03) 19.20* / 19.20* (0.00)	0.00
0.59	-20.43 /-20.43	-3.61 / -3.61	19.12	(0.70) 19.20* / 19.20* (0.00)	0.00
1.00	-13.56 /-13.56	-6.91 / -6.91	19.68	(0.41) 19.20* / 19.20* (0.00)	0.00
1.50	-5.62 / -5.62	-10.66 /-10.66	15.98	(0.08) 19.20* / 19.20* (0.00)	0.00
2.00	-0.57 / -0.57	-14.11 /-14.11	7.44	(0.00) 2.40* / 2.40* (0.00)	0.00

* = Mindestbewehrung maßgebend
(Werte in Klammern: statisch erforderliche Bewehrung ohne Mindestbewehrung)

Zusammenfassung

Folgende Nachweise sind nicht erfüllt:
Die Gleitsicherheit ist nicht eingehalten.
Die Grundbruchsicherheit ist nicht eingehalten.

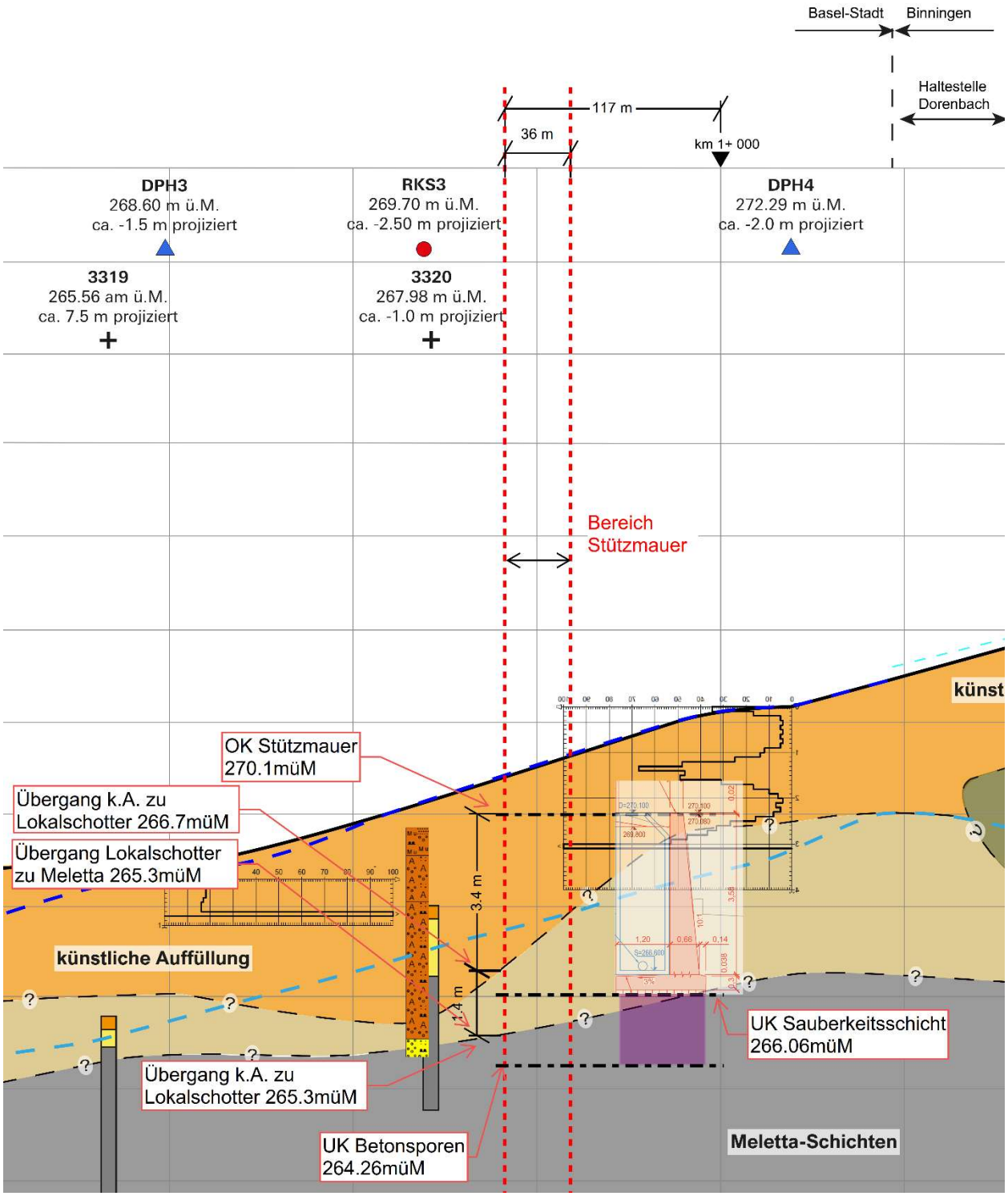
Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Anhang B

Statische Berechnung Baugrube

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

1 GEOLOGIE



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

2 GEOMETRIE

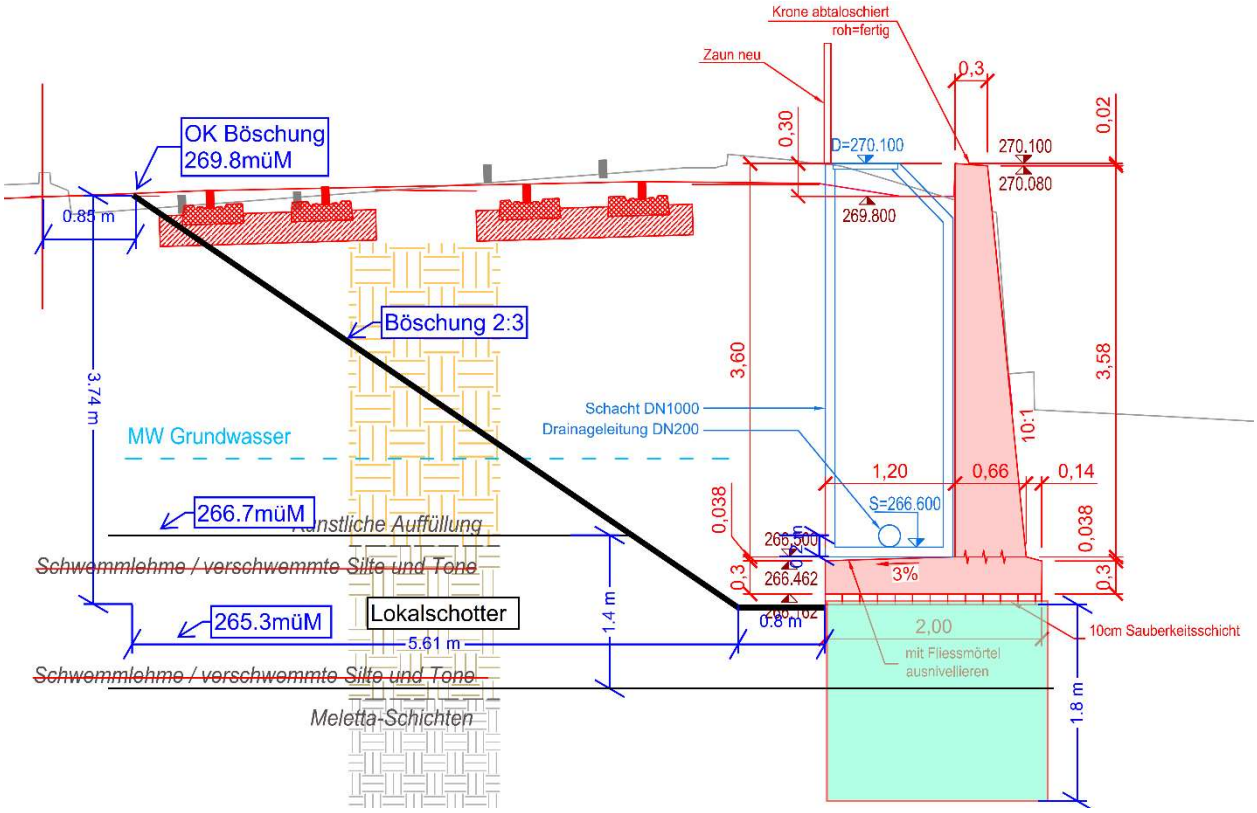


Abbildung 1: Querschnitt Baugrube mit Böschung

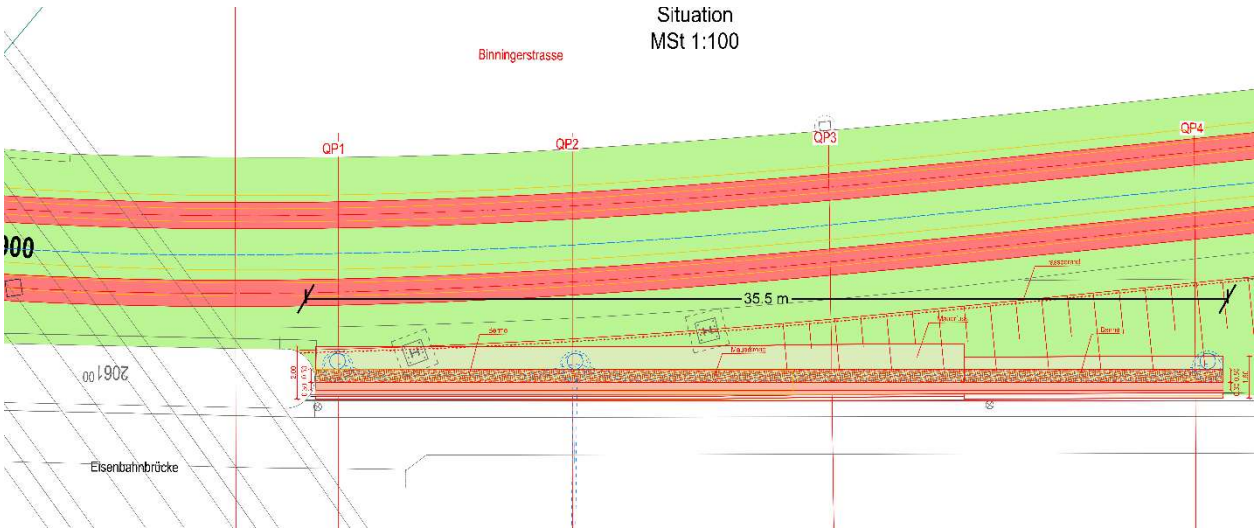


Abbildung 2. Situation Winkelstützmauer

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

3 Statische Nachweise

3.1 DC-BERECHNUNG BÖSCHUNG

Eingangs wird die Böschung mit DC-Böschung berechnet. Die DC-Berechnung zeigt, dass der Böschungsnachweis mit einer Neigung 2:3 rechnerisch nicht erfüllt ist (siehe Abbildung 3 und Abbildung 4).

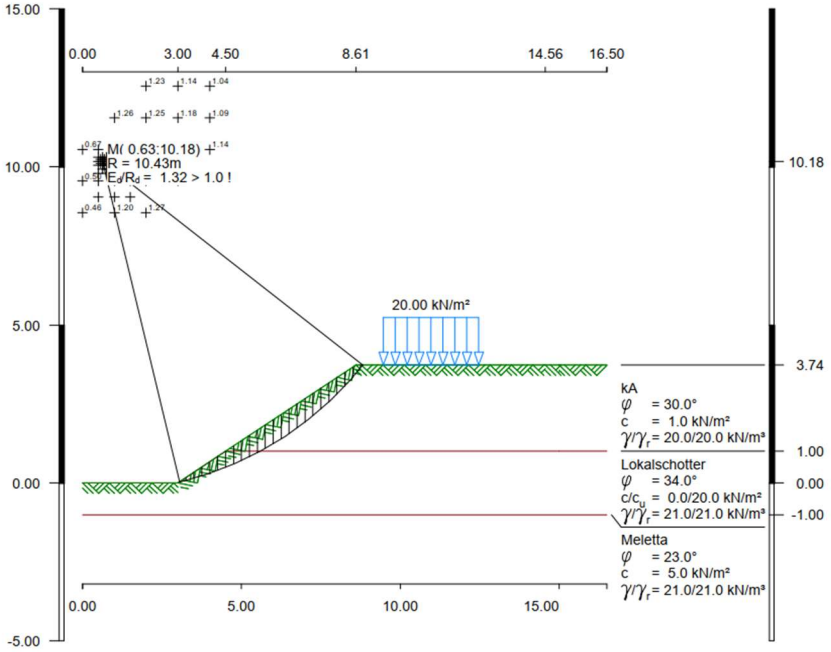


Abbildung 3: Ergebnis DC-Böschungs-Berechnung (Ausnutzung 1.32)

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

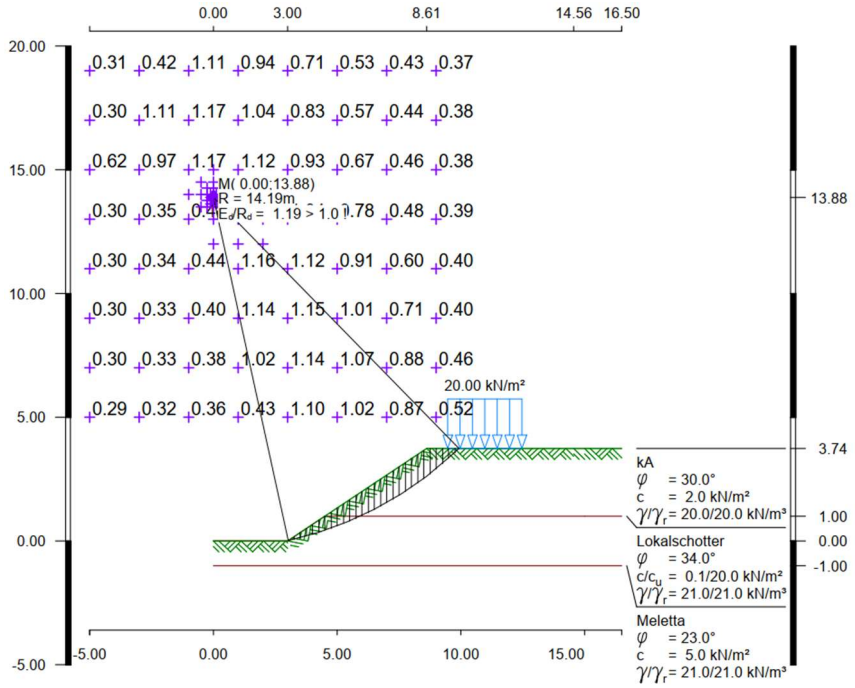


Abbildung 4: Ergebnis DC-Böschungs-Berechnung (Ausnutzung 1.19 bei oberer Bandbreite Kohäsion)

Dies ist auf die geotechnischen Parameter und den Teilsicherheitsfaktoren zurückzuführen: Auf Basis der konservativen Baugrundwerte (ohne Ansatz einer relevanten Kohäsion bzw. eines realistischen Reibungswinkels) kann kein rechnerischer Nachweis mit der Methode der Gleitkreisberechnung erbracht werden.

In der Realität wird jedoch eine Neigung von 2:3 ohne weitere Berechnung, und mit einer Höhe < 4m in den anstehenden Baugrundschichten als standsicher bewertet. Für den rechnerischen Nachweis wird daher eine präzisere Berechnung mittels der Software Optum G2 durchgeführt. Diese Anwendung benutzt die Finite-Elemente Methode zur Berechnung der Böschungsstabilität (siehe nächstes Kapitel).

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

3.2 OPTUM-BERECHNUNG BÖSCHUNG

Über diesen Berechnungsbericht

Dieser Bericht wurde generiert mit Hilfe von OPTUM G2 2021, ein Finite-Elemente-Programm, das sich der geotechnischen Verformungs- und Stabilitätsanalyse widmet. Eine vollständige Beschreibung des Programms finden Sie in den begleitenden Handbüchern, die beim Programmstart oder über File Manuals verfügbar sind.

Zusammenfassung

Berechnungsdatum		
19.06.2026		
Berechnungsphase	**Verfahren**	**Berechnungmethode**
strengthred_gauss	6-Knoten Gauss	StrengthReduction
strengthred_gauss_Riegel	6-Knoten Gauss	StrengthReduction
strengthred_upper	Limit Analysis – oberer Grenzwert	StrengthReduction
strengthred_upper_Riegel	Limit Analysis – oberer Grenzwert	StrengthReduction
strengthred_lower	Limit Analysis – unterer Grenzwert	StrengthReduction
strengthred_lower_Riegel	Limit Analysis – unterer Grenzwert	StrengthReduction

φ/c – Reduktion im Grenzzustand Typ 3 (user3)

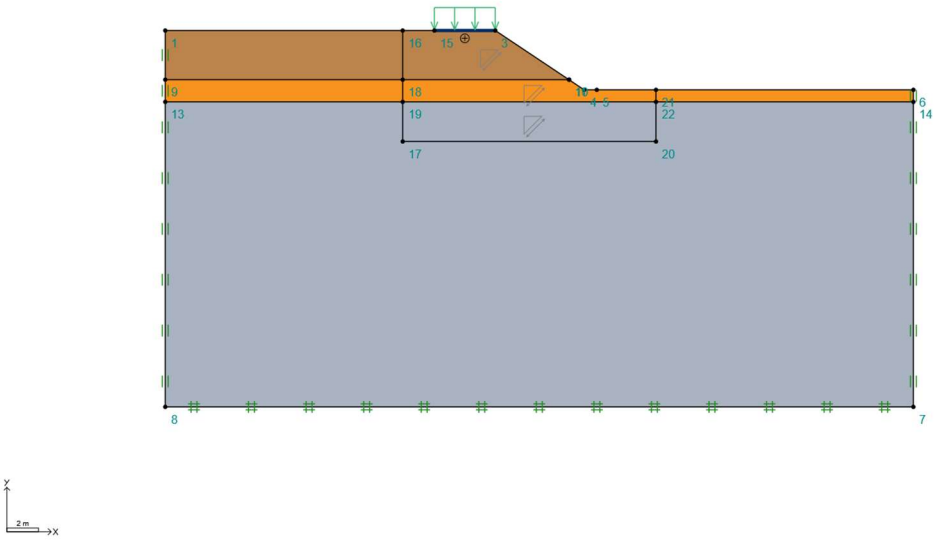
	Unity	DA1/1	DA1/2	User 1	User 2	User 3	User 4
Eigengewicht - Ungünstig:							
Ständig	1	1.35	1	1.1	1.35	1	1
Eigengewicht - Günstig:							
Ständig	1	1	1	0.9	0.8	1	1
Loads - Unfavourable:							
Ständig	1	1.35	1	1.1	1.35	1	1
Variabel	1	1.5	1.3	1.5	1.5	1.3	0
Außergewöhnlich	1	1	1	0	0	0	1
Lasten - Günstig:							
Permanent	1	1	1	0.9	0.8	1	1
Variabel	1	0	0	0	0	0	0
Außergewöhnlich	1	0	0	1	1	1	1
Materialien:							
c	1	1	1.25	1.5	1.5	1.5	1.5
ϕ	1	1	1.25	1.2	1.2	1.2	1.2
s_u (Tresca)	1	1	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5

Abbildung 5: Teilsicherheitsfaktoren für GZ Typ 3:

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

φ/c – Reduktion (Gauss)

strengthred_gauss



Knoten

Knoten	x (m)	y (m)
1	-20.00	3.74
3	0.85	3.74
4	6.46	0.00
5	7.26	0.00
6	27.26	0.00
7	27.26	-20.00
8	-20.00	-20.00
9	-20.00	0.64
10	5.52	0.64
11	5.50	0.64
15	-3.00	3.74
13	-20.00	-0.76
14	27.26	-0.76
16	-5.00	3.74
17	-5.00	-3.26
18	-5.00	0.64
19	-5.00	-0.76
20	11.00	-3.26
21	11.00	0.00
22	11.00	-0.76

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

Böden

Vorderseite	Material
15-3-11-18-16	kA_MC
19-13-9-18	Lokalschotter_MC
9-18-1-16	kA_MC
22-19-18-11-4-5-21	Lokalschotter_MC
20-22-17-19	Meletta_MC
22-21-6-14	Lokalschotter_MC
14-22-7-8-13-19-17-20	Meletta_MC

Elemente

Fixe Gleichlast => Es wird eine Logistikspur von ca. 4 m mit einer Auflast von 20 kPa am Böschungskopf berücksichtigt

Edge	Start X (kN/m²)	Start Y (kN/m²)	Ende X (kN/m²)	Ende Y (kN/m²)	Koordi-natensystem	Safety
15-3	0	-20	0	-20	Local	Unfavourable, Variable

Lagerung/Freiheitsgrade

Edge	Auflager	Relaxation	Relaxa-tionsfaktor, α
6-14	Normal	No	0.5
7-8	Voll	No	0.5
8-13	Normal	No	0.5
9-1	Normal	No	0.5
13-9	Normal	No	0.5
14-7	Normal	No	0.5

Platte

Edge	Unit Weight Type	Material
15-3	Favourable	Rigid Plate

Materialien

Rigid Plate

Farbe	
Materialtyp	Rigid Plate
Dichte, w (kg/m/m)	0

kA_MC

Farbe	
Materialtyp	Mohr-Coulomb
E (MPa)	10
v (-)	0.25

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

c (kPa)	2
ϕ (°)	30
γ_{dry} (kN/m³)	20
γ_{sat} (kN/m³)	20
K_0 (-)	0.5
σ_0 (kPa)	0
K_x (m/Tag)	1E-05
K_y (m/Tag)	1E-05
h^* (m)	1

Lokalschotter_MC

Farbe	
Materialtyp	Mohr-Coulomb
E (MPa)	30
v (-)	0.25
c (kPa)	0.1
ϕ (°)	34
γ_{dry} (kN/m³)	21
γ_{sat} (kN/m³)	21
K_0 (-)	0.5
σ_0 (kPa)	0
K_x (m/Tag)	1E-05
K_y (m/Tag)	1E-05
h^* (m)	1

Meletta_MC

Farbe	
Materialtyp	Mohr-Coulomb
E (MPa)	25
v (-)	0.25
c (kPa)	5
ϕ (°)	23
γ_{dry} (kN/m³)	21
γ_{sat} (kN/m³)	21
K_0 (-)	0.5
σ_0 (kPa)	0
K_x (m/Tag)	1E-05
K_y (m/Tag)	1E-05
h^* (m)	1

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

Abbildungen

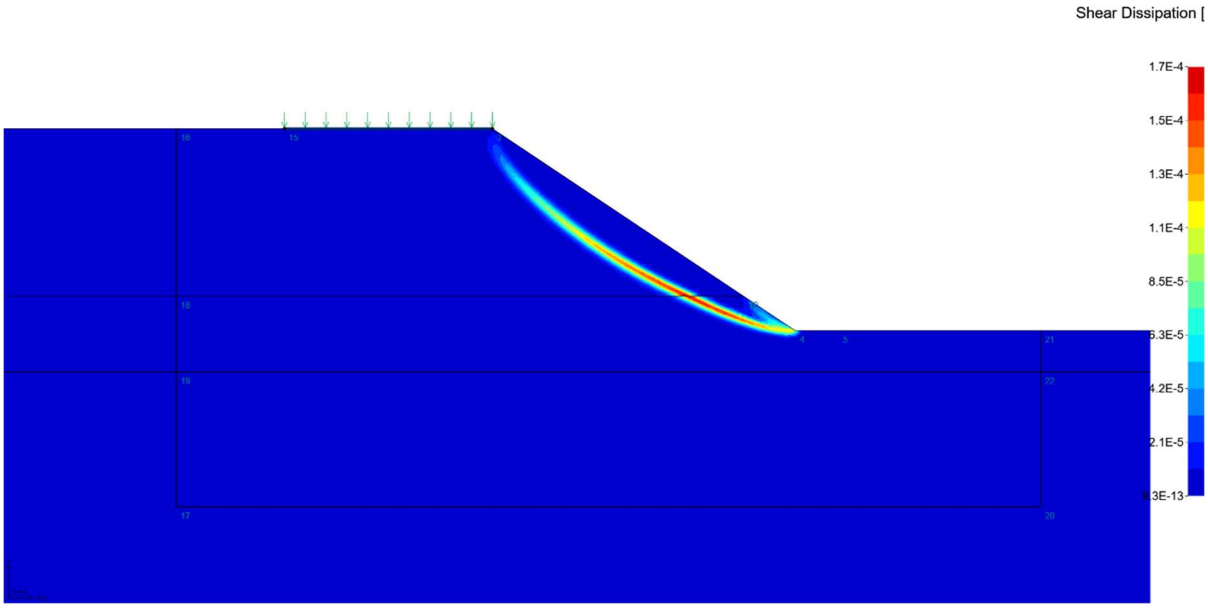
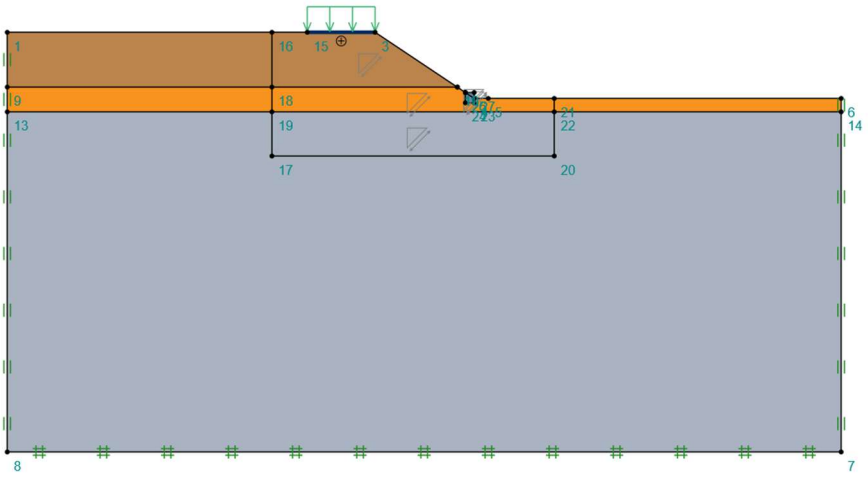


Abbildung 6: Shear_Dissipation_strengthred_gauss; Sicherheitsfaktor 1.012 (GZT3)

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

φ/c – Reduktion (Gauss) mit Riegel am Böschungsfuss

strengthred_gauss_Riegel





Knoten

Knoten	x (m)	y (m)
1	-20.00	3.74
3	0.85	3.74
4	6.46	0.00
5	7.26	0.00
6	27.26	0.00
7	27.26	-20.00
8	-20.00	-20.00
9	-20.00	0.64
10	5.52	0.64
11	5.50	0.64
15	-3.00	3.74
13	-20.00	-0.76
14	27.26	-0.76
16	-5.00	3.74
17	-5.00	-3.26
18	-5.00	0.64
19	-5.00	-0.76
20	11.00	-3.26

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

21	11.00	0.00
22	11.00	-0.76
23	6.46	-0.25
24	5.96	-0.25
25	5.96	0.34
26	5.96	0.33
27	6.46	0.33

Böden

Vorderseite	Material
27-4-26	Rigid
4-23-24-26	Rigid
15-3-11-18-16	kA_MC
19-13-9-18	Lokalschotter_MC
9-18-1-16	kA_MC
4-5-21-22-19-18-11-26-24-23	Lokalschotter_MC
20-22-17-19	Meletta_MC
22-21-6-14	Lokalschotter_MC
14-22-7-8-13-19-17-20	Meletta_MC

Elemente

Fixe Gleichlast

Edge	Start X (kN/m²)	Start Y (kN/m²)	Ende X (kN/m²)	Ende Y (kN/m²)	Koordi-natensystem	Safety
15-3	0	-20	0	-20	Lokal	Unfavourable, Variable

Lagerung/Freiheitsgrade

Edge	Auflager	Relaxation	Relaxa-tionsfaktor, α
6-14	Normal	Nein	0.5
7-8	Voll	Nein	0.5
8-13	Normal	Nein	0.5
9-1	Normal	Nein	0.5
13-9	Normal	Nein	0.5
14-7	Normal	Nein	0.5

Platte

Edge	Einheiten Gewichtstyp	Material
15-3	Vorteilhaft	Rigid Plate

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

Materialien

Rigid Plate

Farbe	
Materialtyp	Rigid Plate
Dichte, w (kg/m/m)	0

kA_MC

Farbe	
Materialtyp	Mohr-Coulomb
E (MPa)	10
v (-)	0.25
c (kPa)	2
ϕ (°)	30
γ_{dry} (kN/m³)	20
γ_{sat} (kN/m³)	20
K_0 (-)	0.5
σ_0 (kPa)	0
K_x (m/Tag)	1E-05
K_y (m/Tag)	1E-05
h^* (m)	1

Rigid

Farbe	
Materialtyp	Rigid
γ (kN/m3)	25
K_x (m/Tag)	1E-09
K_y (m/Tag)	1E-09
h^* (m)	0.5

Lokalschotter_MC

Farbe	
Materialtyp	Mohr-Coulomb
E (MPa)	30
v (-)	0.25
c (kPa)	0.1
ϕ (°)	34
γ_{dry} (kN/m³)	21
γ_{sat} (kN/m³)	21
K_0 (-)	0.5
σ_0 (kPa)	0
K_x (m/Tag)	1E-05
K_y (m/Tag)	1E-05

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

h* (m)	1

Meletta_MC

Farbe	
Materialtyp	Mohr-Coulomb
E (MPa)	25
v (-)	0.25
c (kPa)	5
ϕ (°)	23
γ_{dry} (kN/m³)	21
γ_{sat} (kN/m³)	21
K_0 (-)	0.5
σ_0 (kPa)	0
K_x (m/Tag)	1E-05
K_y (m/Tag)	1E-05
h* (m)	1

Abbildungen

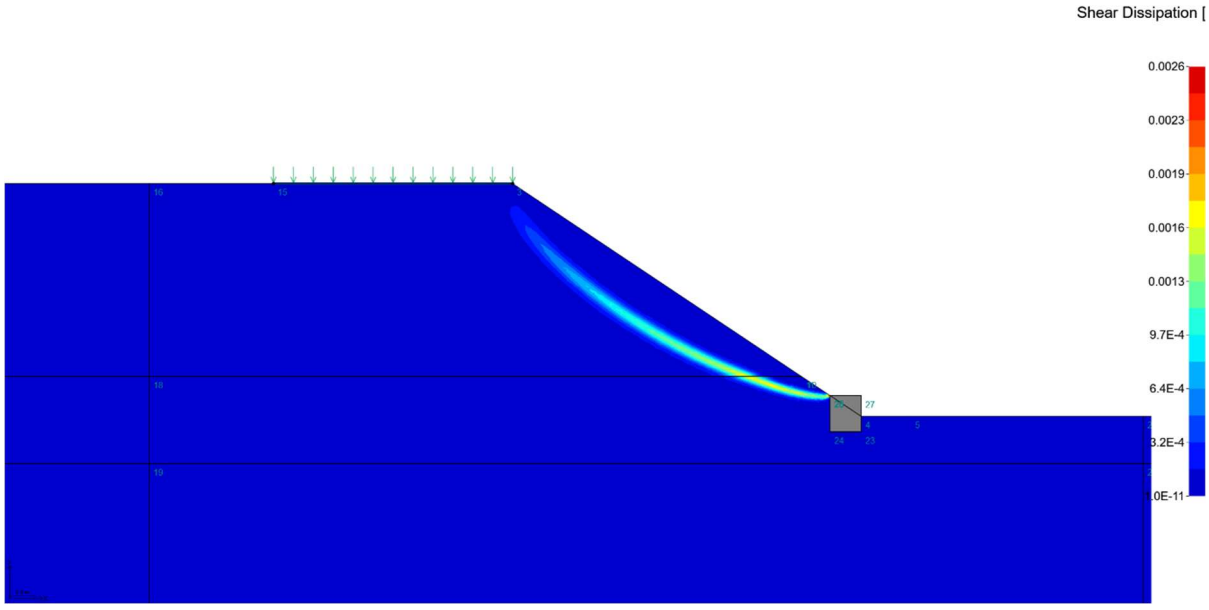
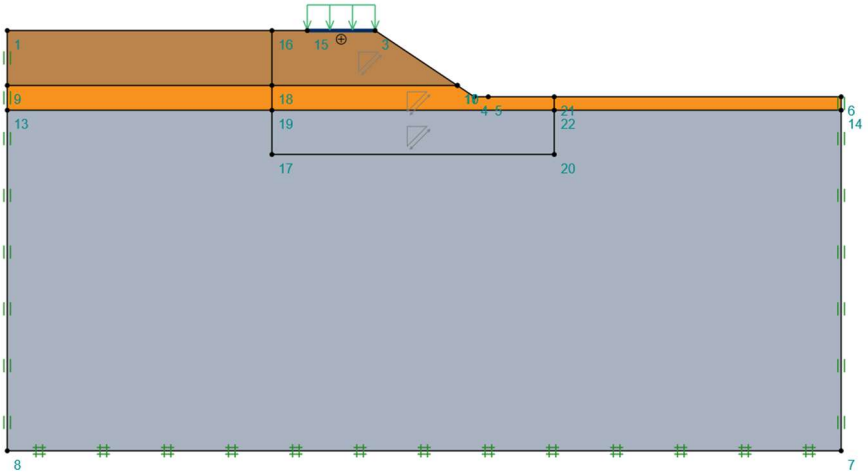


Abbildung 7: Shear_Dissipation_strengthred_gauss_Riegel; Sicherheitsfaktor 1.039 (GZT3)

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

φ/c – Reduktion (upper bound)

strengthred_upper





Abbildungen

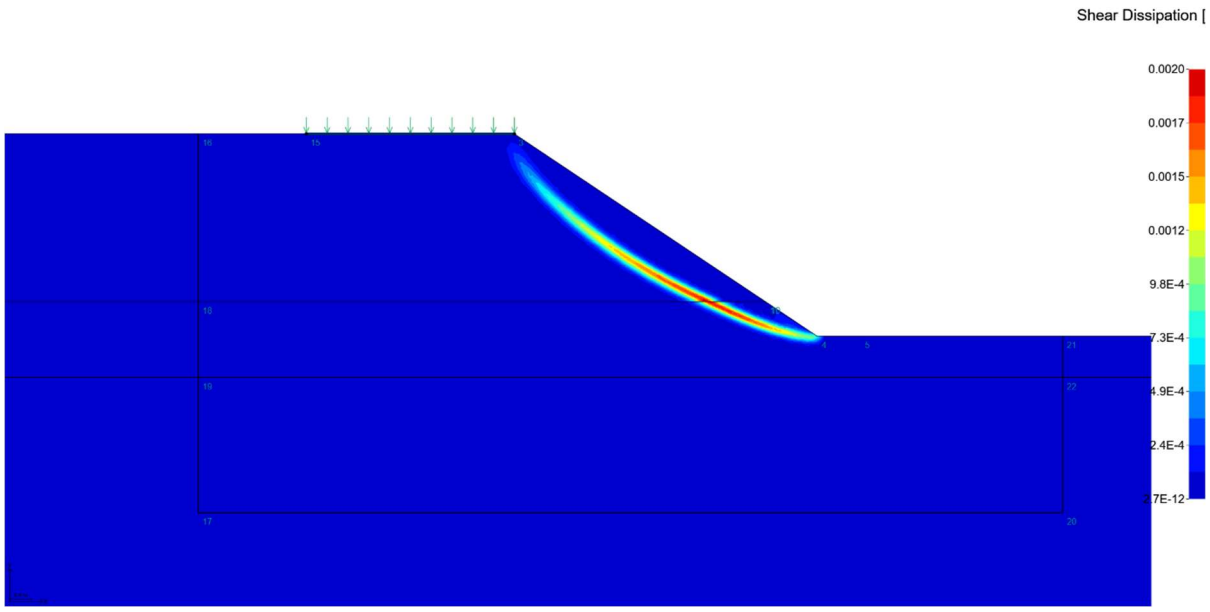
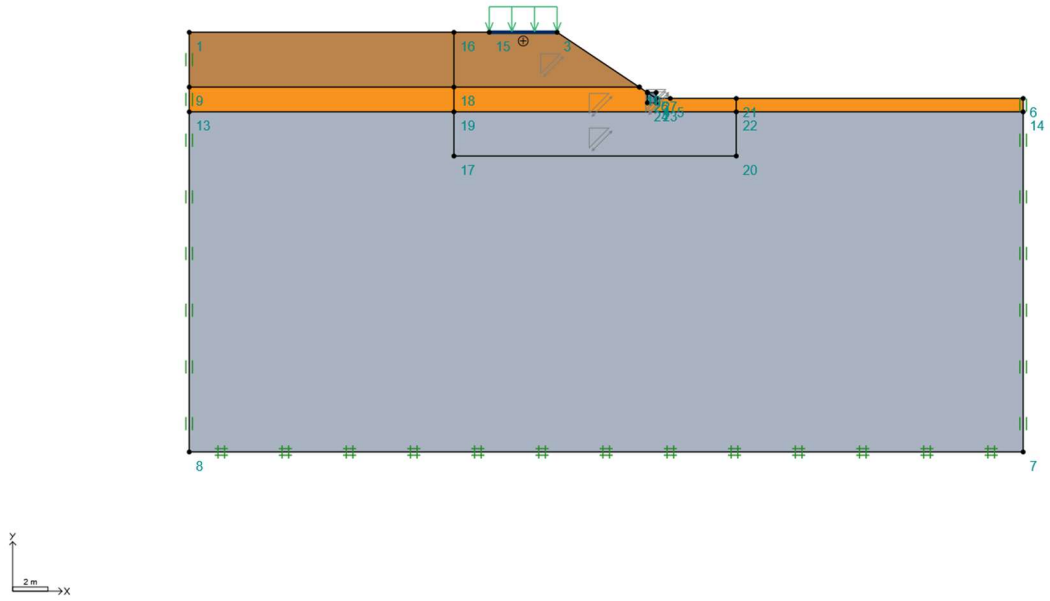


Abbildung 8: Shear_Dissipation_strengthred_upper; Sicherheitsfaktor 1.018 (GZT3)

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

φ/c – Reduktion (upper bound) mit Riegel am Böschungsfuss

strengthred_upper_Riegel



Abbildungen

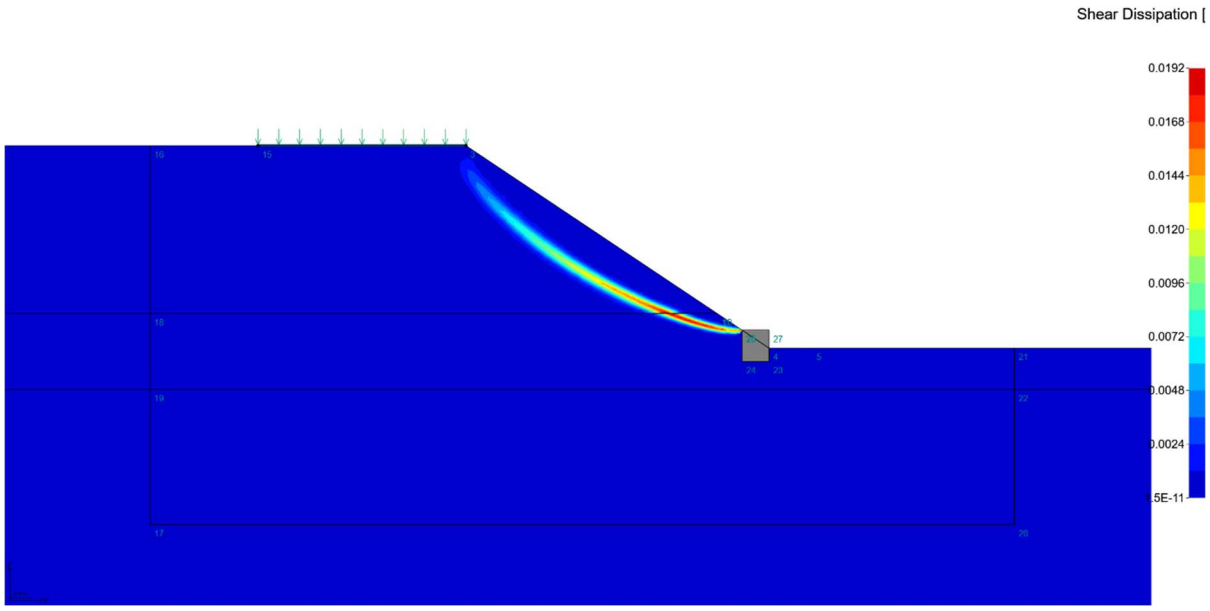
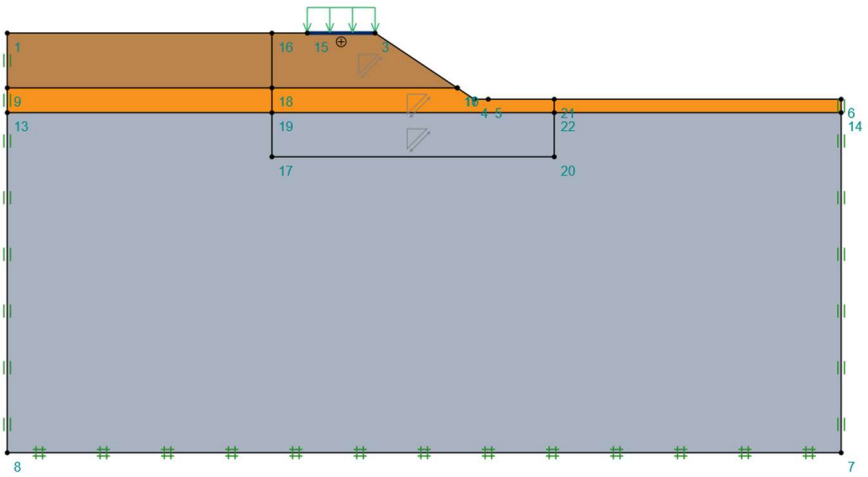


Abbildung 9. Shear_Dissipation_strengthred_upper_Riegel; Sicherheitsfaktor 1.047 (GZT3)

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

φ/c – Reduktion (lower bound)

strengthred_lower





Abbildungen

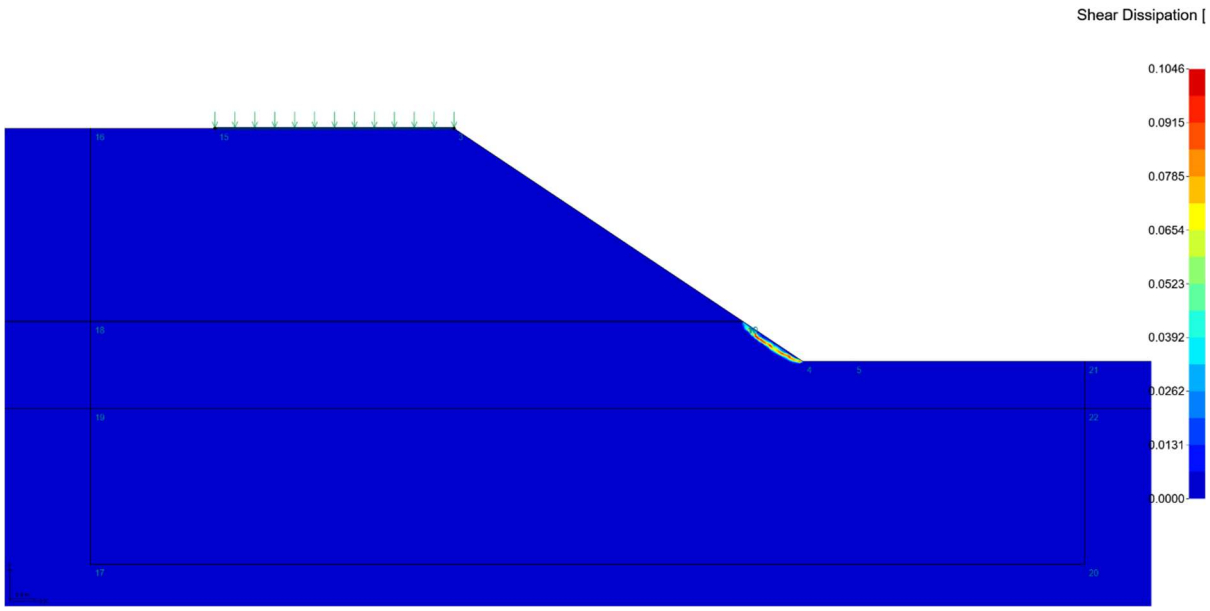
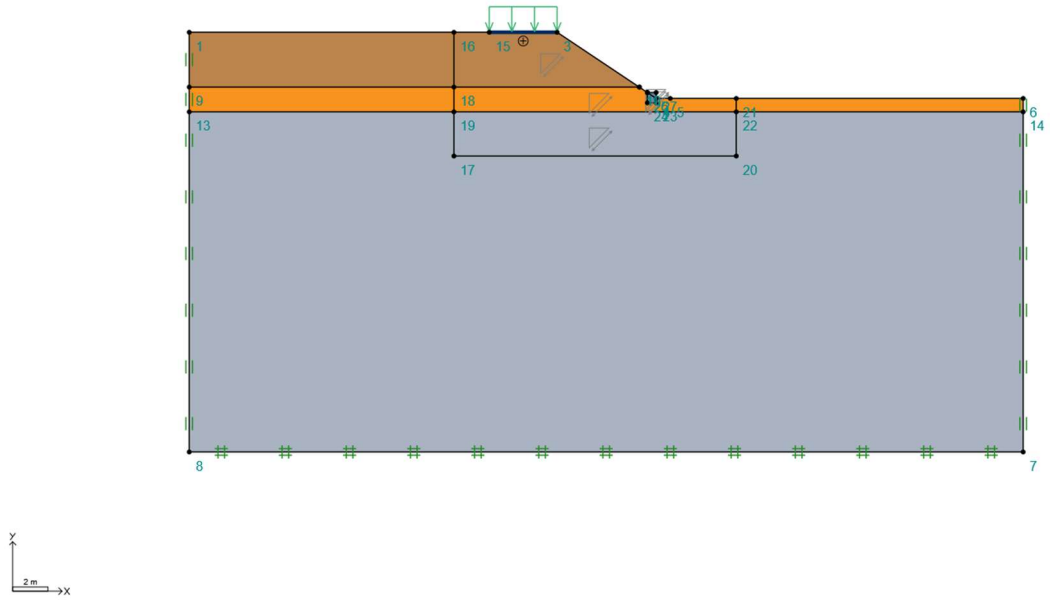


Abbildung 10: Shear_Dissipation_strengthred_lower; Sicherheitsfaktor 0.972 (GZT3)

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

φ/c – Reduktion (lower bound) mit Riegel am Böschungsfuss

strengthred_lower_Riegel



Abbildungen

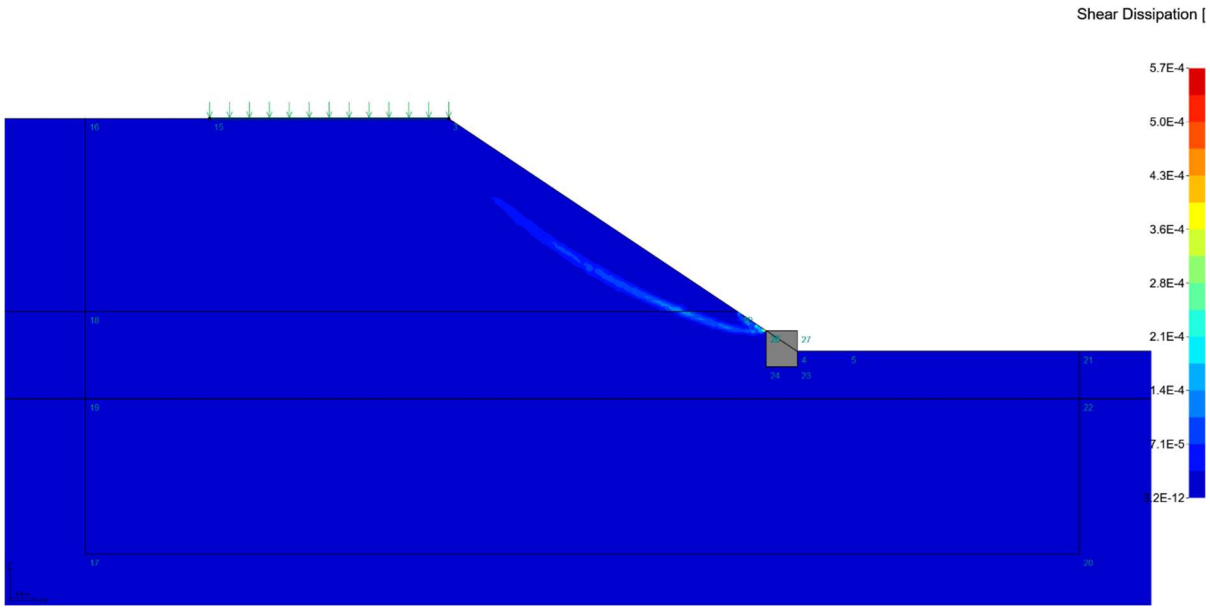


Abbildung 11: Shear_Dissipation_strengthred_lower_Riegel; Sicherheitsfaktor 1.022 (GZT3)

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

4 AUSWERTUNG ERGEBNISSE

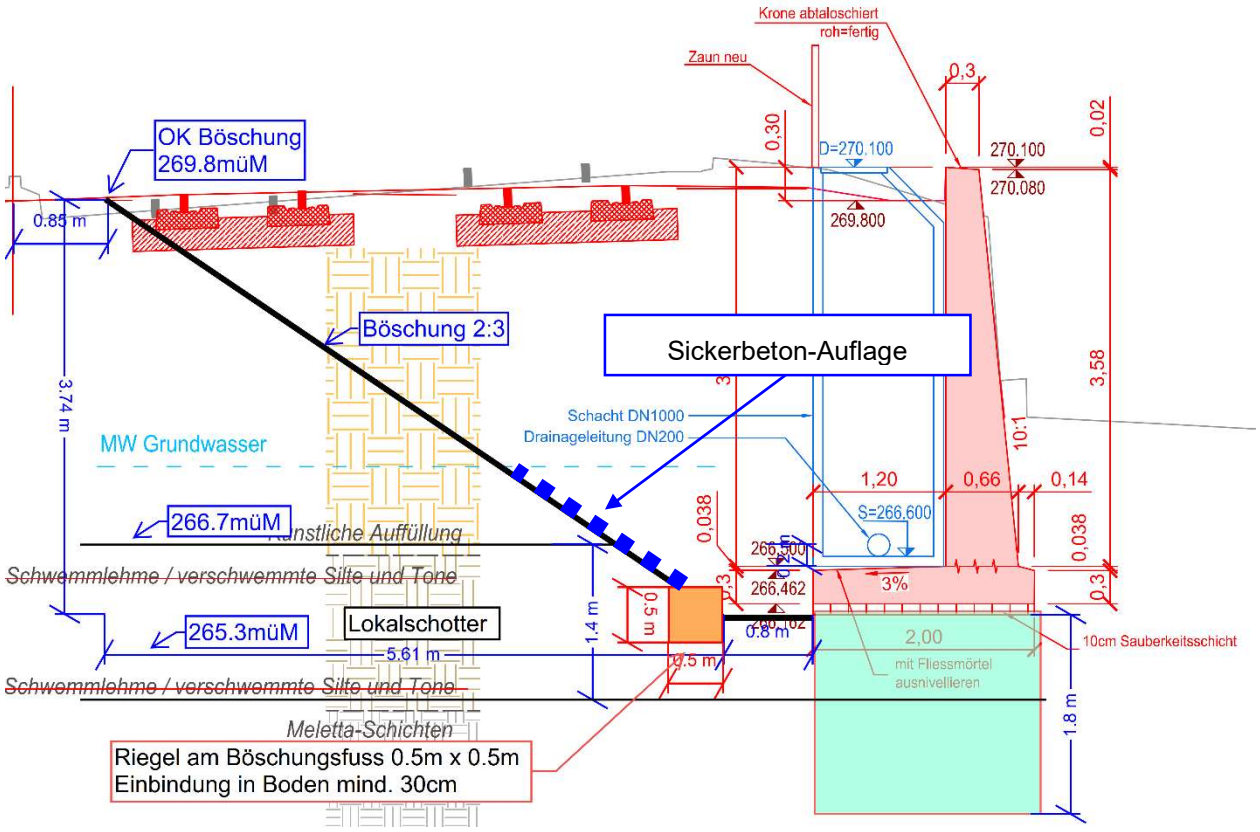
Folgende Sicherheitsfaktoren der φ/c-Reduktion-Berechnung wurden ermittelt:

Tabelle 1: Ergebnisse der Optum-Berechnungen

Berechnung φ/c-Reduktion	**OHNE** Riegel am Böschungsfuss	**MIT** Riegel am Böschungsfuss
Lower Bound	0.972	1.022
Gauss	1.012	1.039
Upper Bound	1.018	1.047

Die Teilsicherheitsfaktoren nach GZ Typ 3 sind in Tabelle 1 bereits enthalten.

Der Einbau eines **Sickerbetonriegels am Böschungsfuss** ist zur Böschungsstabilität erforderlich. Die Lower-Bound Berechnung zeigt, dass die Sicherheit des Böschungsnachweis im Grenzzustand Typ 3 auf Bemessungsniveau ohne Riegel am Böschungsfuss unter 1.0 liegen kann. Der zugehörige Bruchmechanismus zeigt, dass es sich um ein sehr lokalisiertes Versagen der Böschung im Bereich des Lokalschotters handelt. Dies ist auf die geotechnischen Parameter des Schotters zurückzuführen: keine Kohäsion und ein Reibungswinkel ca. gleich der Böschungsneigung.
Zur Sicherheit soll der Betonriegel am Böschungsfuss in Etappenlängen von max. 6.0 m eingebaut werden. Dieser ist auch für die Erstellung der Betonsporen erforderlich. Somit deckt der Betonriegel beide Funktionen ab. Der Böschungsnachweis der Lower-Bound Berechnung mit Betonriegel zeigt einen erfüllten Nachweis.
Auf der Böschungsoberfläche ist auf den untersten 1.50 m eine Sickerbetonauflage aufzubringen, um allfälliges Hang- bzw. Grundwasser sicher ableiten zu können.



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

5 BETONSPOREN

- Die Betonsporen werden im Schutze des Sickerbetonriegels am Böschungsfuss in Etappen nacheinander ausgeführt.
- Die Betonsporen sind lokal an den örtlichen Gegebenheiten anzupassen. Die Arbeiten sind vom Geologen zu begleiten.
- Die Arbeiten für die Sporen sind SUVA-konform durchzuführen. Dabei ist eine Arbeitsbühne (Betonierplattform) mit Geländer/ Absturzsicherung vorzusehen.

6 FAZIT

Böschung und Betonsporen:

- Böschungsneigung: 2:3
- Sickerbetonriegel am Böschungsfuss 0.5m x 0.5m, mind. 0.3m Einbindung im Boden, Erstellung in max. 6 m langen Etappen
- Aushub der Betonsporen im Schutze des Betonriegels