

Beilage Nr. 01.94.02

Kanton Bern

Gemeinde Grosshöchstetten

BLS-Strecke 15 BTB (Hasle) - (Konolfingen) - (Thun)

Grosshöchstetten

Erneuerung Grosshöchstettentunnel

km 13.475 - 14.533

IC/003635

Auflageprojekt 2026

Statischer Bericht Einschnitt

BLS Netz AG Projekte & Technologie Freiburgstrasse 130, CH-3001 Bern	Verfasst: Name: Pascal Minder	Geprüft: Name: Salvian Stocker
Yves Zollinger Leiter Multiprojekte & Ingenieurbau BLS Simon Peter GPL BLS	Rev. Bemerkungen	Datum:
	Erstausgabe	01.07.2026
	A	
	B	
	C	
	D	
VERFASSTER: Gähler und Partner AG Sonnenbergstrasse 1 5408 Ennetbaden Projektallianz Grosshöchstettentunnel      	E	
	F	

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	1
1.1	Lage des Objekts	1
1.2	Einleitung	1
1.3	Projektauslöser	2
2	Projektbeschreibung	3
2.1	Bestehende Anlagen	3
2.2	Bauliche Massnahmen	3
2.3	Geometrie / Bemessungsschnitt	4
3	Geologie	5
3.1	Baugrundkennwerte	5
3.2	Rückrechnung	5
3.3	Partialfaktoren	7
4	Nachweis Bau- und Endzustand	8
4.1	Geometrie	8
4.2	Einwirkungen	8
4.3	Nachweis	9
5	Projektorganisation	10
6	Grundlagen	11

Anhänge

- A. DC-Böschung Rückrechnung**
- B. DC-Böschung Bau- und Endzustand**

1 Ausgangslage

Die Strecke 15 BTB (Burgdorf-Thun-Bahn Strecke) wird durch das vorhandene Lichtraumprofil (EBV1) limitiert und erlaubt folglich keinen Einsatz von doppelstöckigem Rollmaterial sowie keinen Verkehr von Güterzügen mit grösserem Profil. Eine Erweiterung des Lichtraumprofils auf mindestens EBV 3 wird nicht nur angestrebt, um den gesetzlichen Vorgaben zu genügen, sondern auch um neue Angebotskonzepte im Personen- und Güterverkehr zu ermöglichen. Insbesondere für die Zuführung von Doppelstockzügen zur neuen Werkstatt Oberburg über die Strecke 15 BTB ist dieses Projekt zwingend bis 2028 umzusetzen.

Mit der Realisierung der Erneuerung der Strecke Hasle-Rüegsau - Konolfingen werden die Erneuerungsmassnahmen im Sommer 2028 zu einem Gesamtprogramm gebündelt. Die beiden Grosshöchstettentunnel I und II sind dabei das Kernstück des Programms, welches ebenfalls fünf Fahrbahnprojekte umfasst und gemeinsam unter dem Titel «BTB-Programm» 2028 geführt wird.

Die Bündelung zu einem Programm verfolgt das Ziel einer optimalen Abstimmung unter den einzelnen Projekten. Diese Bündelung ist zweckmässig, weil sie eine gemeinsame Nutzung der Totalsperre ebenso sicherstellt, wie ein übergreifendes Stakeholdermanagement und die gemeinsame Nutzung von personellen Ressourcen oder Bahnersatzleistungen.

1.1 Lage des Objekts

Auf der Strecke Hasle – Konolfingen – Thun befinden sich zwischen Biglen und Grosshöchstetten die Tunnel Grosshöchstetten I und II, welche für die damalige Burgdorf-Thun-Bahn (BTB) im Jahr 1899 erbaut wurden. Der rund 1 km lange Projektperimeter kann in folgende Abschnitte unterteilt werden:

Einschnitt	km 13.475 – 13.887
Grosshöchstettentunnel I	km 13.887 – 14.065
Einschnitt	km 14.065 – 14.334
Grosshöchstettentunnel II	km 14.334 – 14.430
Einschnitt	km 14.430 – 14.533

1.2 Einleitung

Bei den Tunneln Grosshöchstetten I und II handelt es sich jeweils um Einspurtunnels, wobei davon ausgegangen wird, dass der Grosshöchstettentunnel II im Tagbau erstellt wurde. Beide Tunnel befinden sich in den quartären Moränenablagerungen. Zwischen beiden Tunneln befindet sich ein Einschnitt mit einer Länge von rund 269 m. Zum Zeitpunkt der Erstellung lagen beide Tunnel am Rande des Dorfes, heute liegen sie in bewohntem Gebiet.

Der Zustand der Tunneln variiert zwischen annehmbar und schadhaft (Zustandsklassen 3 bis 4).

Im Rahmen des vorliegenden Projekts wird die Trassierungsachse im Zwischeneinschnitt angepasst und die Entwässerung erneuert. Dadurch sind im Bauzustand insbesondere für die Erstellung der Entwässerung eingriffe am Böschungsfuss des Zwischeneinschnittes erforderlich. Diese werden im vorliegenden Bericht statisch überprüft und nachgewiesen.

1.3 Projektauslöser

Die Grosshöchstettentunnel I und II entsprechen nicht dem heutigen Standard und müssen erneuert werden. Der momentane bauliche Zustand genügt den langfristigen Anforderungen an die Sicherheit und die Dauerhaftigkeit nicht. Zudem entspricht die aktuelle Fahrdrahthöhe nicht den geltenden Normvorgaben, was zu einer erhöhten Störungsanfälligkeit im Betrieb führt und insbesondere bei witterungsbedingten Einflüssen die Systemstabilität beeinträchtigen kann. Ergänzend weist die aktuelle Schotterstärke nichtkonforme Werte auf, was die Gleislagequalität sowie die strukturelle Dauerhaftigkeit des Oberbaus reduziert.

Parallel zu diesen infrastrukturellen Mängeln bestehen geänderte betriebliche Anforderungen. Für den Transitgüterverkehr auf dem IOP-Ergänzungsnetz ist neu die Gleisbelastungsgruppe E1 gefordert, was höhere Lastannahmen und damit verstärkte Anforderungen an Oberbau, Tragschichten und die bauliche Substanz der Strecke mit sich bringt. Diese Erhöhung der Belastungskategorie macht eine normkonforme Ertüchtigung der Infrastruktur zwingend erforderlich, um künftige Kapazitätssteigerungen im Güterverkehr sicherzustellen.

Der angedachter Angebotsausbau (Transitgüterverkehr) und das Betriebskonzept der neuen BLS-Werkstätte in Oberburg (Zuführung von Doppelstockzügen), erfordern eine Erweiterung des Lichtraumprofils (LRP). Die Erweiterung des Lichtraumprofils soll im Zuge der Erneuerung der Grosshöchstettentunnel I und II durch eine Gleisabsenkung und den Einbau einer Deckenstromschiene ermöglicht werden. Der bestehende Ober- und Unterbau, sowie die Entwässerung soll gemäss den heutigen Anforderungen erneuert werden.)

3 Geologie

Die geologischen Verhältnisse sind detailliert im in der Beilage "10.05.02 Geologischer Bericht" beschrieben. Im gesamten Projektperimeter steht direkt unter einer 2-3 m mächtigen Deckschicht die Moräne an. Der Zwischeneinschnitt liegt vollständig in der Moräne und ist nur eine von einer 20-30 cm Deckschicht überlagert.

3.1 Baugrundkennwerte

Im Rahmen des Projekts wurden geologische Kennwerte mittels Triaxialversuchen bestimmt. Weil in der Moräne keine ungestörten Proben entnommen werden konnten, wurden die Prüfkörper für die Triaxialversuche aus den vollständig zerbohrten Bestandteile der Moräne neu aufgebaut. Dabei wurden ebenfalls alle Bestandteile mit Korngrösse grösser 20 mm entfernt. Die Kennwerte aus den Triaxialversuchen bilden somit nicht die tatsächlich vorhandenen Verhältnisse in situ ab. Insbesondere die Kohäsion kann in Situ deutlich grösser sein als der Laborwert.

Dass die Kohäsion in Situ deutlich grösser ist, zeigt sich einerseits an den erstellten Baggerschlitten, welche auch bei grosser tiefe Standfest waren und andererseits an den Erfahrungen aus der Fahrbahnerneuerung 2013, bei welcher direkt neben dem Fundamentfuss des Tunnelgewölbes ein Graben über die gesamte Länge des GHT I geöffnet wurde. Die Verhältnisse in Situ werden im Bericht "10.05.06 Detaillierte Einordnung der geotechnischen Verhältnisse" aufgezeigt.

Die Rückrechnung erfolgt auf Grundlage des Grabenquerschnitts der Entwässerungserneuerung aus dem Jahr 2013. Die daraus abgeleiteten Baugrundkennwerte werden für die Beurteilung des heutigen Bauzustands verwendet. Die geotechnischen Kennwerte aus der Rückrechnung der Böschungsstabilität werden für den Nachweis der Böschungsstabilität im Bau- sowie im Endzustand verwendet.

Tabelle 3-1: Geologische Kennwerte Tunnel gem. 10.05.02 Geologischer Bericht

Schicht	Raumgewicht [kN/m ³]	Reibungswinkel [°]	Kohäsion [kN/m ²]	M _E Erstbelastung [MN/m ²]	M _E Wiederbelastung [MN/m ²]
Künstl. Auffüllung	20 (19-22)	30 (25-35)	0 (0-5)	- (10-40)	-
Moräne	21.5 (19-22.5)	38 (34-40)	4 (0-10)	40 (10-100)	80

3.2 Rückrechnung

3.2.1 Geometrie

Die bestehende Entwässerung verläuft im Bemessungsschnitt 1.55m unter SOK. Für den Einbau der Entwässerung im Jahr 2013 wurde dabei ein Graben ausgehoben. Die Grabengeometrie ist im Querschnitt in gelb markiert.

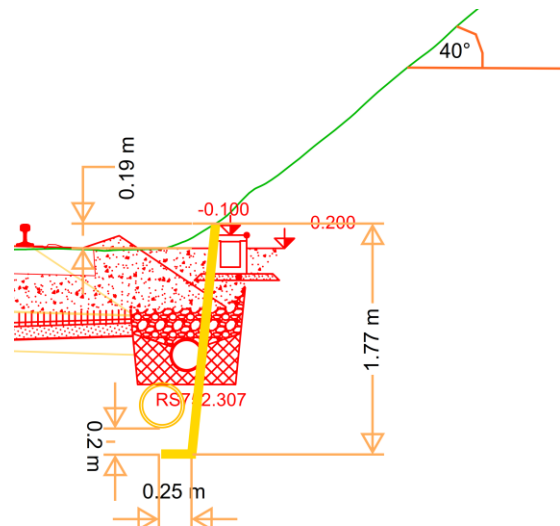


Abbildung 3-1: Geometrie Bestand (Rückrechnung)

3.2.2 Bemessungsmodell

Während der Erneuerung der Entwässerung im Jahr 2013 wurden keine Verformungen im Zwischeneinschnitt festgestellt oder dokumentiert. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die Böschung in diesem Zustand stabil war. Für die Rückrechnung werden zudem Nutzlasten auf der sicheren Seite liegend vernachlässigt. Die Deckschicht wird im Modell vernachlässigt.

Für die Scherparameter sind grundsätzlich mehrere Wertepaare denkbar. Der Reibungswinkel wurde im Rahmen des Geologischen Berichts anhand von Triaxialversuchen zu $\varphi = 38^\circ$ bestimmt. Die Triaxialversuche an den gestörten Proben ergeben aussagekräftige Werte für den Reibungswinkel, jedoch nicht für die Kohäsion im ungestörten Boden.

Es wird daher die erforderliche Kohäsion unter Berücksichtigung des Reibungswinkels $\varphi = 38^\circ$ rückgerechnet, die zu einem globalen Sicherheitsfaktor der Böschung von 1.20 im IST-Zustand führt. Dabei wurde der globale Sicherheitsfaktor gemäss PVIng Erdbauwerke gewählt. Es wird konservativ angenommen, dass Restbewegungen vorhanden waren, auch wenn keine solchen Bewegungen dokumentiert sind.

Tabelle 3-2: Rückrechnung gem. PVIng-Erdbauwerke

Globaler Sicherheitsfaktor	Zustand / Bewegung
< 1	Bruch
≈ 1.00 – 1.05	Grenzgleichgewicht, grosse Bewegungen
≈ 1.05 – 1.15	kleine Bewegungen
≈ 1.15 – 1.25	Restbewegung
≈ 1.25 – 1.40	substabile, vernachlässigbare Bewegungen
≥ 1.40	reguläre Sicherheit

Alle Partialsicherheitsfaktoren und Lastbeiwerte werden dabei mit 1.0 berücksichtigt. Die Berechnung der Böschungsstabilität erfolgt nach dem Verfahren von Krey-Bishop mit dem Programm DC-Böschung.

Das Programm berechnet für unterschiedliche Gleitkreismittelpunkte und -radien den globalen Sicherheitsfaktor. Der massgebende Gleitkreis wird dann vom Programm selbstständig ausgegeben.

3.2.3 Ergebnisse

Mit folgenden Kennwerten kann ein globaler Sicherheitsfaktor von 1.20 garantiert werden:

- $\Phi = 38^\circ$
- $c = 6.2 \text{ kPa}$

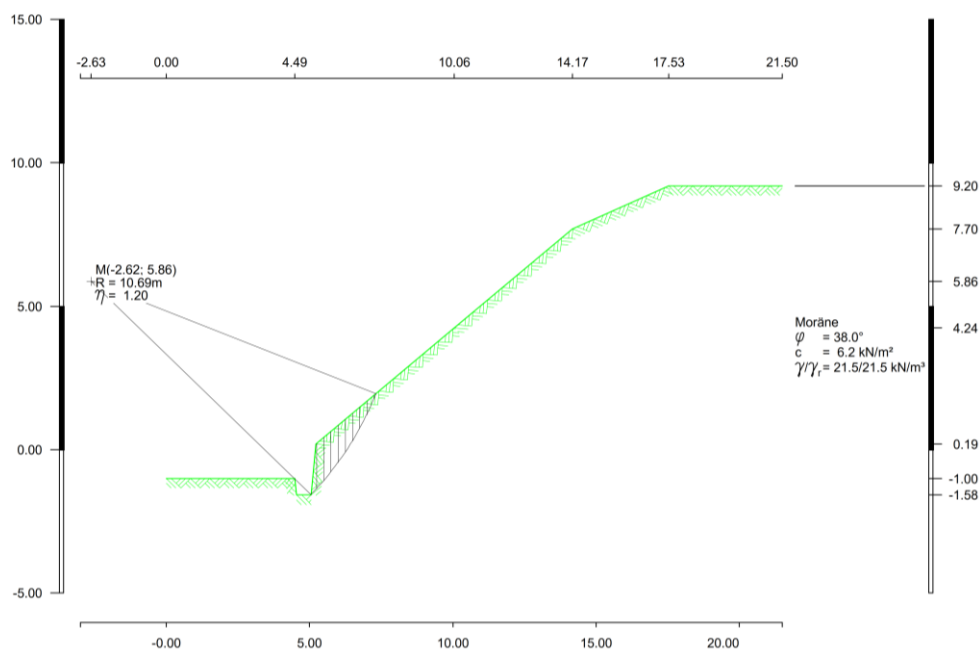


Abbildung 3-2: Rückrechnung IST-Zustand

3.3 Partialfaktoren

Für den Nachweis der Böschungsstabilität im Bauzustand mit den rückgerechneten Baugrundkennwerten werden die Partialfaktoren gemäss SIA 267 Zif. 5.3.2.3 berücksichtigt:

Tabelle 3-3: Partialfaktoren gem. SIA 267

Baugrundwert		Partialfaktor γ_m	
		allgemein	nach Ziff. 5.3.2.3
Raumlast des Bodens bzw. Fels	γ_e	$\gamma_\gamma = 1,0$	(1,0)
Tangens des Winkels der inneren Reibung	$\tan\varphi'$	$\gamma_\varphi = 1,2$	(1,1)
Kohäsion drainiert	c'	$\gamma_c = 1,5$	(1,3)
undrainierte Scherfestigkeit	c_u	$\gamma_{cu} = 1,5$	(1,3)
einaxiale Druckfestigkeit	q_u	$\gamma_{qu} = 1,5$	(1,3)

Es wird dabei ein der Partialfaktor für die Unschärfe des Widerstandsmodells γ_R von 1.0 berücksichtigt

4 Nachweis Bau- und Endzustand

Die Bemessung erfolgt mit den rückgerechneten Bodenkennwerte aus dem Kapitel 3.2.3 und reduzierten Partialbeiwerten gemäss 3.3. Für die Bestimmung der Böschungssicherheit werden oberhalb der Böschung Nutzlasten angesetzt, während die Deckschicht im Modell vernachlässigt wird. Die Bestimmung der Böschungsstabilität erfolgt nach dem Verfahren von Krey-Bishop.

Das Programm berechnet für unterschiedliche Gleitkreismittelpunkte und -radien den Ausnutzungsgrad der Böschung. Der massgebende Gleitkreis wird dann vom Programm selbstständig ausgegeben.

4.1 Geometrie

Die bestehende Entwässerung verläuft im Bemessungsschnitt 1.55m unter SOK und etwa 40cm unter der neu geplanten Entwässerung. Vor dem Einbau der neuen Entwässerung wird die bestehende Leitung verfüllt. Im Anschluss erfolgt der Aushub des Grabens für die neue Entwässerung. Der ungünstigste Zustand für die Böschungsstabilität tritt dabei nach Fertigstellung des Grabens auf. Für den Nachweis der Standsicherheit wird die Böschung vereinfacht gem. der violetten Geometrie modelliert.

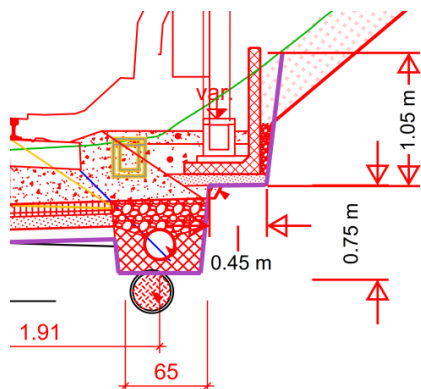


Abbildung 4-1: Planausschnitt Sohlabsenkung massgebender Querschnitt

4.2 Einwirkungen

Für den Nachweis der Böschungsstabilität im Bau- und Endzustand werden folgende Einwirkungen berücksichtigt:

4.2.1 Ständige Einwirkungen

Tabelle 4-1: Ständige Einwirkungen

Einwirkung	Last
Eigenlasten	Raumgewicht Moräne: $\gamma = 21.5 \text{ kN/m}^3$

4.2.2 Veränderliche Einwirkungen

Tabelle 4-2: Veränderliche Einwirkungen

Einwirkung	Last
Nutzlast	Unterhaltsfahrzeuge: $q_N = 5 \text{ kN/m}^2$
Wasserdruck	Drainage, Kein Wasserdruck

5 Projektorganisation

Bauherrschaft

BLS Netz AG

Freiburgstrasse 130
3001 Bern

vertreten durch

Multiprojekte & Ingenieurbau

Leiter Multiprojekte & Ingenieurbau

Yves Zollinger

Tel. 058 / 327 40 83

E-Mail yves.zollinger@bls.ch

Projektleiter

Simon Peter

Tel. 058 / 327 27 22

E-Mail simon.peter@bls.ch

Projektverfasser

Allianz GHT

Vertreten durch Gähler und Partner AG

Gesamtleiter Planung: Rolf Reichmuth

Tel. 056 200 95 60

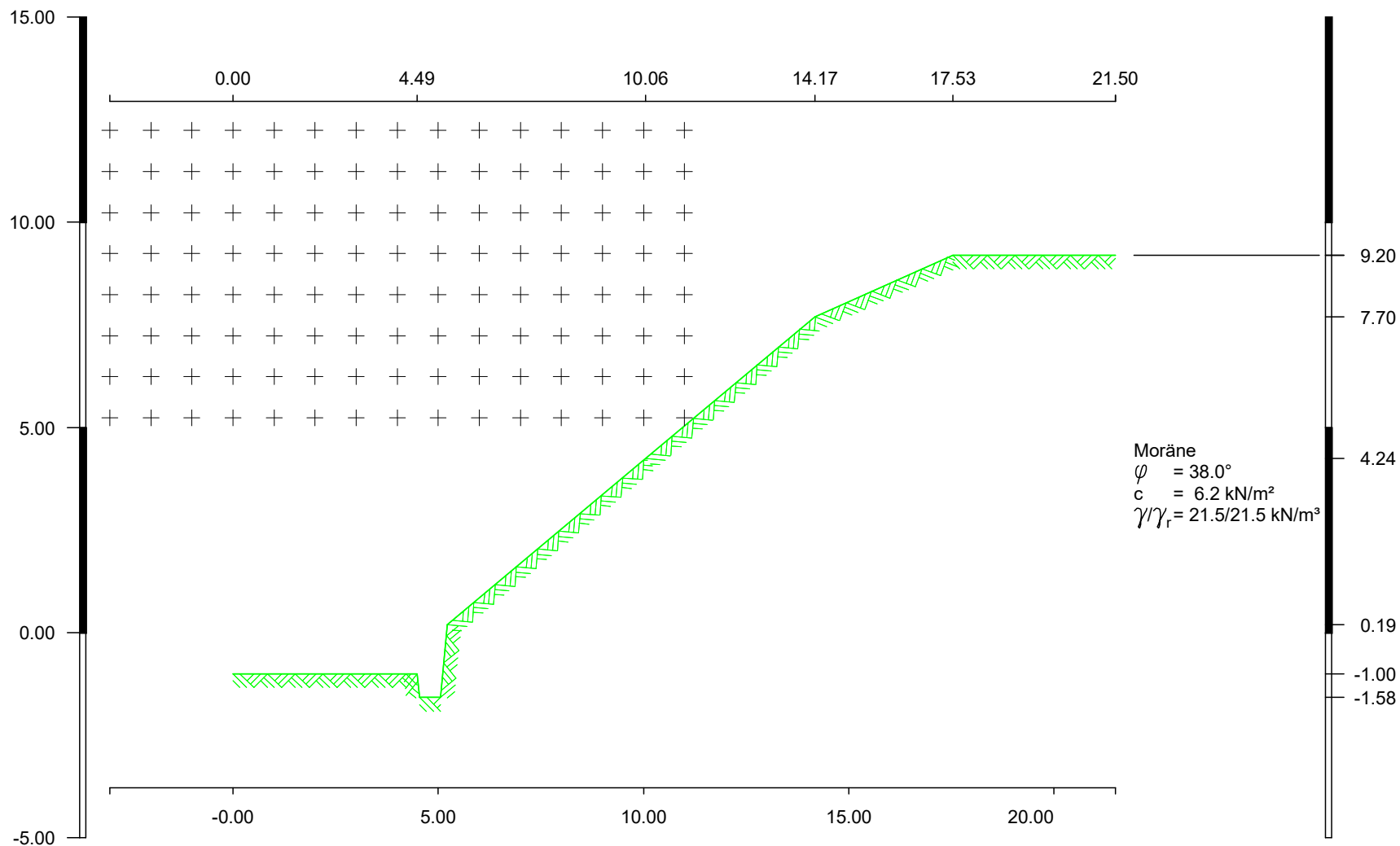
E-Mail r.reichmuth@gpag.ch

Fragen und Korrespondenz während des Plangenehmigungsverfahrens sind an den zuständigen Projektleiter zu richten.

6 Grundlagen

- [1] AB-EBV Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung
- [2] SIA 197 Projektierung Tunnel, 2023
- [3] SIA 260 Grundlagen der Projektierung von Tragwerken, 2013
- [4] SIA 261 Einwirkungen auf Tragwerke, 2020
- [5] SIA 262 Betonbau, 2025
- [6] SIA 263 Stahlbau, 2013
- [7] SIA 266 Mauerwerk, 2015
- [8] SIA 267 Geotechnik, 2013
- [9] Projektierungsvorgaben Ingenieurbau - Stützbauwerke, Teil 3 - Instandsetzung Üb-
rige Mauertypen, SBB / BLS, 1. Februar 2021
- [10] Projektierungsassistent Ingenieurbau - Tunnelinstandsetzung, SBB Infrastruktur,
15. Februar 2018
- [11] Projektierungsassistent Ingenieurbau – Erdbauwerke, Teil 1 – Instandsetzung und
Nutzungsänderung von Erdbauwerken, SBB, 22.04.2024
- [12] Bericht materialtechnische Untersuchung, Zustandsbeurteilung, Angaben zur In-
standsetzung Betonstein (Kunststein), Mauermörtel, Spritzbeton, Stampfbeton, Ma-
terialtechnik am Bau AG, Schinznach Dorf, 22. August 2024
- [13] Geo- und umwelttechnischer Bericht, Betunungs- und Untergrundverhältnisse sowie
Schadstoffbelastung des Schotters, IBES Baugrundinstitut GmbH, Basel,
15. Juli 2010
- [14] Hauptinspektion Tunnel Grosshöchstetten I, Amberg Infra 7D, Regensdorf-Watt,
30. Dezember 2022
- [15] Hauptinspektion Tunnel Grosshöchstetten II, Amberg Infra 7D, Regensdorf-Watt,
30. Dezember 2022
- [16] Projektunterlagen «Tunnelverlängerung EBT bei Anschluss Biglen», Ingenieurbüro
Moor, Bern, 29. Februar 1972
- [17] Vorschlag und Offerte «Sanierung des nördlichen Tunnels», Laich SA, Avegno,
20. Juni 1990
- [18] Div. Pläne und Dokumente aus der Bauzeit GHT I-II
- [19] Richtlinie Sicherheitsanforderungen für bestehende Eisenbahntunnel, BAV,
31. Oktober 2022

A. DC-Böschung Rückrechnung



Eingabedatei: P:\4200-4299\4233 B Erneuerung GHT\
07_Auflageprojekt (33)\06_Sachbearbeitung\Statik_SV\Statik Einschnitt\DC-Böschung\4233_MIP_20260415_QP17_Aushub_alt.dbb

Berechnung nach: Rückrechnung

Schichtdaten		Moräne
Innere Reibung cal φ'	[Grad]	38.00
Kohäsion cal c'	[kN/m²]	6.2
Wichte Boden	[kN/m³]	21.5
Wichte wassergesättigt	[kN/m³]	21.5
Wichte unter Auftrieb	[kN/m³]	11.5

Geländeverlauf und Schichten

x [m]		0.00	4.49	4.55	5.05	5.23
		10.06	14.17	17.53	21.50	
z Gelände		-1.00	-1.00	-1.58	-1.58	0.19
		4.24	7.70	9.20	9.20	
z Schicht	Moräne	-1000.00	-1000.00	-1000.00	-1000.00	-1000.00
		-1000.00	-1000.00	-1000.00	-1000.00	

Lamellenbreiten

Von x [m]	bis x [m]	Breite [m]
-10000.00	10000.00	0.25

Teilsicherheitsbeiwerte (GEO) für GZ 1C

γ -	G	Q	W	E	φ	c	c_u	R_a	R_b
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

γ -	Teilsicherheitsbeiwert für...
G	Ständige Lasten
Q	Veränderliche Lasten
W	Wasserdruck
E	Erdbeben
φ	Reibungsbeiwert $\tan(\varphi)$
c	Kohäsion c
c_u	Kohäsion undränirt c_u
R_a	Anker
R_b	Bauteile

Bestimmung der Sicherheit nach Krey-Bishop

Raster mit x von -3.00 m bis 11.24 m, z von 5.24 m bis 12.50 m
 $\Delta x = 1.00$ m, $\Delta z = 1.00$ m,
mit Radius von R = 2.00 m bis 20.00 m, $\Delta R = 1.00$ m

1. Böschung

Gleitkörper von x = -10.82 bis 5.05 m
Gleitkreis: $x_M = -2.62$ m, $z_M = 5.86$ m, R = 10.69 m

Bestimmung der Lamellen-Anteile

x_M	Breite b	Eigen- gewicht	Auflast	Wasser- auflast	φ	c	ϑ
[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[Grad]	[kN/m²]	[Grad]
-10.78	0.07	0.06	0.00	0.00	38.00	6.2	-49.77
-10.63	0.25	1.21	0.00	0.00	38.00	6.2	-48.46
-10.38	0.25	2.67	0.00	0.00	38.00	6.2	-46.48
-10.13	0.25	4.04	0.00	0.00	38.00	6.2	-44.57
-9.88	0.25	5.32	0.00	0.00	38.00	6.2	-42.72

Grosshöchstetten							Seite 3
Programm DC-Böschung/Win Version 25.2.0							LF-Komb. Standa
x_M	Breite b	Eigen- gewicht	Auflast	Wasser- auflast	φ	c	ϑ
[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[Grad]	[kN/m ²]	[Grad]
-9.63	0.25	6.53	0.00	0.00	38.00	6.2	-40.92
-9.38	0.25	7.66	0.00	0.00	38.00	6.2	-39.17
-9.13	0.25	8.72	0.00	0.00	38.00	6.2	-37.46
-8.88	0.25	9.72	0.00	0.00	38.00	6.2	-35.79
-8.63	0.25	10.66	0.00	0.00	38.00	6.2	-34.15
-8.38	0.25	11.54	0.00	0.00	38.00	6.2	-32.55
-8.13	0.25	12.37	0.00	0.00	38.00	6.2	-30.97
-7.88	0.25	13.16	0.00	0.00	38.00	6.2	-29.42
-7.63	0.25	13.89	0.00	0.00	38.00	6.2	-27.89
-7.38	0.25	14.58	0.00	0.00	38.00	6.2	-26.39
-7.13	0.25	15.22	0.00	0.00	38.00	6.2	-24.90
-6.88	0.25	15.83	0.00	0.00	38.00	6.2	-23.43
-6.63	0.25	16.39	0.00	0.00	38.00	6.2	-21.98
-6.38	0.25	16.91	0.00	0.00	38.00	6.2	-20.54
-6.13	0.25	17.40	0.00	0.00	38.00	6.2	-19.12
-5.88	0.25	17.84	0.00	0.00	38.00	6.2	-17.70
-5.63	0.25	18.26	0.00	0.00	38.00	6.2	-16.30
-5.38	0.25	18.63	0.00	0.00	38.00	6.2	-14.91
-5.13	0.25	18.97	0.00	0.00	38.00	6.2	-13.53
-4.88	0.25	19.28	0.00	0.00	38.00	6.2	-12.15
-4.63	0.25	19.55	0.00	0.00	38.00	6.2	-10.79
-4.38	0.25	19.79	0.00	0.00	38.00	6.2	-9.42
-4.13	0.25	20.00	0.00	0.00	38.00	6.2	-8.07
-3.88	0.25	20.17	0.00	0.00	38.00	6.2	-6.72
-3.63	0.25	20.31	0.00	0.00	38.00	6.2	-5.37
-3.38	0.25	20.42	0.00	0.00	38.00	6.2	-4.02
-3.13	0.25	20.50	0.00	0.00	38.00	6.2	-2.68
-2.88	0.25	20.55	0.00	0.00	38.00	6.2	-1.34
-2.63	0.25	20.57	0.00	0.00	38.00	6.2	0.00
-2.37	0.25	20.55	0.00	0.00	38.00	6.2	1.34
-2.12	0.25	20.50	0.00	0.00	38.00	6.2	2.68
-1.87	0.25	20.42	0.00	0.00	38.00	6.2	4.02
-1.62	0.25	20.31	0.00	0.00	38.00	6.2	5.37
-1.38	0.25	20.17	0.00	0.00	38.00	6.2	6.72
-1.12	0.25	20.00	0.00	0.00	38.00	6.2	8.07
-0.88	0.25	19.79	0.00	0.00	38.00	6.2	9.42
-0.63	0.25	19.55	0.00	0.00	38.00	6.2	10.79
-0.38	0.25	19.28	0.00	0.00	38.00	6.2	12.15
-0.13	0.25	18.97	0.00	0.00	38.00	6.2	13.53
0.13	0.25	18.63	0.00	0.00	38.00	6.2	14.91
0.38	0.25	18.26	0.00	0.00	38.00	6.2	16.30
0.63	0.25	17.84	0.00	0.00	38.00	6.2	17.70
0.88	0.25	17.40	0.00	0.00	38.00	6.2	19.12
1.12	0.25	16.91	0.00	0.00	38.00	6.2	20.54
1.38	0.25	16.39	0.00	0.00	38.00	6.2	21.98
1.62	0.25	15.83	0.00	0.00	38.00	6.2	23.43
1.87	0.25	15.22	0.00	0.00	38.00	6.2	24.90
2.03	0.06	3.57	0.00	0.00	38.00	6.2	25.82
x_M						R*T _i	R*G* sin(ϑ)
[m]						[kNm/m]	[kNm/m]
-10.78						7.42	0.50
-10.63						37.75	9.66
-10.38						53.27	20.71
-10.13						66.87	30.31
-9.88						78.90	38.60

Grosshöchstetten				Seite	4
Programm DC-Böschung/Win Version 25.2.0				LF-Komb. Standa	
x_M				$R \cdot T_i$	$R \cdot G^* \sin(\vartheta)$
[m]				[kNm/m]	[kNm/m]
-9.63				89.61	45.68
-9.38				99.21	51.68
-9.13				107.86	56.67
-8.88				115.69	60.73
-8.63				122.80	63.94
-8.38				129.28	66.36
-8.13				135.19	68.06
-7.88				140.61	69.07
-7.63				145.58	69.45
-7.38				150.14	69.25
-7.13				154.33	68.51
-6.88				158.18	67.27
-6.63				161.72	65.56
-6.38				164.97	63.42
-6.13				167.96	60.89
-5.88				170.69	58.00
-5.63				173.19	54.77
-5.38				175.47	51.24
-5.13				177.53	47.43
-4.88				179.40	43.38
-4.63				181.08	39.10
-4.38				182.57	34.63
-4.13				183.89	30.00
-3.88				185.03	25.21
-3.63				186.01	20.31
-3.38				186.82	15.32
-3.13				187.47	10.25
-2.88				187.96	5.14
-2.63				188.29	0.00
-2.37				188.46	-5.14
-2.12				188.47	-10.25
-1.87				188.32	-15.32
-1.62				188.01	-20.31
-1.38				187.53	-25.21
-1.12				186.88	-30.00
-0.88				186.06	-34.63
-0.63				185.06	-39.10
-0.38				183.86	-43.38
-0.13				182.48	-47.43
0.13				180.88	-51.24
0.38				179.07	-54.77
0.63				177.02	-58.00
0.88				174.73	-60.89
1.12				172.18	-63.42
1.38				169.34	-65.56
1.62				166.20	-67.27
1.87				162.73	-68.51
2.03				38.56	-16.60
Summen:				8118.56	704.08
Ansatz des Erdwiderstands bei x = 2.06 m:					
Kraft E_p	Hebelarm	Wasserdruck W	Hebelarm	$M_{rückh.}$	$M_{abtr.}$
[kN/m]	[m]	[kN/m]	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]
180.83	8.42	0.00	0.00	1522.07	0.00

Sicherheit η = Summe($R \cdot T_i + M_{\text{r ckh.}}$)/Summe($R \cdot G \cdot \sin(\vartheta) + M_{\text{abtr.}}$)
 = 9640.63 / 704.08

Sicherheit η = 13.69 > 1.40
 *** Nachweis erfüllt ***

2. Böschung

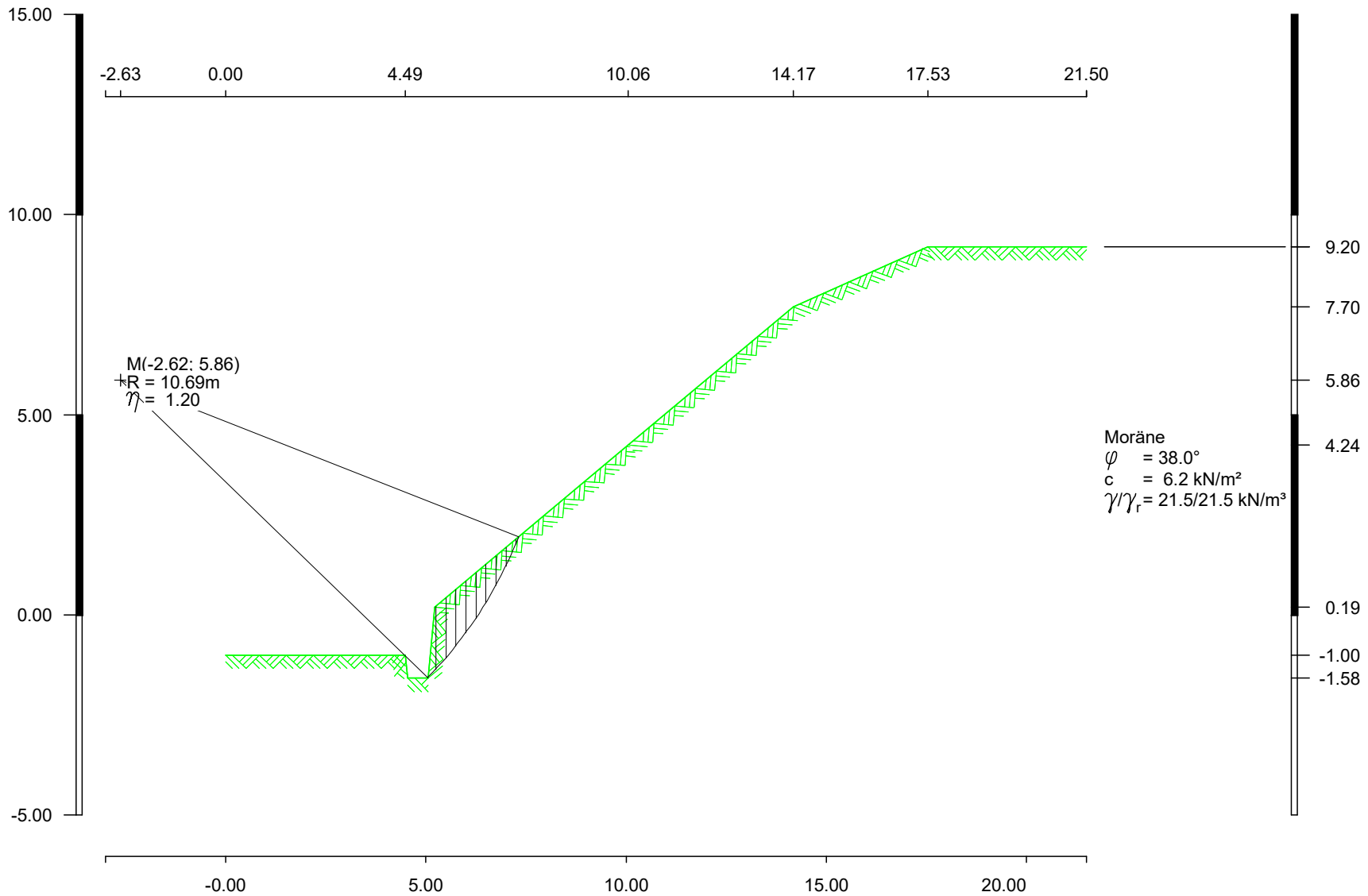
Gleitkörper von x = 5.05 bis 7.32 m
 Gleitkreis: x_M = -2.62 m, z_M = 5.86 m, R = 10.69 m

Bestimmung der Lamellen-Anteile

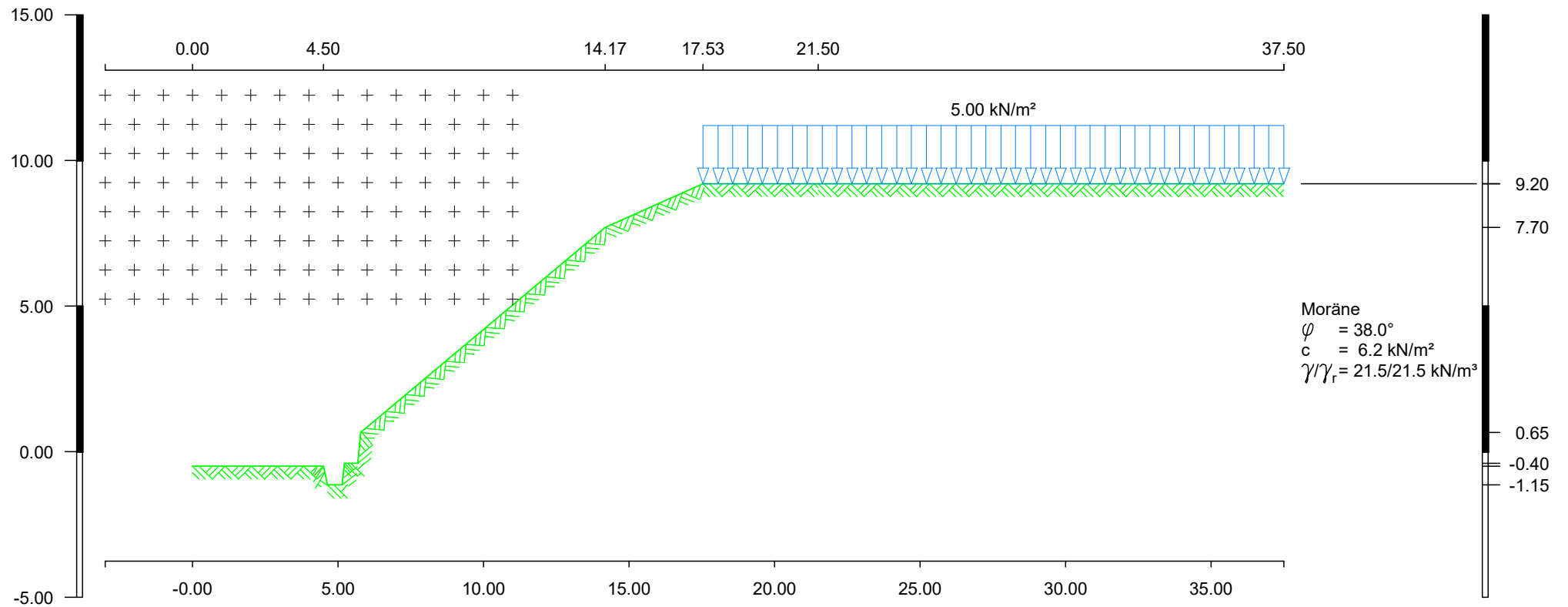
x_M	Breite b	Eigen- gewicht	Auflast	Wasser- auflast	φ	c	ϑ
[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[Grad]	[kN/m ²]	[Grad]
5.15	0.20	3.80	0.00	0.00	38.00	6.2	46.68
5.36	0.23	7.53	0.00	0.00	38.00	6.2	48.37
5.59	0.23	7.17	0.00	0.00	38.00	6.2	50.24
5.82	0.23	6.72	0.00	0.00	38.00	6.2	52.18
6.04	0.23	6.17	0.00	0.00	38.00	6.2	54.21
6.27	0.23	5.50	0.00	0.00	38.00	6.2	56.35
6.50	0.23	4.69	0.00	0.00	38.00	6.2	58.61
6.73	0.23	3.71	0.00	0.00	38.00	6.2	61.03
6.95	0.23	2.52	0.00	0.00	38.00	6.2	63.65
7.18	0.23	1.06	0.00	0.00	38.00	6.2	66.54
7.31	0.03	0.01	0.00	0.00	38.00	6.2	68.32
x_M						$R \cdot T_i$	$R \cdot G \cdot \sin(\vartheta)$
[m]						[kNm/m]	[kNm/m]
5.15						38.71	29.55
5.36						67.59	60.16
5.59						65.61	58.91
5.82						63.01	56.75
6.04						59.70	53.49
6.27						55.52	48.93
6.50						50.25	42.79
6.73						43.60	34.71
6.95						35.09	24.18
7.18						23.96	10.41
7.31						1.97	0.13
Summen:						505.00	420.01

Sicherheit η = Summe($R \cdot T_i + M_{\text{r ckh.}}$)/Summe($R \cdot G \cdot \sin(\vartheta) + M_{\text{abtr.}}$)
 = 505.00 / 420.01

Sicherheit η = 1.20 < 1.40
 *** Nachweis nicht erfüllt ***



B. DC-Böschung Bau- und Endzustand



Eingabedatei: P:\4200-4299\4233 B Erneuerung GHT\
07_Auflageprojekt (33)\06_Sachbearbeitung\Statik_SV\Statik Einschnitt\DC-Böschung\4233_MIP_20260415_QP17_Vorwärtsrechung.dbb

Berechnung nach: Red.Partialfaktor

Schichtdaten		Moräne
Innere Reibung cal φ'	[Grad]	38.00
Kohäsion cal c'	[kN/m²]	6.2
Wichte Boden	[kN/m³]	21.5
Wichte wassergesättigt	[kN/m³]	21.5
Wichte unter Auftrieb	[kN/m³]	11.5

Geländeverlauf und Schichten

x [m]	0.00	4.50	4.64	5.14	5.22
	5.67	5.78	14.17	17.53	21.50
	37.50				
z Gelände	-0.50	-0.50	-1.15	-1.15	-0.40
	-0.40	0.65	7.70	9.20	9.20
	9.20				
z Schicht	Moräne	-1000.00	-1000.00	-1000.00	-1000.00
		-1000.00	-1000.00	-1000.00	-1000.00
		-1000.00			

Streckenlasten

Alle Lasten beziehen sich auf 1 m Länge						
LF-Komb.	q	x_A	x_E	z_Q	γ	ψ
Nutz	Q	5.0	17.5	37.5	9.20	1.30
					1.30	1.00

Lamellenbreiten

Von x [m]	bis x [m]	Breite [m]
-10000.00	10000.00	0.25

Teilsicherheitsbeiwerte (GEO) für GZ 1C

γ^-	G	Q	W	E	φ	c	c_u	R_a	R_b
	1.00	1.30	1.00	1.00	1.10	1.30	1.30	1.40	1.40

γ^-	Teilsicherheitsbeiwert für...
G	Ständige Lasten
Q	Veränderliche Lasten
W	Wasserdruck
E	Erdbeben
φ	Reibungsbeiwert $\tan(\varphi)$
c	Kohäsion c
c_u	Kohäsion undränirt c_u
R_a	Anker
R_b	Bauteile

Bestimmung der Sicherheit nach Krey-Bishop

Raster mit x von -3.00 m bis 11.24 m, z von 5.24 m bis 12.50 m
 $\Delta x = 1.00$ m, $\Delta z = 1.00$ m,
mit Radius von R = 2.00 m bis 20.00 m, $\Delta R = 1.00$ m

Lastfallkomb. Nutz

1. Böschung

Gleitkörper von x = -10.53 bis 5.14 m
Gleitkreis: $x_M = -2.00$ m, $z_M = 15.99$ m, R = 18.56 m

Bestimmung der Lamellen-Anteile

x_M	Breite b	Eigen- gewicht	Auflast	Wasser- auflast	φ	c	ϑ
[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[Grad]	[kN/m ²]	[Grad]
-10.52	0.03	0.01	0.00	0.00	38.00	6.2	-27.31
-10.38	0.25	0.43	0.00	0.00	38.00	6.2	-26.82
-10.13	0.25	1.09	0.00	0.00	38.00	6.2	-25.96
-9.88	0.25	1.74	0.00	0.00	38.00	6.2	-25.10
-9.63	0.25	2.35	0.00	0.00	38.00	6.2	-24.25
-9.38	0.25	2.95	0.00	0.00	38.00	6.2	-23.41
-9.13	0.25	3.52	0.00	0.00	38.00	6.2	-22.57
-8.88	0.25	4.06	0.00	0.00	38.00	6.2	-21.74
-8.63	0.25	4.59	0.00	0.00	38.00	6.2	-20.91
-8.38	0.25	5.09	0.00	0.00	38.00	6.2	-20.09
-8.13	0.25	5.57	0.00	0.00	38.00	6.2	-19.27
-7.88	0.25	6.03	0.00	0.00	38.00	6.2	-18.45
-7.63	0.25	6.47	0.00	0.00	38.00	6.2	-17.64
-7.38	0.25	6.89	0.00	0.00	38.00	6.2	-16.83
-7.13	0.25	7.28	0.00	0.00	38.00	6.2	-16.03
-6.88	0.25	7.66	0.00	0.00	38.00	6.2	-15.23
-6.63	0.25	8.01	0.00	0.00	38.00	6.2	-14.43
-6.38	0.25	8.35	0.00	0.00	38.00	6.2	-13.63
-6.13	0.25	8.67	0.00	0.00	38.00	6.2	-12.84
-5.88	0.25	8.96	0.00	0.00	38.00	6.2	-12.05
-5.63	0.25	9.24	0.00	0.00	38.00	6.2	-11.26
-5.38	0.25	9.50	0.00	0.00	38.00	6.2	-10.48
-5.13	0.25	9.74	0.00	0.00	38.00	6.2	-9.69
-4.88	0.25	9.96	0.00	0.00	38.00	6.2	-8.91
-4.63	0.25	10.16	0.00	0.00	38.00	6.2	-8.13
-4.38	0.25	10.34	0.00	0.00	38.00	6.2	-7.35
-4.13	0.25	10.50	0.00	0.00	38.00	6.2	-6.57
-3.88	0.25	10.65	0.00	0.00	38.00	6.2	-5.80
-3.63	0.25	10.78	0.00	0.00	38.00	6.2	-5.02
-3.38	0.25	10.89	0.00	0.00	38.00	6.2	-4.25
-3.13	0.25	10.98	0.00	0.00	38.00	6.2	-3.47
-2.88	0.25	11.05	0.00	0.00	38.00	6.2	-2.70
-2.63	0.25	11.10	0.00	0.00	38.00	6.2	-1.93
-2.37	0.25	11.14	0.00	0.00	38.00	6.2	-1.16
-2.12	0.25	11.16	0.00	0.00	38.00	6.2	-0.39
-1.87	0.25	11.16	0.00	0.00	38.00	6.2	0.39
-1.62	0.25	11.14	0.00	0.00	38.00	6.2	1.16
-1.38	0.25	11.10	0.00	0.00	38.00	6.2	1.93
-1.12	0.25	11.05	0.00	0.00	38.00	6.2	2.70
-0.88	0.25	10.98	0.00	0.00	38.00	6.2	3.47
-0.63	0.25	10.89	0.00	0.00	38.00	6.2	4.25
-0.38	0.25	10.78	0.00	0.00	38.00	6.2	5.02
-0.13	0.25	10.65	0.00	0.00	38.00	6.2	5.80
0.13	0.25	10.50	0.00	0.00	38.00	6.2	6.57
0.38	0.25	10.34	0.00	0.00	38.00	6.2	7.35
0.63	0.25	10.16	0.00	0.00	38.00	6.2	8.13
0.88	0.25	9.96	0.00	0.00	38.00	6.2	8.91
1.12	0.25	9.74	0.00	0.00	38.00	6.2	9.69
1.38	0.25	9.50	0.00	0.00	38.00	6.2	10.48
1.62	0.25	9.24	0.00	0.00	38.00	6.2	11.26
1.87	0.25	8.96	0.00	0.00	38.00	6.2	12.05
2.12	0.25	8.67	0.00	0.00	38.00	6.2	12.84
2.37	0.25	8.35	0.00	0.00	38.00	6.2	13.63
2.63	0.25	8.01	0.00	0.00	38.00	6.2	14.43
2.88	0.25	7.66	0.00	0.00	38.00	6.2	15.23
3.13	0.25	7.28	0.00	0.00	38.00	6.2	16.03

Grosshöchstetten						Seite	4
Programm DC-Böschung/Win Version 25.2.0						LF-Komb.	Nutz
x_M	Breite b	Eigen- gewicht	Auflast	Wasser- auflast	φ	c	ϑ
[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[Grad]	[kN/m ²]	[Grad]
3.38	0.25	6.89	0.00	0.00	38.00	6.2	16.83
3.63	0.25	6.47	0.00	0.00	38.00	6.2	17.64
3.88	0.25	6.03	0.00	0.00	38.00	6.2	18.45
4.13	0.25	5.57	0.00	0.00	38.00	6.2	19.27
4.38	0.25	5.09	0.00	0.00	38.00	6.2	20.09
4.63	0.25	2.11	0.00	0.00	38.00	6.2	20.91
4.88	0.25	0.57	0.00	0.00	38.00	6.2	21.74
5.07	0.14	0.08	0.00	0.00	38.00	6.2	22.38
x_M						R*T _i	R*G* sin(ϑ)
[m]						[kNm/m]	[kNm/m]
-10.52						3.15	0.05
-10.38						30.93	3.58
-10.13						40.43	8.89
-9.88						49.45	13.67
-9.63						58.01	17.94
-9.38						66.13	21.73
-9.13						73.83	25.06
-8.88						81.14	27.94
-8.63						88.07	30.40
-8.38						94.64	32.46
-8.13						100.86	34.13
-7.88						106.74	35.43
-7.63						112.31	36.39
-7.38						117.56	37.01
-7.13						122.51	37.32
-6.88						127.17	37.33
-6.63						131.56	37.06
-6.38						135.66	36.53
-6.13						139.51	35.74
-5.88						143.10	34.73
-5.63						146.43	33.49
-5.38						149.52	32.05
-5.13						152.37	30.42
-4.88						154.99	28.62
-4.63						157.38	26.66
-4.38						159.53	24.56
-4.13						161.47	22.32
-3.88						163.19	19.97
-3.63						164.69	17.51
-3.38						165.97	14.97
-3.13						167.04	12.35
-2.88						167.90	9.67
-2.63						168.55	6.94
-2.37						169.00	4.18
-2.12						169.23	1.39
-1.87						169.26	-1.39
-1.62						169.07	-4.18
-1.38						168.68	-6.94
-1.12						168.08	-9.67
-0.88						167.27	-12.35
-0.63						166.25	-14.97
-0.38						165.02	-17.51
-0.13						163.57	-19.97
0.13						161.90	-22.32
0.38						160.01	-24.56

Grosshöchstetten						Seite	5
Programm DC-Böschung/Win Version 25.2.0						LF-Komb. Nutz	
x _M						R*T _i	R*G* sin(ϑ)
[m]						[kNm/m]	[kNm/m]
0.63						157.89	-26.66
0.88						155.55	-28.62
1.12						152.97	-30.42
1.38						150.16	-32.05
1.62						147.10	-33.49
1.87						143.80	-34.73
2.12						140.24	-35.74
2.37						136.42	-36.53
2.63						132.33	-37.06
2.88						127.97	-37.33
3.13						123.32	-37.32
3.38						118.38	-37.01
3.63						113.13	-36.39
3.88						107.56	-35.43
4.13						101.67	-34.13
4.38						95.44	-32.46
4.63						53.69	-13.97
4.88						32.07	-3.92
5.07						14.27	-0.58
Summen:						8103.10	130.79
Einwirkungen E _d = 130.79 kN							
Widerstände R _d = 8103.10 kN							
E _d /R _d = 0.02 < 1.0						*** Nachweis erfüllt ***	
2. Böschung							
Gleitkörper von x = 5.15 bis 14.73 m							
Gleitkreis: x _M = -2.00 m, z _M = 15.99 m, R = 18.56 m							
Bestimmung der Lamellen-Anteile							
x _M	Breite	Eigen-	Auflast	Wasser-	φ	c	ϑ
	b	gewicht		auflast			
[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[Grad]	[kN/m²]	[Grad]
5.20	0.10	1.03	0.00	0.00	38.00	6.2	22.81
5.38	0.25	3.48	0.00	0.00	38.00	6.2	23.41
5.63	0.25	3.58	0.00	0.00	38.00	6.2	24.25
5.88	0.25	8.31	0.00	0.00	38.00	6.2	25.10
6.13	0.25	8.86	0.00	0.00	38.00	6.2	25.96
6.38	0.25	9.32	0.00	0.00	38.00	6.2	26.82
6.63	0.25	9.75	0.00	0.00	38.00	6.2	27.69
6.88	0.25	10.16	0.00	0.00	38.00	6.2	28.56
7.13	0.25	10.55	0.00	0.00	38.00	6.2	29.44
7.38	0.25	10.90	0.00	0.00	38.00	6.2	30.33
7.63	0.25	11.23	0.00	0.00	38.00	6.2	31.23
7.88	0.25	11.53	0.00	0.00	38.00	6.2	32.14
8.13	0.25	11.80	0.00	0.00	38.00	6.2	33.06
8.38	0.25	12.04	0.00	0.00	38.00	6.2	33.98
8.63	0.25	12.24	0.00	0.00	38.00	6.2	34.92
8.88	0.25	12.42	0.00	0.00	38.00	6.2	35.86
9.13	0.25	12.56	0.00	0.00	38.00	6.2	36.82
9.38	0.25	12.66	0.00	0.00	38.00	6.2	37.79
9.63	0.25	12.73	0.00	0.00	38.00	6.2	38.77
9.88	0.25	12.76	0.00	0.00	38.00	6.2	39.77
10.13	0.25	12.75	0.00	0.00	38.00	6.2	40.78

Grosshöchstetten						Seite	6
Programm DC-Böschung/Win Version 25.2.0						LF-Komb.	Nutz
x_M	Breite b	Eigen- gewicht	Auflast	Wasser- auflast	φ	c	ϑ
[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[Grad]	[kN/m ²]	[Grad]
10.38	0.25	12.70	0.00	0.00	38.00	6.2	41.81
10.63	0.25	12.60	0.00	0.00	38.00	6.2	42.85
10.88	0.25	12.46	0.00	0.00	38.00	6.2	43.92
11.13	0.25	12.27	0.00	0.00	38.00	6.2	45.00
11.38	0.25	12.03	0.00	0.00	38.00	6.2	46.10
11.63	0.25	11.73	0.00	0.00	38.00	6.2	47.22
11.88	0.25	11.38	0.00	0.00	38.00	6.2	48.37
12.13	0.25	10.96	0.00	0.00	38.00	6.2	49.55
12.38	0.25	10.48	0.00	0.00	38.00	6.2	50.75
12.63	0.25	9.93	0.00	0.00	38.00	6.2	51.99
12.88	0.25	9.30	0.00	0.00	38.00	6.2	53.26
13.13	0.25	8.58	0.00	0.00	38.00	6.2	54.57
13.38	0.25	7.77	0.00	0.00	38.00	6.2	55.92
13.63	0.25	6.86	0.00	0.00	38.00	6.2	57.33
13.88	0.25	5.83	0.00	0.00	38.00	6.2	58.78
14.13	0.25	4.65	0.00	0.00	38.00	6.2	60.31
14.38	0.25	2.93	0.00	0.00	38.00	6.2	61.90
14.62	0.23	0.93	0.00	0.00	38.00	6.2	63.53
x_M						R*T _i	R*G* sin(ϑ)
[m]						[kNm/m]	[kNm/m]
5.20						19.63	7.42
5.38						58.39	25.70
5.63						59.34	27.29
5.88						112.48	65.42
6.13						118.46	71.95
6.38						123.47	78.03
6.63						128.21	84.12
6.88						132.67	90.20
7.13						136.86	96.24
7.38						140.76	102.21
7.63						144.38	108.10
7.88						147.71	113.86
8.13						150.75	119.46
8.38						153.48	124.89
8.63						155.90	130.09
8.88						158.01	135.04
9.13						159.78	139.70
9.38						161.20	144.03
9.63						162.27	147.98
9.88						162.97	151.51
10.13						163.27	154.58
10.38						163.16	157.12
10.63						162.61	159.09
10.88						161.60	160.41
11.13						160.10	161.03
11.38						158.06	160.87
11.63						155.44	159.85
11.88						152.21	157.87
12.13						148.29	154.85
12.38						143.63	150.66
12.63						138.13	145.19
12.88						131.72	138.29
13.13						124.27	129.78
13.38						115.64	119.49
13.63						105.66	107.18

x_M	$R \cdot T_i$	$R \cdot G^* \sin(\vartheta)$
[m]	[kNm/m]	[kNm/m]
13.88	94.11	92.59
14.13	80.39	74.97
14.38	59.51	48.03
14.62	32.77	15.42

Summen:	5037.30	4410.49
---------	---------	---------

Einwirkungen $E_d = 4410.49 \text{ kN}$

Widerstände $R_d = 5037.30 \text{ kN}$

$E_d/R_d = 0.88 < 1.0$

*** Nachweis erfüllt ***

