

# SIS-GKD Verstärkung EB Km 22.693, Linie 500, km 22.50 – 23.05 Dammsanierung

**ISP-Nummer 1153935**

	Vorprojekt	Bauprojekt/PGV	Ausführung	Ausgeführtes Werk
Projektphase	17.09.2021			

Projektverfasser

Rapp Infra AG  
Freilager-Platz 4  
CH-4142 Münchenstein

**Änderungsverzeichnis:**

Index	Erstellt	Visum	Geprüft	Visum	Freigabe	Visum
01	16.07.2021	RJa	16.07.2021	SLr		
02	17.09.2021	RJa	17.09.2021	SLr		

**Projektbasis**

## Vorwort:

Für jede Anlagenart ist eine separate Projektbasis zu erstellen. Eine Gruppierung verschiedener Anlagenarten ist möglich und gilt z. B. für Wasserversorgung, Entwässerung, Brücken, Tunnel, Lärmschutzwände, Stützbauwerke, Erdbauwerke. Dies ist jedoch vorab mit I-AT-KBN abzustimmen.

Das Dokument ist in der jeweiligen Projektphase zu überprüfen bzw. zu ergänzen. Die Änderungen haben direkt im Originaldokument nach folgendem Farbschema zu erfolgen:

- Vorprojekt: Schwarz
- Bau-/ Auflageprojekt: grün
- Ausführungsprojekt: pink

Um die Änderungen auf einen Blick nachzuvollziehen, ist zusätzlich die Revisionsliste auszufüllen.

### Revisionsliste der projektspezifischen Änderungen

Kapitel	Änderungen
Gesamt	17.09.2021: Aktualisierung statische Berechnungen mit Beilagen

### Änderungsverzeichnis der Dokumentenvorlage

Version	4.0
Letzte Änderung	01.06.2020
Letzte Änderung durch	Alain Liechti (I-NAT-KBN-IB)
Ablage	DE - 20200601_Vorlage_Projektbasis

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>5</b>
1.1.	Projektspezifische Grundlagen	5
1.1.1.	Pläne	5
1.1.2.	Berichte	5
1.1.3.	Literatur	5
1.2.	Gesetzliche Grundlagen	5
1.3.	Normen	5
1.4.	SBB und Eisenbahnspezifische Vorgaben und Reglemente	5
<b>2.</b>	<b>Baugrundverhältnisse und Baugrundmodell</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>Tragwerkskonzept</b>	<b>7</b>
3.1.	Allgemeines	7
3.2.	Statisches System	7
3.2.1.	Verteilter Lastansatz Bahnlast LM1 – LM3	7
3.2.2.	Dammreprofilierung	8
3.2.3.	Rückverankerter Kopfbalken	8
3.2.4.	Baugrubensicherung (Rühlwand)	9
3.3.	Bemessungsmodell	10
3.3.1.	Dammreprofilierung	10
3.3.2.	Rückverankerter Kopfbalken	10
3.3.3.	Baugrubensicherung (Rühlwand)	10
3.4.	Materialisierung	10
<b>4.</b>	<b>Einwirkungen</b>	<b>11</b>
4.1.	Bestehende Bauwerke: Einwirkungen aktualisiert nach SIA 269/1	11
4.2.	Neu zu erstellende Bauwerke: Einwirkungen nach SIA 261	11
4.2.1.	Ständige Einwirkungen, nicht aktualisiert	11
4.2.2.	Veränderliche Einwirkungen, nicht aktualisiert	12
4.2.3.	Aussergewöhnliche Einwirkungen, nicht aktualisiert	14
<b>5.</b>	<b>Tragsicherheit</b>	<b>16</b>
5.1.	Gefährdungsbilder und Massnahmen	16
5.1.1.	Bauzustand (Bauphase)	16
5.1.1.1.	Dammreprofilierung	16
5.1.1.2.	Kopfbalken	16
5.1.1.3.	Baugrubensicherung (Rühlwand)	16
5.1.2.	Endzustand (definitive Nutzungsphase)	17
5.1.2.1.	Dammreprofilierung	18
5.1.2.2.	Rückverankerter Kopfbalken	19
<b>6.</b>	<b>Gebrauchstauglichkeit</b>	<b>21</b>
6.1.	Bauzustand (Bauphase)	21
6.1.1.	Dammreprofilierung	21
6.1.2.	Kopfbalken	21
6.1.3.	Baugrubenabschluss	21
6.2.	Endzustand (definitive Nutzungsphase)	21
6.2.1.	Dammreprofilierung	23
6.2.2.	Kopfbalken	23

<b>7.</b>	<b>Dauerhaftigkeit</b>	<b>24</b>
<b>8.</b>	<b>Akzeptierte Risiken</b>	<b>24</b>
<b>9.</b>	<b>Weitere projektrelevante Bedingungen</b>	<b>24</b>
<b>10.</b>	<b>Unterschriften</b>	<b>25</b>
<b>11.</b>	<b>Beilagen</b>	<b>26</b>

#### **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Ständige Einwirkungen, Bauphase	11
Tabelle 2: Ständige Einwirkungen, definitive Nutzungsphase	12
Tabelle 3: Veränderliche Einwirkungen, definitive Nutzungsphase	13
Tabelle 4: Veränderliche Einwirkungen, definitive Nutzungsphase	13
Tabelle 16: Aussergewöhnliche Einwirkungen, definitive Nutzungsphase	14
Tabelle 5: Aussergewöhnliche Einwirkungen, definitive Nutzungsphase	15
Tabelle 6: Nachweis der Tragsicherheit, Gefährdungsbilder, Bauphase	16
Tabelle 7: Nachweis der Tragsicherheit definitive Nutzungsphase, Erdbauwerke	18
Tabelle 8: Nachweis der Gebrauchstauglichkeit, Nutzungszustände, Bauphase	21
Tabelle 9: Nachweis der Gebrauchstauglichkeit definitive Nutzungsphase, Erdbauwerke	22
Tabelle 22: Nachweis der Gebrauchstauglichkeit definitive Nutzungsphase, Erdbauwerke	23

#### **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1 Länge der Lastverteilung anhand LM1 bei einer Dammhöhe von 6.5 m	7
Abbildung 2 Statisches Modell für die Ermittlung der minimal erforderlichen Reprofilierung	8
Abbildung 3 Statisches System rückverankerter Kopfbalken in DC Baugrube als Rühlwand (links) und Wirkung des Kraftdreieckes vom Kopfbalken in die Mikropfähle (rechts)	9
Abbildung 4 Statisches System Baugrubensicherung als Rühlwandverbau	10
Abbildung 5 Übersicht Böschungsnachweis Baugrubenverbau	17
Abbildung 6 Böschungsnachweis Dammreprofilierung bei Lastfall Betrieb im GZT3	19
Abbildung 7 Übersicht Böschungsnachweis und Pfahlkräfte rückverankerter Kopfbalken	20
Abbildung 8 Detailanschluss Kopfbalken mit Mikropfählen	20

## **1. Grundlagen**

### **1.1. Projektspezifische Grundlagen**

Siehe Nutzungsvereinbarung

#### **1.1.1. Pläne**

Siehe Nutzungsvereinbarung

#### **1.1.2. Berichte**

Siehe Nutzungsvereinbarung

#### **1.1.3. Literatur**

Siehe Nutzungsvereinbarung

### **1.2. Gesetzliche Grundlagen**

Siehe Nutzungsvereinbarung

### **1.3. Normen**

Siehe Nutzungsvereinbarung

### **1.4. SBB und Eisenbahnspezifische Vorgaben und Reglemente**

Siehe Nutzungsvereinbarung

## **2. Baugrundverhältnisse und Baugrundmodell**

Siehe Projektbasis

### 3. Tragwerkskonzept

#### 3.1. Allgemeines

- Der Projektperimeter erstreckt sich auf eine Länge von ca. 475 m.
- Durch die ausgeprägten horizontalen Verschiebungen in der Dammkrone wird neben einer Bodenverbesserung (gegen die anhaltenden Setzungen) noch die Dammkrone bzw. das Bankett gesichert. Eine Übersicht der Bankettsicherung ist in der Projektbasis in Kapitel 1.3 abgebildet.
- Die Bankettsicherung mittels Kopfbalken ist auf drei Abschnitten bei folgenden Kilometrierungen:
  - o Bereich 1: km 22.947 – 23.042 → L = 95 m
  - o Bereich 3: km 22.695 – 22.809 → L = 114 m
  - o Bereich 4: km 22.545 – 22.683 → L = 138 m
- Die Bankettsicherung mittels Reprofilierung zum Sollprofil ist auf einem Abschnitt bei folgender Kilometrierung:
  - o Bereich 2: km 22.817 – 22.947 → L = 130 m

#### 3.2. Statisches System

##### 3.2.1. Verteilter Lastansatz Bahnlast LM1 – LM3

Die statische Modellierung der Reprofilierung und des rückverankerten Kopfbalkens erfolgt in der Statik-Software DC-Böschung bzw. DC-Baugrube. Dies sind 2D-Programme, welchen einen «unendlich» langen Schnitt darstellen. Der Gleitkreis erstreckt sich jedoch nicht über einen unendlich langen Bereich. So wird die Lastausbreitung (45°) der Lastmodelle 1 – 3 auf einer Dammhöhe von 6.5 m betrachtet und daraus geometrisch die Lastverteilung ermittelt. In den statischen Berechnungen werden die verteilten (abgeminderten) Lasten angesetzt.

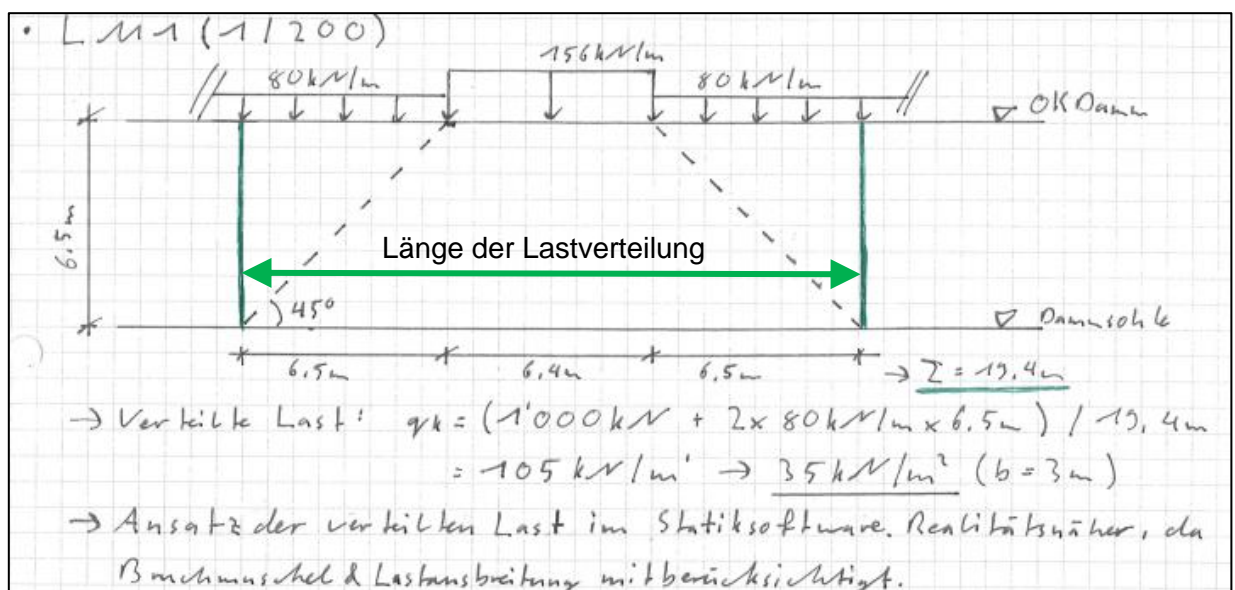


Abbildung 1 Länge der Lastverteilung anhand LM1 bei einer Dammhöhe von 6.5 m

Lastverteilung der LM 1 – 3 kann Anhang 1 entnommen werden.

### 3.2.2. Dammreprofilierung

- Das Unterprofil des Damms wird durch Reprofilierung mit Kiesigem Sand o.dgl. ergänzt.
- Der Böschungswinkel wird so ermittelt, dass die Standsicherheit (GZ3) erfüllt wird.
- Die Bemessung und die iterative Einbindetiefe geschieht mittels der Statik-Software DC Böschung.

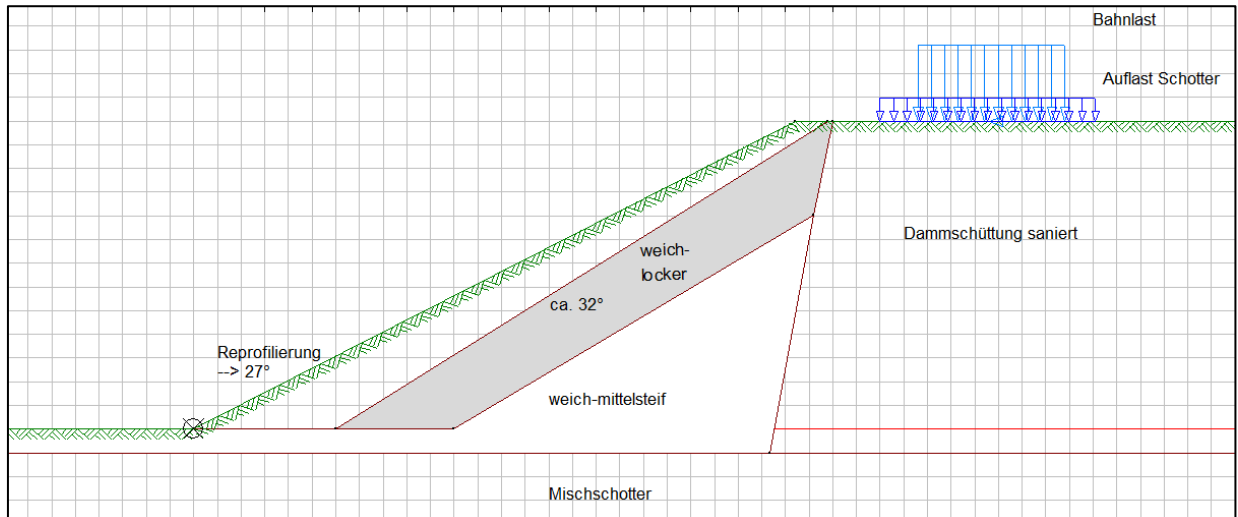
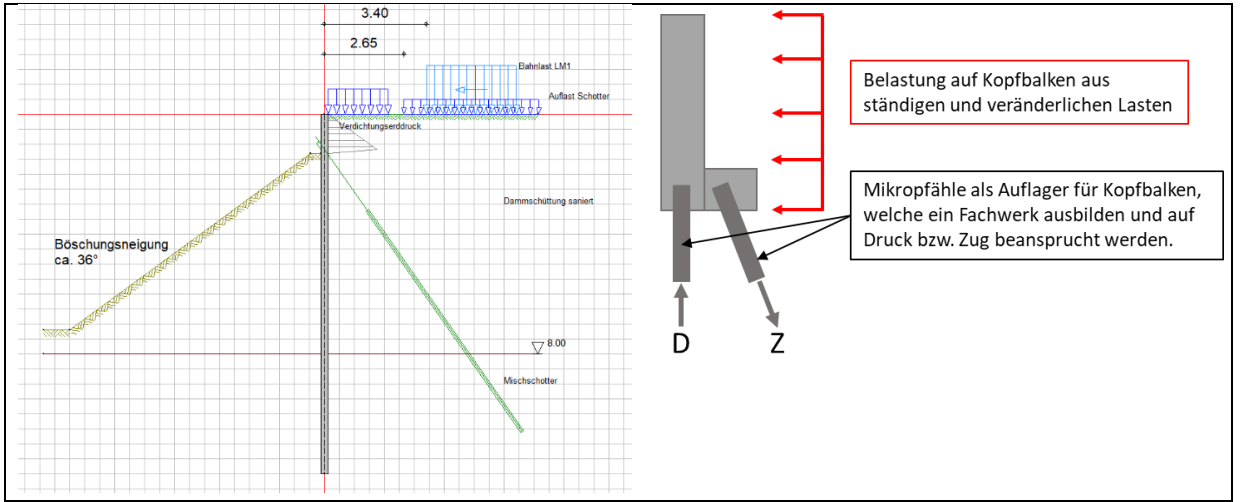


Abbildung 2 Statisches Modell für die Ermittlung der minimal erforderlichen Reprofilierung

### 3.2.3. Rückverankerter Kopfbalken

- Der rückverankerte Kopfbalken lagert auf vertikalen und schrägen (ca. 55°) Mikropfählen.
- Die Mikropfähle weisen einen Durchmesser von 0.3 m auf und haben jeweils einen Achsabstand von 3.0 m.
- Das System wird analog zu einem Rühlwandverbau modelliert. Im Modell entspricht der Rühlwandträger dem senkrechte Mikropfahl, der rückhaltenden Anker einem schräg angeordneten Mikropfahl.
- Es wird eine Erddruckumlagerung nach EAB angesetzt.
- Der Verdichtungserddruck wird mitberücksichtigt
- Die Berechnung des Erddrucks auf der passiven Seite erfolgt nach DIN 4085:2017 als räumlicher Erddruck für schmale Druckflächen.
- Die Fussfesthaltung wird als kontinuierlich gelagert angesetzt.
- Die Bemessung und die iterative Einbindetiefe geschieht mittels der Statik-Software DC Baugrube.
- Aufgrund der begrenzten Nachgiebigkeit im System und der Begrenzung der aktuell anhaltenden horizontalen Verformungen wird der erhöht aktive Erddruck angesetzt.





**Abbildung 3 Statisches System rückverankerter Kopfbalken in DC Baugrube als Rühlwand (links) und Wirkung des Kraftdreieckes vom Kopfbalken in die Mikropfähle (rechts)**

### 3.2.4. Baugrubensicherung (Rühlwand)

- Die Baugrubensicherung für den Bau des rückverankerten Kopfbalkens erfolgt über eine frei auskragende Rühlwand
- Der Achsabstand der Rühlwandträger beträgt 3.0 m.
- Die Berechnung des Erddrucks auf der passiven Seite erfolgt nach DIN 4085:2017 als räumlicher Erddruck für schmale Druckflächen.
- Die Ermittlung der Länge der Rühlwandträger erfolgt mittels Einspannung nach Blum.
- Damit rechnerisch eine realistische minimale Einspannlänge der Rühlwandträger ermittelt werden kann, wird die Böschung leicht flacher modelliert. Ansonsten wird diese im DC rechnerisch nicht angesetzt.
- Die Ausfachung erfolgt über Holzbohlen
- Die Bemessung und die iterative Einbindetiefe geschieht mittels der Statik-Software DC Baugrube.
- Der Nachweis der Tragsicherheit wird mit erhöht aktivem Erddruck ( $0.5 K_A + 0.5 K_0$ ) erbracht.

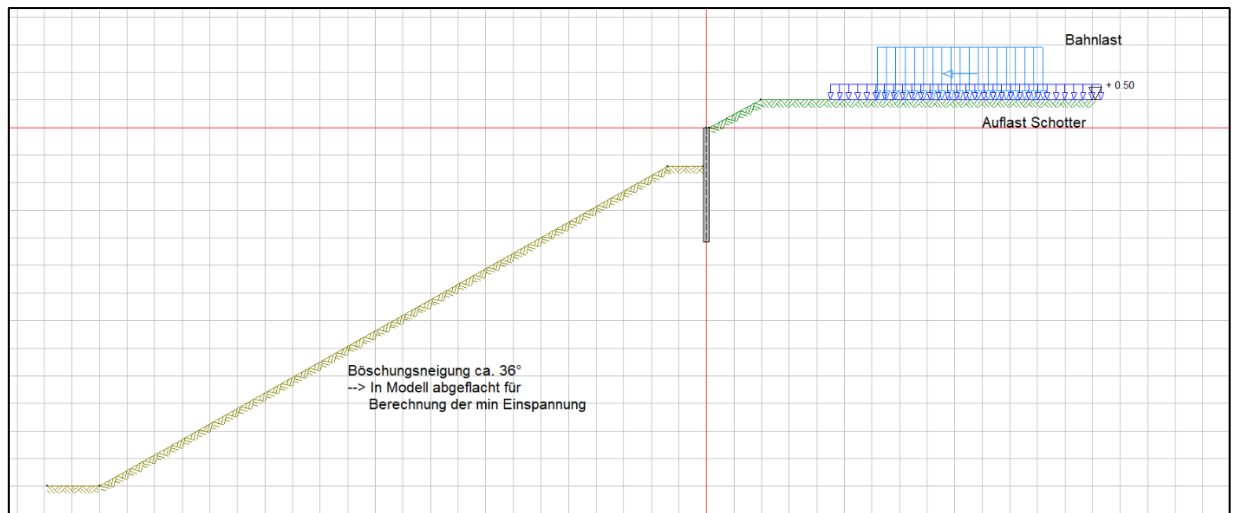


Abbildung 4 Statisches System Baugrubensicherung als Rühlwandverbau

### 3.3. Bemessungsmodell

#### 3.3.1. Dammreprofilierung

- Die Bemessung und die Ermittlung der iterative Einbindetiefe mit den geotechnischen Nachweisen erfolgt mittels der Statik-Software DC Böschung, Version 8.4

#### 3.3.2. Rückverankerter Kopfbalken

- Die Ermittlung der iterative Einbindetiefe mit den geotechnischen Nachweisen erfolgt mittels der Statik-Software DC Baugrube, Version 7.7. Die Bemessung der äusseren Tragsicherheit der Mikropfähle und die Biegebemessung des Kopfbalkens erfolgt per Handrechnung.

#### 3.3.3. Baugrubensicherung (Rühlwand)

- Die Bemessung und die iterative Einbindetiefe geschieht mittels der Statik-Software DC Baugrube., Version 7.7.

### 3.4. Materialisierung

Siehe Projektbasis

## 4. Einwirkungen

### 4.1. Bestehende Bauwerke: Einwirkungen aktualisiert nach SIA 269/1

Nicht relevant. Statische Nachweise am Dammkörper werden bei den neu zu erstellenden Sanierungsmassnahmen durchgeführt.

### 4.2. Neu zu erstellende Bauwerke: Einwirkungen nach SIA 261

#### 4.2.1. Ständige Einwirkungen, nicht aktualisiert

##### Bauzustand (Bauphase)

Während des Baus wirken keine ständige bzw. veränderliche Lasten auf den Kopfbalken.

- Beim rückverankerten Kopfbalken wird die Baugrube erst nach Fertigstellung der Ortbetonkonstruktion und Erreichen der Mindestdruckfestigkeit wiederaufgefüllt und verdichtet.

Einwirkung	Massnahmen / Weiterbearbeitung	Annahme für die Bemessung
<b>Eigenlasten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beton</li> <li>• Baustahl</li> </ul>	Dimensionierung / statische Berechnung  Dimensionierung / statische Berechnung	Eigengewicht Beton: $\gamma_G = 25 \text{ kN/m}^3$  Eigengewicht Baustahl: $\gamma_S = 78.5 \text{ kN/m}^3$
<b>Auflasten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schotterbett</li> <li>• Betonschwellen</li> <li>• Schiene</li> </ul>	Dimensionierung / statische Berechnung  Dimensionierung / statische Berechnung  Dimensionierung / statische Berechnung	Höhe = 70 cm + 10cm Hebungsreserve $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$  Auflast Schotter: $14.4 \text{ kN/m}^2$ (inkl. Hebungsreserve)  2.8 kN/Stück = ca. 4.8 kN/m Gleis  UIC 60 mit Kleineisen = ca. 1.7 kN/m Gleis
<b>Erddruck gegen Kopfbalken</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Infolge ständiger Lasten (z.B. Hinterefüllung (Verdichtungsdruck))</li> <li>• infolge Auflast</li> </ul>	Erhöhter aktiver Erddruck gem. PB  Dimensionierung / statische Berechnung  Dimensionierung / statische Berechnung	<del>Aktiver Erddruck</del> gemäss AB-EBV und SIA 267, dreiecksförmige Erddruckverteilung ab OK Schotter bis UK Foundation  $e_h = K_M \cdot z \cdot \gamma$ Wert anhand Tabelle 3 und 4 der Projektbasis: $K_M = 0.39$ , $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$  $e_h = K_M \cdot q$

Tabelle 1: Ständige Einwirkungen, Bauphase

##### Endzustand (definitive Nutzungsphase)

Einwirkung	Massnahmen / Weiterbearbeitung	Annahme für die Bemessung
Eigenlasten		

Einwirkung	Massnahmen / Weiterbearbeitung	Annahme für die Bemessung
<ul style="list-style-type: none"> <li>Beton</li> <li>Baustahl</li> </ul>	Dimensionierung / statische Berechnung  Dimensionierung / statische Berechnung	Eigengewicht Beton: $\gamma_G = 25 \text{ kN/m}^3$  Eigengewicht Baustahl: $\gamma_S = 78.5 \text{ kN/m}^3$
<b>Auflasten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schotterbett</li> <li>Betonschwellen</li> <li>Holzschwellen</li> <li>Schiene</li> </ul>	Dimensionierung / statische Berechnung  Dimensionierung / statische Berechnung  Dimensionierung / statische Berechnung  Dimensionierung / statische Berechnung	Höhe = 70 cm + 10cm Hebungsreserve $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$  Auflast Schotter: $14.4 \text{ kN/m}^2$ (inkl. Hebungsreserve)  2.8 kN/Stück = ca. 4.8 kN/m Gleis  UIC 60 mit Kleineisen = ca. 1.7 kN/m Gleis
<b>Erddruck gegen Kopfbalken</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Infolge ständiger Lasten (z.B. Hinterefüllung (Verdichtungsdruck))</li> <li>infolge Auflast</li> </ul>	Dimensionierung / statische Berechnung  Dimensionierung / statische Berechnung	Erhöhter aktiver Erddruck gemäss AB-EBV und SIA 267, dreiecksförmige Erddruckverteilung ab OK Schotter bis UK Foundation  $e_h = K_M \cdot z \cdot \gamma$ Wert aus der Tabelle 3 & 4 der Projektbasis: $K_M = 0.39$ , $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$ Der Verdichtungsdruck ist gem. SIA 267 und FAQ Verdichtungsdruck anzusetzen.  $e_h = K_M \cdot q$

Tabelle 2: Ständige Einwirkungen, definitive Nutzungsphase

#### 4.2.2. Veränderliche Einwirkungen, nicht aktualisiert

##### Bauzustände (Bauphase)

Einwirkung	Massnahmen / Weiterbearbeitung	Annahme für die Bemessung
Schnee	keine	Wird nicht berücksichtigt, da nicht massgebend
Wind	keine	Wird nicht berücksichtigt, da nicht massgebend
Temperatur	Dimensionierung / statische Berechnung / Mindestbewehrung	Temperatureausdehnungskoeffizient = $10 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ (gemäss SIA 261, Tabelle 5) Charakterist. Wert der gleichm. Temperaturänderung = $\pm 20^\circ\text{C}$ (gemäss SIA 261, Tabelle 6)
Erddruck aus Bahnlasten		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Verkehrslast</li> </ul>	Nachrechnung / statische Berechnung	$e_h = K_M \cdot q_k \cdot \alpha$ , wobei $K_M = 0.39$ $LM 1: q_k = 52 \text{ kN/m}^2$ $\alpha$ : siehe unter „Beiwerte Lastmodell Bahnverkehr“ (unten) $\rightarrow \alpha = 1.33$

Einwirkung	Massnahmen / Weiterbearbeitung	Annahme für die Bemessung
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schlingerkräfte</li> <li>• Zentrifugalkräfte</li> </ul>	<p>Nachrechnung / statische Berechnung</p> <p>Nachrechnung / statische Berechnung</p>	<p><math>q_k</math>: Vertikale Last (gemäss AB-EBV zu Art. 26) Breite 3.0 m, 0.7 m unter SOK mit <math>\Phi = 1.00</math> (SIA 261, Ziffer 11.2.1.5)</p> <p><math>Q_{Sk} = 100 \text{ kN}</math> <math>\alpha = 1.33</math></p> <p><math>r = 580 \text{ m}</math>, <math>\eta = 1.0</math> da <math>v &lt; 120 \text{ km/h}</math> <math>v = 28 \text{ m/s}</math> (LM 1 + LM 2) LM1: <math>q_{k,h} = 14.7 \text{ kN/m}</math> <math>\alpha = 1.33</math></p>

Tabelle 3: Veränderliche Einwirkungen, definitive Nutzungsphase

#### Endzustand (definitive Nutzungsphase)

Einwirkung	Massnahmen / Weiterbearbeitung	Annahme für die Bemessung
Schnee	keine	Wird nicht berücksichtigt, da nicht massgebend
Wind	keine	Wird nicht berücksichtigt, da nicht massgebend
Temperatur	Dimensionierung / statische Berechnung / Mindestbewehrung	Temperaturausdehnungskoeffizient = $10 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ (gemäss SIA 261, Tabelle 5) Charakterist. Wert der gleichm. Temperaturänderung = $\pm 20^\circ\text{C}$ (gemäss SIA 261, Tabelle 6)
Erddruck aus Bahnlasten		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verkehrslast</li> <li>• Schlingerkräfte</li> <li>• Zentrifugalkräfte</li> </ul>	<p>Nachrechnung / statische Berechnung</p> <p>Nachrechnung / statische Berechnung</p> <p>Nachrechnung / statische Berechnung</p>	<p><math>e_h = K_M \cdot q_k \cdot \alpha</math>, wobei <math>K_M = 0.39</math> LM 1: <math>q_k = 52 \text{ kN/m}^2</math> <math>\alpha</math>: siehe unter „Beiwerte Lastmodell Bahnverkehr“ (unten) <math>\rightarrow 1.33</math></p> <p><math>q_k</math>: Vertikale Last (gemäss AB-EBV zu Art. 26) Breite 3.0 m, 0.7 m unter SOK mit <math>\Phi = 1.00</math> (SIA 261, Ziffer 11.2.1.5)</p> <p><math>Q_{Sk} = 100 \text{ kN}</math> <math>\alpha = 1.33</math></p> <p><math>r = 580 \text{ m}</math> <math>v = 28 \text{ m/s}</math> (LM 1 + LM 2) LM1: <math>q_{k,h} = 14.7 \text{ kN/m}</math> <math>\alpha = 1.33</math></p>
Verdichtungserddruck	Nachrechnung / statische Berechnung	$25 \text{ kN/m}^2$

Tabelle 4: Veränderliche Einwirkungen, definitive Nutzungsphase

#### Beiwerte Lastmodell Bahnverkehr:

Klassifizierungsbeiwert: Tragsicherheit:

$\alpha = 1.33$  für LM 1 und LM 2 inkl. zugehörigen Anfahr-, Brems-, Zentrifugal- und Schlingerkräfte und aus Bahnlast verursachte Erddrücke sowie Entgleisungslastmodelle 1 und 2.

$\alpha = 1.00$  für LM 3

Ermüdung:  $\alpha = 1.00$

Gebrauchstauglichkeit:

$\alpha = 1.33$  für Verwindungen unter LM 1 und LM 2 inkl. zugehöriger Zentrifugalkräfte

$\alpha = 1.00$  für Durchbiegungen unter LM 1 und LM 2 inkl. zugehöriger Zentrifugalkräfte

$\alpha = 1.00$  für vertikale Relativverschiebungen bei Überbauenden hinter Widerlagern unter LM 1 und LM 2

Dynamischer Beiwert: Die statischen Auswirkungen der Lastmodelle 1, 2 und 3 werden mit dem dynamischen Beiwert  $\Phi$  multipliziert.  
Für Erddruck infolge Bahnverkehrslasten darf für die vertikale Ersatzlast (gemäss AB-EBV zu Art. 26) der dynamische Beiwert  $\varphi$  vernachlässigt werden (gemäss SIA 261, Ziffer 11.2.1.5).  
Anfahr-, Brems-, Schlinger- und Zentrifugalkräfte ebenso wie die Entgleisungslastmodelle 1 und 2 werden nicht mit  $\Phi$  multipliziert.

#### 4.2.3. Aussergewöhnliche Einwirkungen, nicht aktualisiert

##### Bauzustand (Bauphase)

Für die Bauphase werden keine aussergewöhnlichen Lasten auf den Baugrubenabschluss angesetzt. Entgleisung und Anprall werden für die Dimensionierung des Baugrubenabschlusses nicht berücksichtigt und gelten als akzeptiertes Risiko.

Einwirkung	Massnahmen / Weiterbearbeitung	Annahme für die Bemessung
Erddruck als Folge der Bahnlast bei Entgleisung	Akzeptiertes Risiko	
Erdbeben	Akzeptiertes Risiko	
Brand	Akzeptiertes Risiko	
Explosion	Akzeptiertes Risiko	

Tabelle 5: Aussergewöhnliche Einwirkungen, definitive Nutzungsphase

##### Endzustand (definitive Nutzungsphase)

Einwirkung	Massnahmen / Weiterbearbeitung	Annahme für die Bemessung
<b>Erddruck als Folge der Bahnlast bei Entgleisung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>LM1</li> <li>LM2</li> </ul>	Dimensionierung / statische Berechnung  Dimensionierung / statische Berechnung	$q_{Ed} = 110 \text{ kN/m}$ $Q_{Ed} = 350 \text{ kN}$ $\alpha = 1.33$  Mauerlänge $l \geq 20 \text{ m}$ : $q_{Ed} = 145 \text{ kN/m}$ Mauerlänge $\leq 6.40 \text{ m}$ : $q_{Ed} = 220 \text{ kN/m}$ Mauerlänge $6.40 \leq l \leq 20 \text{ m}$ : $q_{Ed} = \text{lineare Interpolation}$ Mauerlänge $l = 21 \text{ m}$ (Abschnitte) $q_{Ed} = 145 \text{ kN/m}$ Erddruckbeiwert $K_M = 0.39$ $\alpha = 1.33$
<b>Erdbeben</b>	Dimensionierung / statische Berechnung Konstruktive Massnahmen	Erdbebenzone: Z2 $\rightarrow a_{gd} = 1.0 \text{ m/s}^2$ Baugrundklasse: E Bauwerksklasse: 2 Verhaltensbeiwert $q = 2.0$

Einwirkung	Massnahmen / Weiterbearbeitung	Annahme für die Bemessung
	gemäss SIA 261, Ziffer 16.4	Erdbebenstreckenklasse ESK II Konstruktive Massnahmen:
<b>Brand</b>	Akzeptiertes Risiko	
<b>Explosion</b>	Akzeptiertes Risiko	

Tabelle 6: Aussergewöhnliche Einwirkungen, definitive Nutzungsphase

## 5. Tragsicherheit

Die Nachweise der Tragsicherheit erfolgen gemäss der SIA Norm 260 Kap. 4.4.3 und den Bestimmungen der Normen SIA 260, 261, 262, 263, 267 und 269.

### 5.1. Gefährdungsbilder und Massnahmen

#### 5.1.1. Bauzustand (Bauphase)

**Bauteil:** Baugrubensicherung

Gefährdungsbild / Bemessungssituation		Grenzzustand	Lastfall	Beiwerte (SIA 260)
1	Bahnverkehr vorübergehend	A1: GZ Typ 1 (Gesamtstabilität)	LE: Bahnverkehr, LM1, LM2, Streckenklasse LM3 ST: Eigenlasten Ständige Lasten, Auflasten	$\gamma_Q = 1.45$ $\gamma_Q = 1.45$ $\gamma_G = 1.10$
		A2: GZ Typ 2 (Tragwiderstand Tragwerk)	LE: Bahnverkehr LM1, LM2, Streckenklasse LM3 ST: Eigenlasten Ständige Lasten, Auflasten	$\gamma_Q = 1.45$ $\gamma_Q = 1.20$ $\gamma_G = 1.35$
		A3: GZ Typ 3 (Tragwiderstand Baugrund)	LE: Bahnverkehr LM1, LM2, Streckenklasse LM3 ST: Eigenlasten Ständige Lasten, Auflasten	$\gamma_Q = 1.25$ $\gamma_Q = 1.25$ $\gamma_G = 1.00$

Tabelle 7: Nachweis der Tragsicherheit, Gefährdungsbilder, Bauphase

##### 5.1.1.1. Dammreprofilierung

Während des Baus wirken keine ständige bzw. veränderliche Lasten auf die Reprofilierung. Ein Nachweis für die Tragsicherheit wird nicht durchgeführt. Der Endzustand wird als massgebend betrachtet.

##### 5.1.1.2. Kopfbalken

Während des Baus wirken keine ständige bzw. veränderliche Lasten auf den Kopfbalken. Ein Nachweis für die Tragsicherheit wird nicht durchgeführt. Der Endzustand wird als massgebend betrachtet.

##### 5.1.1.3. Baugrubensicherung (Rühlwand)

Die Rühlwand wird mit dem Programm DC-Baugrube auf Tragsicherheit bemessen. Die Rühlwand besteht aus Stahlprofilen (HEB 160, S235) mit einem Achsabstand von 3.0 m. Die Dicke der Holzausfachung beträgt 0.08 m. Die Einbindung der Rühlwandträger beträgt 3.2 m. Alle weiteren geotechnischen Nachweise werden erfüllt.

- Weitere Detailnachweise können der Beilage 2 entnommen werden.
- Es werden alle geotechnischen Nachweise erfüllt.
- Bei einer Auskragung von 0.7 m beträgt die minimale Einbindelänge (Einspannung nach Blum) beträgt 2.40 m → Gewählt: 2.5 m



- Der Rühlwandträger werden mit maximal 8.7 kNm beansprucht. Bei einem HEB 160, S235 beträgt die statische Ausnutzung 13% (Vgl. Detailberechnungen)
- In der Holzausfachung wirken maximale Biegemomente von 7.8 kNm/m`. Erforderlich ist eine Bohlenstärke von 5.8 cm. → Gewählt b = 8 cm

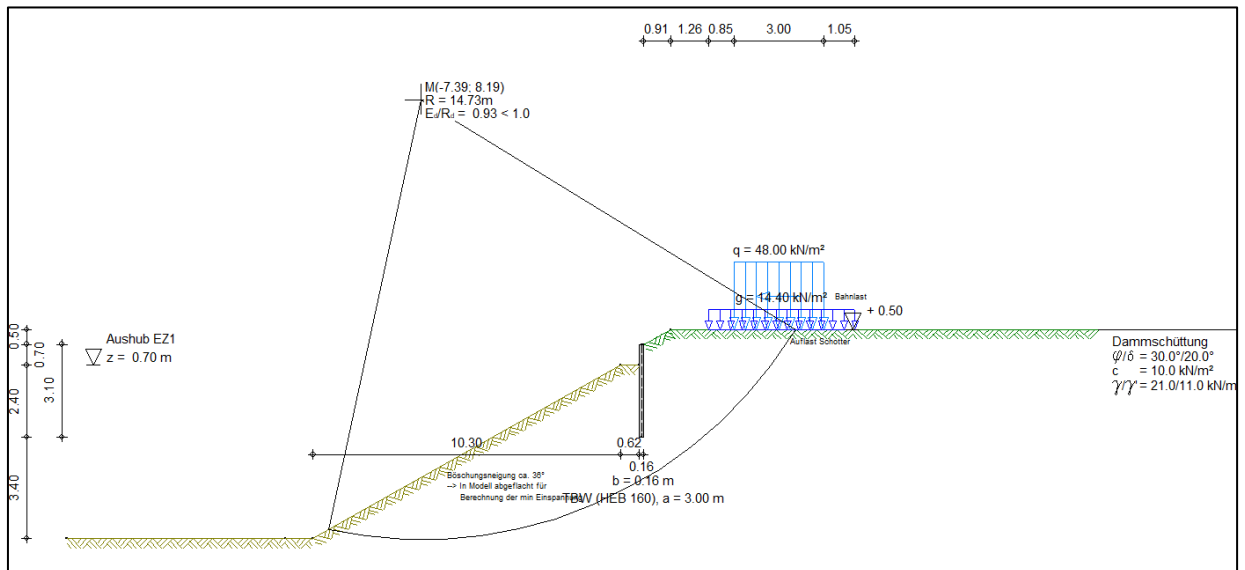


Abbildung 5 Übersicht Böschungsnachweis Baugrubenverbau

### 5.1.2. Endzustand (definitive Nutzungsphase)

Gefährdungsbild / Bemessungs-situation		Grenzzustand	Lastfall	Beiwerte
Legende: LE=Leiteinwirkung, ST=ständige Leiteinwirkung, BE=Begleiteinwirkung				
<b>A</b>	Bahnverkehr vorübergehend	C1: GZ Typ 1 (Gesamtstabilität)	LE: Bahnverkehr LM1, LM2, Streckenklasse LM3 ST: Eigenlasten Ständige Lasten, Auflasten	$\gamma_Q = 1.45$ $\gamma_Q = 1.45$ $\gamma_G = 1.10$
		C2: GZ Typ 2 (Tragwiderstand Tragwerk)	LE: Bahnverkehr LM1, LM2, Streckenklasse LM3 ST: Eigenlasten Ständige Lasten, Auflasten	$\gamma_Q = 1.45$ $\gamma_Q = 1.20$ $\gamma_G = 1.35$
		C3: GZ Typ 3 (Tragwiderstand Baugrund)	LE: Bahnverkehr LM1, LM2, Streckenklasse LM3 ST: Eigenlasten Ständige Lasten, Auflasten	$\gamma_Q = 1.25$ $\gamma_Q = 1.25$ $\gamma_G = 1.00$
<b>B</b>	Entgleisung aussergewöhnlich	D1: GZ Typ 1 (Gesamtstabilität)	LE: Bahnverkehr LM1, Streckenklasse ST: Eigenlasten Ständige Lasten, Auflasten	$\gamma_Q = 1.00$ $\gamma_G = 1.00$
		D2: GZ Typ 2 (Tragwiderstand Tragwerk)	LE: Bahnverkehr LM1, Streckenklasse ST: Eigenlasten Ständige Lasten, Auflasten	$\gamma_Q = 1.00$ $\gamma_G = 1.00$

Gefährdungsbild / Bemessungs-situation		Grenzzustand	Lastfall	Beiwerte
		D3: GZ Typ 3 (Tragwiderstand Baugrund)	LE: Bahnverkehr LM1, Streckenklasse ST: Eigenlasten Ständige Lasten, Auflasten	$\gamma_Q = 1.00$ $\gamma_G = 1.00$
<b>C</b>	Erdbeben aussergewöhnlich	E1: GZ Typ 1 (Gesamtstabilität)	LE: Erdbeben ST: Eigenlasten Ständige Lasten, Auflasten	$\gamma_Q = 1.00$ $\gamma_G = 1.00$
		E2: GZ Typ 2 (Tragwiderstand Tragwerk)	LE: Erdbeben ST: Eigenlasten Ständige Lasten, Auflasten	$\gamma_Q = 1.00$ $\gamma_G = 1.00$
		E3: GZ Typ 3 (Tragwiderstand Baugrund)	LE: Erdbeben ST: Eigenlasten Ständige Lasten, Auflasten	$\gamma_Q = 1.00$ $\gamma_G = 1.00$

**Tabelle 8: Nachweis der Tragsicherheit definitive Nutzungsphase, Erdbauwerke**

#### 5.1.2.1. Dammreprofilierung

- Allgemein
  - Die Böschung mit Dammreprofilierung wird mit dem Programm DC-Böschung modelliert und auf die Tragsicherheit (GZT3) bemessen.
  - Der Schichtenverlauf wird vereinfacht idealisiert modelliert.
  - Der Bereich, welcher durch die Rüttelstopfsäulen verbessert / saniert wird, wird als Block in die Böschung reinmodelliert.
- Lastfall Betrieb
  - Für die Erfüllung der Böschungssicherheit nach Krey-Bishop ist bei der Reprofilierung eine Böschungsneigung von 27° erforderlich (Ausnutzung = 0.92). So werden alle geotechnischen Nachweise erfüllt.
  - Detailnachweise können der Beilage 3 entnommen werden.

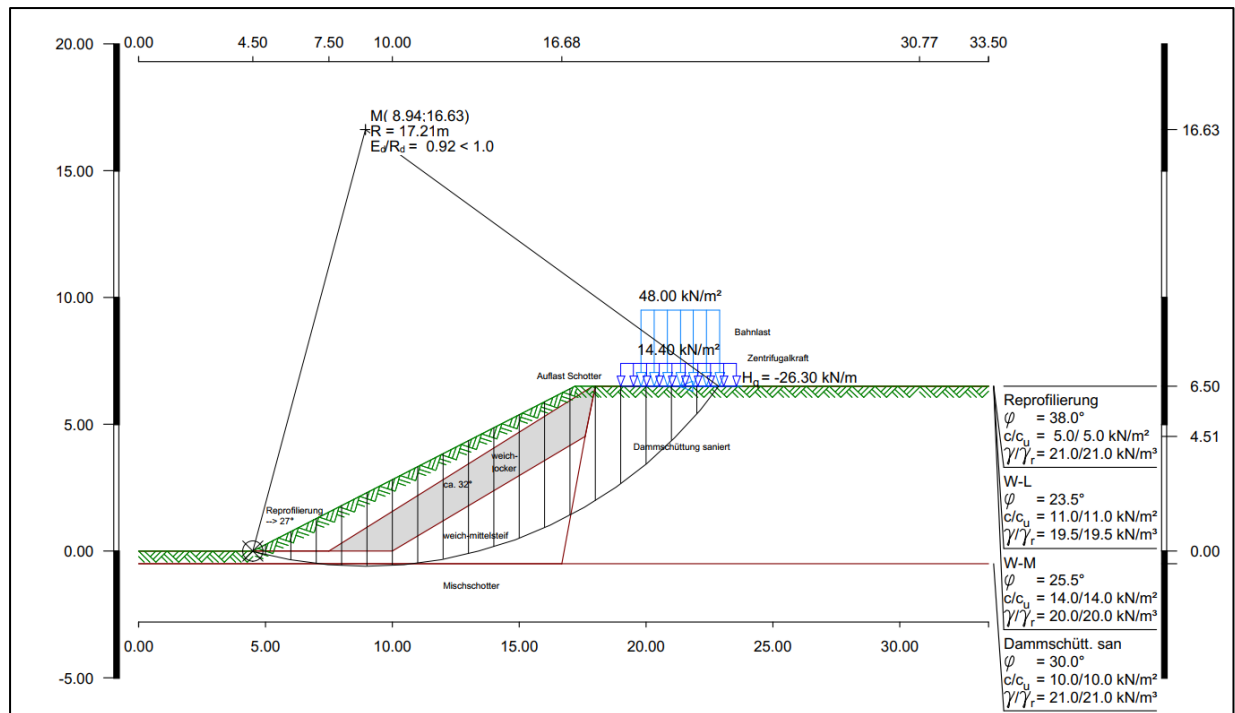


Abbildung 6 Böschungsnachweis Dammreprofilierung bei Lastfall Betrieb im GZT3

- Lastfall Entgleisung
  - o Durch den Betrieb mitabgedeckt, da Partialfaktoren auf 1.0 reduziert werden.
- Lastfall Erdbeben
  - o Durch den Betrieb mitabgedeckt, da Partialfaktoren auf 1.0 reduziert werden.

#### 5.1.2.2. Rückverankerter Kopfbalken

- Allgemein
  - o Der Schnittkräfte, welche auf den Kopfbalken und die Rückverankerung wirken werden mit dem Programm DC-Baugrube ermittelt.
  - o Dabei wird für das rühlwandartige System ein Achsabstand der Mikropfähle von 3.0 m angesetzt.
  - o Die Ermittlung der Mindestbewehrung im Kopfbalken erfolgt durch Handrechnung.
  - o Weitere Detailnachweise können der Beilage 4 entnommen werden.
  - o Mindestbewehrung für erhöhte Anforderungen (B),  $b = 0.3 \text{ m} \rightarrow A_{s,min} = 868 \text{ mm}^2/\text{m} \rightarrow \varnothing 14, s = 150 \text{ mm}$  (Vgl. Detailberechnung aus Beilage 5)
- Lastfall Betrieb
  - o Es werden alle geotechnischen Nachweise erfüllt.
  - o Der diagonale Mikropfahl wird auf Zug mit 114 kN belastet.
    - $\gamma_{M,a} = 1.6, \eta_a = 0.7, d = 0.3 \text{ m}, r_{s,k} = 40 \text{ kN/m}^2 \rightarrow r_{s,d} = 17.5 \text{ kN/m}^2 \rightarrow 16.5 \text{ kN/m}^2$
    - $L_{eff} = 114 \text{ kN} / 16.5 \text{ kN/m}^2 = 6.9 \text{ m} \rightarrow \text{Gewählt: } L = 12 \text{ m}$  für genügende Einbindung in verformungsunempfindlicheren Schotter

- Tragglied vom Typ Ø22 mm mit einer inneren Tragfähigkeit von 222 kN.
- Der senkrechte Pfahl wird auf Druck mit -135 kN belastet
  - $\gamma_{M,a} = 1.3$ ,  $\eta_a = 0.7$ ,  $d = 0.3$  m,  $r_{s,k} = 40$  kN/m<sup>2</sup>  $\rightarrow r_{s,d} = 21.5$  kN/m<sup>2</sup>  
 $\rightarrow 20.3$  kN/m<sup>2</sup>
  - $L_{eff} = 135$  kN /  $20.3$  kN/m<sup>2</sup> = 6.7 m  $\rightarrow$  Gewählt: L = 10 m für genügende Einbindung in verformungsunempfindlicheren Schotter
  - Tragglied vom Typ Ø22 mm mit einer inneren Tragfähigkeit von 222 kN.
- Auf den Kopfbalken wirken maximale Linienlasten von  $q = 42.6$  kN/m<sup>2</sup>
  - $M_{Auflager} = q \times (1.5 \text{ m})^2 / 2 = 42.6$  kNm/m<sup>2</sup> (Konserv. Kragarm gerechnet)
  - $Z = 42.6$  kNm /  $1.2$  m /  $(0.85 \times 0.3 \text{ m}) = 139$  kN/m<sup>2</sup> (Pfahlbereich)
  - $A_{s,eff} = Z / f_{sd} = 320$  mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>  $\rightarrow$  Wird über Mindestbewehrung abgedeckt.

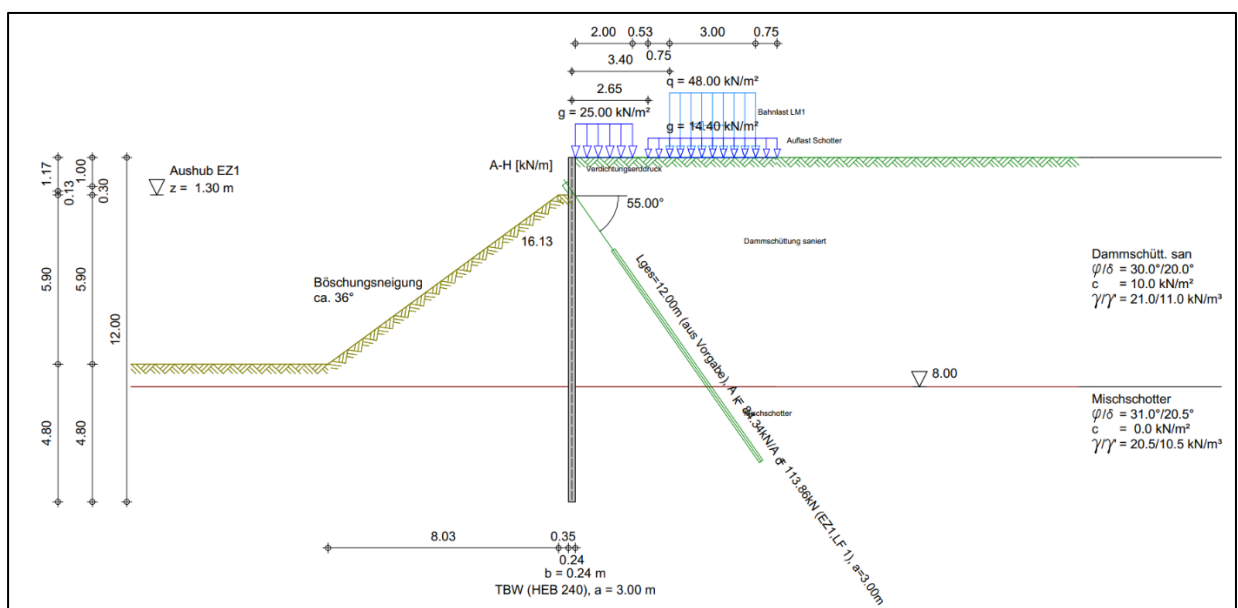


Abbildung 7 Übersicht Böschungsnachweis und Pfahlkräfte rückverankerter Kopfbalken

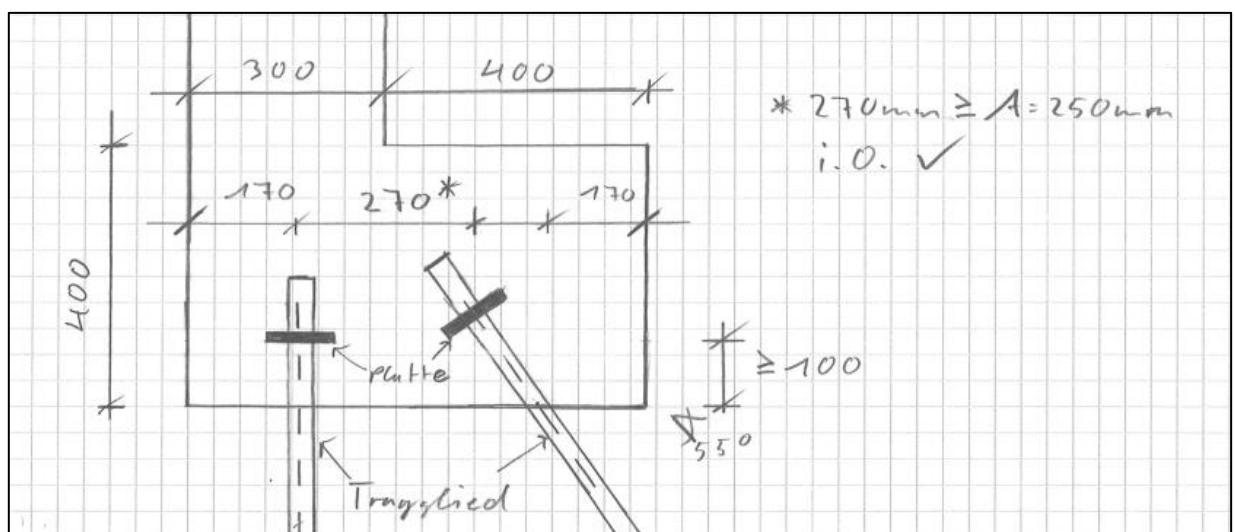


Abbildung 8 Detailanschluss Kopfbalken mit Mikropfählen

- Lastfall Entgleisung und Erdbeben
  - Durch den Betrieb mitabgedeckt, da Partialfaktoren auf 1.0 reduziert werden.

## 6. Gebrauchstauglichkeit

Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit erfolgt gemäss SIA 260, Kap. 4.4.4.

### 6.1. Bauzustand (Bauphase)

Detaillierte Lastkombinationen und -werte müssen den jeweiligen Statik-Beilagen entnommen werden. Der Endzustand wird als massgebend betrachtet.

#### Bauteil: Baugrubenabschluss

Gefährdungsbild / Bemessungssituation		Grenzzustand / Gebrauchsgrenzen	Lastfall	Beiwerte
Legende: LE=Leiteinwirkung, ST=ständige Leiteinwirkung, BE=Begleiteinwirkung				
<b>X</b>	Bahnverkehr vorübergehend	<b>Xa: Funktionstüchtigkeit</b> Gem. SIA 260, Tabelle 4 bei Geschwindigkeit $v = 100 \text{ km/h}$ - Verschiebung $u \leq h / 200$	Häufig: LE: Bahnverkehr LM1, ggf. LM2 für $w$ und $\delta_v$ : $\alpha = 1.00$ für $\alpha_t$ : $\alpha = 1.33$ $\Phi = 1.0$  ST: Erddruck ST: Eigenlasten Ständige Lasten, Auflasten	$\psi_1 = 1.0$  $\psi_1 = 0.7$ Kein Beiwert

Tabelle 9: Nachweis der Gebrauchstauglichkeit, Nutzungszustände, Bauphase

#### 6.1.1. Dammreprofilierung

Während des Baus wirken keine ständige bzw. veränderliche Lasten auf die Reprofilierung. Ein Nachweis für die Gebrauchstauglichkeit wird nicht durchgeführt. Der Endzustand wird als massgebend betrachtet.

#### 6.1.2. Kopfbalken

Während des Baus wirken keine ständige bzw. veränderliche Lasten auf den Kopfbalken. Ein Nachweis für die Gebrauchstauglichkeit wird nicht durchgeführt. Der Endzustand wird als massgebend betrachtet.

#### 6.1.3. Baugrubenabschluss

Die Auslenkung am Kopf betragen  $2.96 \text{ mm} < h / 200 \rightarrow$  Nachweise erfüllt

Weitere Detailnachweise können der Beilage 2 entnommen werden.

### 6.2. Endzustand (definitive Nutzungsphase)

**Bauteil:** Rückverankerter Kopfbalken, Dammreprofilierung

Gefährdungsbild / Bemessungssituation		Grenzzustand / Gebrauchsgrenzen	Lastfall	Beiwerte
Legende: LE=Leiteinwirkung, ST=ständige Leiteinwirkung, BE=Begleiteinwirkung				

Gefährdungsbild / Bemessungs-situation		Grenzzustand / Gebrauchsgrenzen	Lastfall	Beiwerte
<b>X</b>	Bahnverkehr vorübergehend	<b>Xa: Funktionstüchtigkeit</b> Gem. SIA 260, Tabelle 12 bei Geschwindigkeit $v = 100 \text{ km/h}$ - Verschiebung $u \leq h / 200$	Häufig: LE: Bahnverkehr LM1, ggf. LM2 für $w$ und $\delta_v$ : $\alpha = 1.00$ für $\alpha_t$ : $\alpha = 1.33$ $\Phi = 1.0$ mit $l_\phi = 21 \text{ m}$ ST: Erddruck ST: Eigenlasten Ständige Lasten, Auflasten	$\psi_1 = 1.0$  $\psi_1 = 0.7$ Kein Beiwert
		<b>Xb: Aussehen</b> Gem. SIA 260, Tabelle 12 - Verschiebung $u \leq h / 250$	Quasi-ständig: ST: Erddruck ST: Eigenlasten Ständige Lasten, Auflasten	$\psi_2 = 0.7$ Kein Beiwert
		<b>Xc: Dauerhaftigkeit</b> - Begrenzung der Rissbreiten Anforderungen: erhöht	Spannungsnachweis gemäss SIA 262, Ziffer 4.4.2	

Tabelle 10: Nachweis der Gebrauchstauglichkeit definitive Nutzungsphase, Erdbauwerke

**Bauteil: Erdbauwerke**

Gefährdungsbild / Bemessungs-situation		Grenzzustand / Gebrauchsgrenzen	Lastfall	Beiwerte
Legende: LE=Leiteinwirkung, ST=ständige Leiteinwirkung, BE=Begleiteinwirkung				
<b>X</b>	Bahnverkehr vorübergehend	<b>Xa: Funktionstüchtigkeit</b> Gem. SIA 260, Tabelle 12 bei Geschwindigkeit $v = 100 \text{ km/h}$ - Durchbiegung $w \leq l / 1'100$ - Verwindung $\alpha_t \leq 1.0 \text{ mrad/m}$ Bei gekrümmter Streckenführung: Zentrifugalkraft berücksichtigen - vert. Relativverschiebungen bei Überbauenden hinter Widerlagern $\delta_v \leq 3 \text{ mm}$ - Begrenzung der horizontalen Verschiebungen auf ca. 0 – 1 mm pro Jahr	Häufig: LE: Bahnverkehr LM1, ggf. LM2 für $w$ und $\delta_v$ : $\alpha = 1.00$ für $\alpha_t$ : $\alpha = 1.33$ $\Phi = 1.0$ mit $l_\phi = 21 \text{ m}$ ST: Erddruck ST: Eigenlasten Ständige Lasten, Auflasten	$\psi_1 = 1.0$  $\psi_1 = 0.7$ Kein Beiwert
		<b>Xb: Aussehen</b> Gem. SIA 260, Tabelle 12 - Durchbiegung $w \leq l / 700$	Quasi-ständig: ST: Erddruck ST: Eigenlasten Ständige Lasten, Auflasten	$\psi_2 = 0.7$ Kein Beiwert

Gefährdungsbild / Bemessungs-situation		Grenzzustand / Gebrauchsgrenzen	Lastfall	Beiwerte
		<b>Xc: Dauerhaftigkeit</b> - Begrenzung der Rissbreiten Anforderungen: erhöht	Spannungsnachweis gemäss SIA 262, Ziffer 4.4.2	

Tabelle 11: Nachweis der Gebrauchstauglichkeit definitive Nutzungsphase, Erdbauwerke

### 6.2.1. Dammreprofilierung

Der Böschungswinkel der Dammreprofilierung wird anhand dem Grenzzustand der Tragsicherheit ermittelt. Der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Horizontalverformungen) ist nicht massgebend und wird in der aktuellen Projektierungsstufe nicht weiter im Detail nachgewiesen.

### 6.2.2. Kopfbalken

Die Auslenkung am Kopf betragen  $3.8 \text{ mm} < h / 200 \rightarrow$  Nachweise erfüllt

Weitere Detailnachweise können der Beilage 4 entnommen werden.

**7. Dauerhaftigkeit**

Siehe Projektbasis

**8. Akzeptierte Risiken**

Siehe Projektbasis

**9. Weitere projektrelevante Bedingungen**

Siehe Projektbasis



## 10. Unterschriften

### 31 Vorprojekt Phase

**Projektverfasser:**

Datum

Unterschrift

Erstellt:

Jan Ryhult

Rapp Infra AG

Freilager-Platz 4

CH-4142 Münchenstein

17.09.2021

*J. Ryhult*  
.....

Geprüft:

Larsen Szulerski

Rapp Infra AG

Freilager-Platz 4

CH-4142 Münchenstein

17.09.2021

*L. Szulerski*  
.....

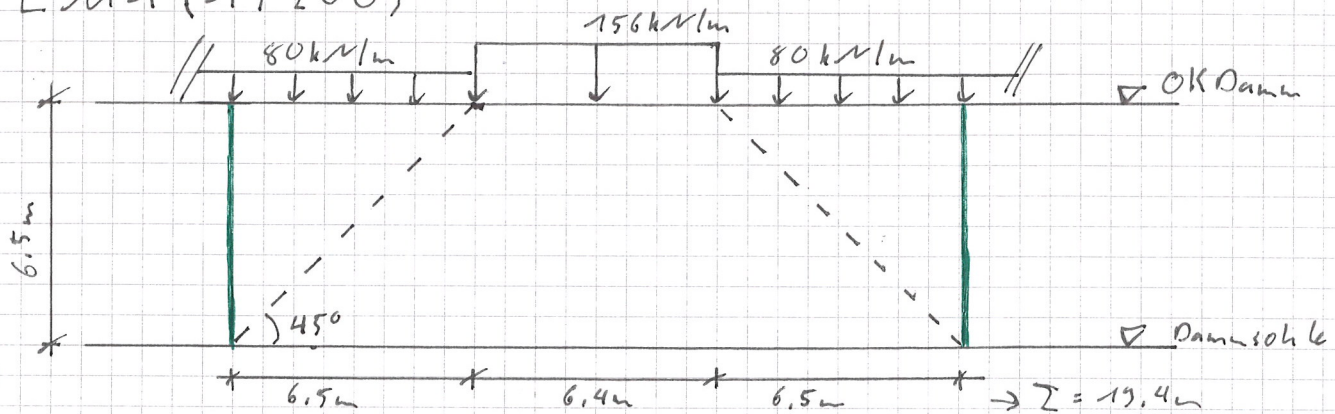
## **11. Beilagen**

- 1 Länge der Lastverteilung LM1 - 3
- 2 Baugrundesicherung: Statikplot DC-Baugrube, Vorprojekt, V002
- 3 Dammreprofilierung: Statikplot DC-Baugrube DC-Böschung, Vorprojekt, V002
- 4 Rückverankerter Kopfbalken: Statikplot DC-Baugrube DC-Baugrube, Vorprojekt, V002
- 5 Rückverankerter Kopfbalken: Ermittlung der Mindestbewehrung nach Bauteildicke, Vorprojekt, V001

## Damm Böckten - Verteilung Normalspurverkehr

Situation Reprofilierung  $\rightarrow$  Dammhöhe  $H = 6.5 \text{ m}$ 

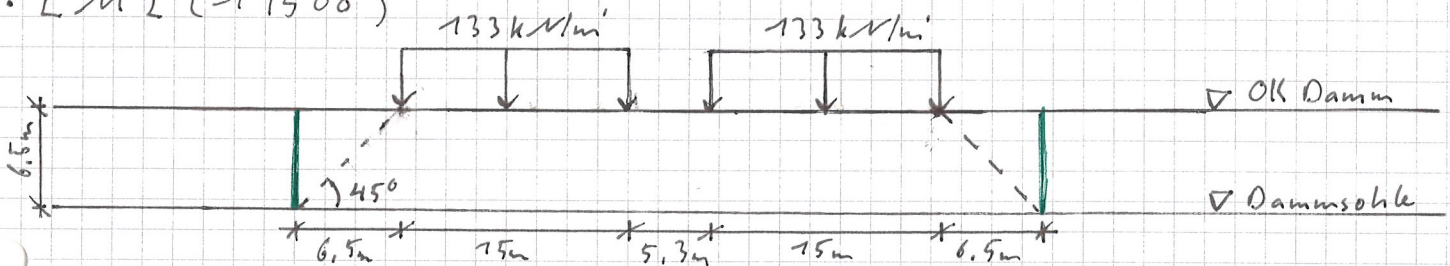
## • LM1 (1/200)



$\rightarrow$  Verteilte Last:  $q_k = (1'000 \text{ kN} + 2 \times 80 \text{ kN/m} \times 6.5 \text{ m}) / 19.4 \text{ m}$   
 $= 105 \text{ kN/m} \rightarrow 35 \text{ kN/m}^2$  ( $b = 3 \text{ m}$ )

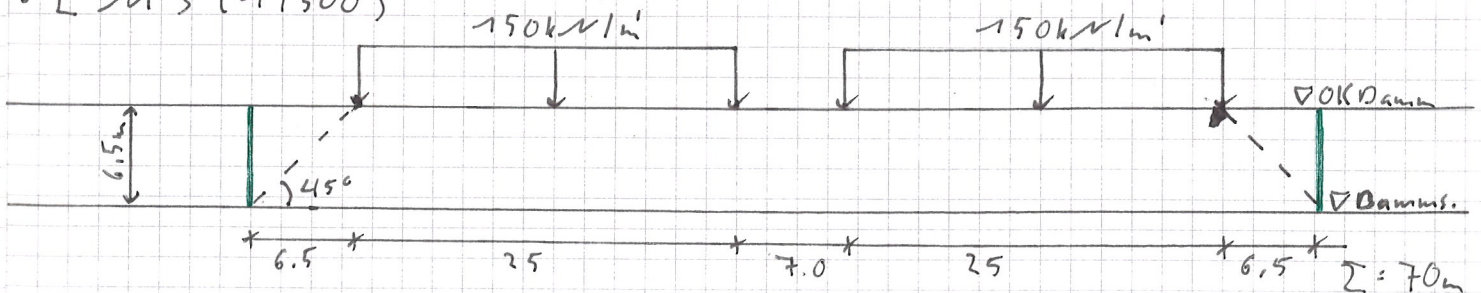
$\rightarrow$  Ansatz der verteilten Last im Statiksoftware. Realitätsnäher, da Bruchmechanik & Lastausbreitung mitberücksichtigt.

## • LM2 (1/500)



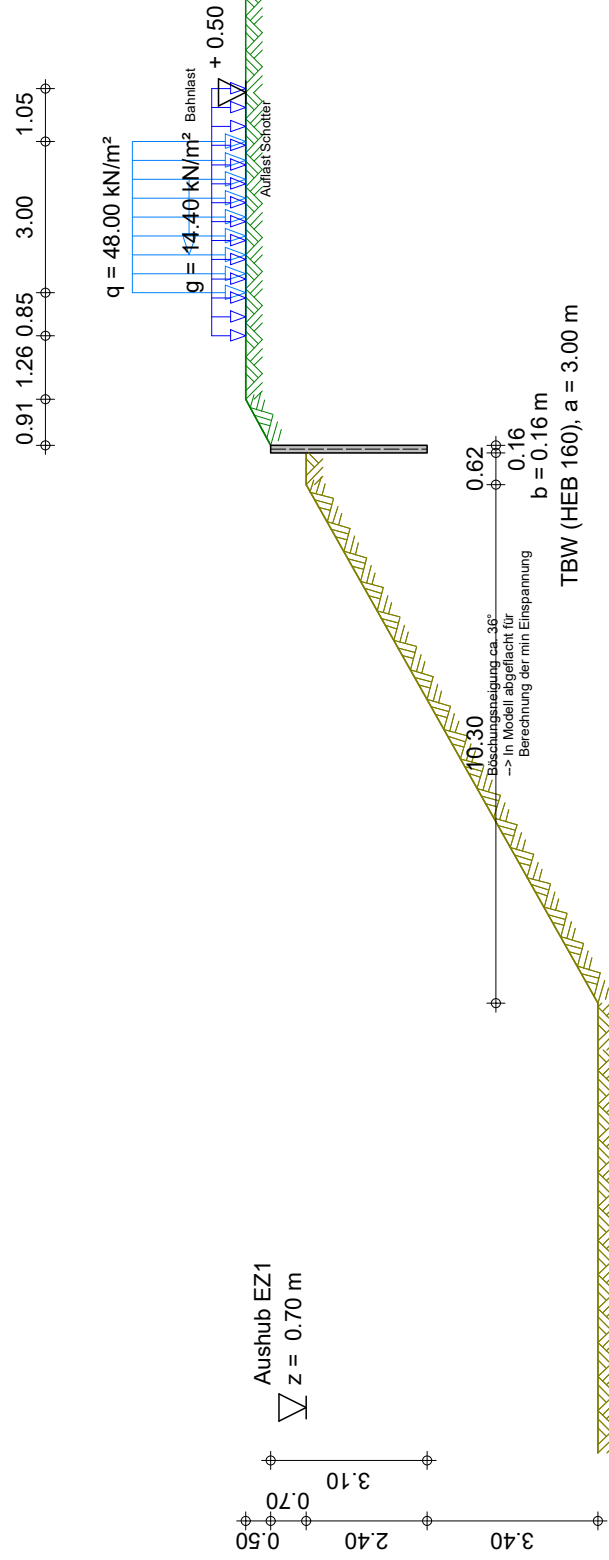
$\rightarrow$  Verteilte Last:  $q_k' = (2 \times 133 \text{ kN/m} \times 15 \text{ m}) / (2 \times 15 \text{ m} + 5.3 \text{ m} + 2 \times 6.5 \text{ m})$   
 $= 83 \text{ kN/m} \rightarrow 28 \text{ kN/m}^2$  ( $b = 3 \text{ m}$ )

## • LM3 (1/500)



$\rightarrow$  Verteilte Last:  $q_k = (2 \times 150 \text{ kN/m} \times 25 \text{ m}) / (2 \times 25 \text{ m} + 7 \text{ m} + 2 \times 6.5 \text{ m})$   
 $= 107 \text{ kN/m} \rightarrow 36 \text{ kN/m}^2$  ( $b = 3.0 \text{ m}$ )

Massgebend



Aushub EZ1  
 $\nabla z = 0.70 \text{ m}$

Dammschüttung  
 $\varphi/\delta = 30.0^\circ/20.0^\circ$   
 $c = 10.0 \text{ kN/m}^2$   
 $\gamma\gamma'' = 21.0/11.0 \text{ kN/m}^3$

## Beilage 2

Eingabedatei: K:\RIVA-TuK\1054.318 SBB Dammsanierung Böckten\

08.Bearb\_Rapp\8.530 Berechnungen\DC\04\_BG-Sicherung\Böckten\_San\_BG-Sicherung\_V002.dbw

## Berechnung nach SIA 267

### Systemwerte

Wandkopf frei beweglich

Erhöhter aktiver Erddruck, Ruhedruckanteil: 50.00 %

Nichtbindiger Boden

Geländeoberkante auf 0.00 m

Grundwasserstand 100.00 m

1. Geländeböschung	Anfang	[m]	0.00
	Ende	[m]	0.91
	Höhe	[m]	0.50

Erddruckbeiwerte nach SIA 261

### Wandaufbau

Abs.	Wandtyp	$x_1$ [m]	$z_1$ [m]	$E$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$A$ [cm <sup>2</sup> /lfm]	$g$ [kN/m <sup>3</sup> ]
	Profilbez.	$x_2$ [m]	$z_2$ [m]	$I$ [cm <sup>4</sup> /lfm]	$d$ [cm]	
		$a$ [m]	$b$ [m]	$EI$ [MN*m <sup>2</sup> ]		
1	Trägerbohlwand	0.00	0.00	210000.00	18.10	78.50
	HEB 160	0.00	2.08	8.3000E+02	16.00	
		3.00	0.16	1.74		

### Erdschichtwerte

### Dammschüttung

Schichthöhe	$h$	[m]	100.00
Innere Reibung	$\varphi'$	[Grad]	30.00
Wandreib. aktiv	$\delta_a$	[Grad]	20.00
Wandreib. pass.	$\delta_p$	[Grad]	-15.00
Kohäsion aktiv	$c_a'$	[kN/m <sup>2</sup> ]	10.0
Kohäsion passiv	$c_p'$	[kN/m <sup>2</sup> ]	10.0
Wichte Boden		[kN/m <sup>3</sup> ]	21.0
Wichte unter Auftrieb		[kN/m <sup>3</sup> ]	11.0
Mantelreibung		[MN/m <sup>2</sup> ]	0.04
Spitzendruck		[MN/m <sup>2</sup> ]	0.40

### Erddruckbeiwerte

Erddruckbeiwert	$K_{agh}$	(aktiv)	0.279
Erddruckbeiwert	$K_0$	(Ruhe-)	0.500
Angesetzt: 50% $K_{agh}$ + 50% $K_0$			0.390
Konzentrationsfaktor nach Fröhlich $n = 4$			
Kohäsionsbeiwert	$K_{ach}$	(aktiv)	1.057
Erdwid. Beiwert	$K_{pgh}$	(passiv)	4.807
Koh.wid.Beiwert	$K_{pch}$	(passiv)	4.385

### Wand- und Auflasten in globalen Koordinaten

Alle Lasten und Schnittkräfte beziehen sich auf 1 m Wandbreite

### Streckenlasten auf das Gelände

Fliehkraft  $p_H$  [kN/m] und Seitenstoß  $S$  [kN] für Eisenbahnlasten

LF-Name	$q$	$x_A$	$x_E$	$z_Q$	Typ	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\psi$
					$p_H$	$S$		
1	G	14.40	2.25	7.15	-0.50	0		
	Q	48.00	3.10	6.10	-0.50	7	1.45	1.25
					19.60	133.00		

(G = ständig, Q = veränderlich, B = aus Bodeneigengewicht)

Ansatz der Blocklasten:  
 0 = Standard: als Rechteck/Trapez/Dreieck  
 7 = als Rechteck/Trapez/Dreieck, wie bei aktivem Erddruck

**Teilsicherheitsbeiwerte für GZ T.1 (hydr.Grundbruch)**

$\gamma$ -	G,sup	G,inf
	1.600	0.900

Ermittlung der Wandlänge

**Teilsicherheitsbeiwerte für GZ T.2**

$\gamma$ -	G	E0g	W	L	Ol	Q	Qv		
	1.350	1.350	1.200	1.350	1.350	1.500	1.450		
$\gamma$ -	Ep	Wg	$\gamma$	$\varphi$	c	cu	R,h	b	s
	1.400	0.900	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.300	1.300

Ermittlung der Schnittgrößen mit gleichen Beiwerten wie  
 Ermittlung der Wandlänge

Ermittlung der Verformungen  
 mit charakteristischen Werten (GZG)

Ermittlung der Ankerlängen mit gleichen Beiwerten wie  
 Ermittlung der Wandlänge

$\gamma$ -	Teilsicherheitsbeiwert für...
G,sup	Strömungsdruck (ungünstiger Untergrund)
G,inf	günstige ständige Einwirkungen
G	Erddruck aus Bodeneigengewicht (außer Ruhedruck)
E0g	Erdruhedruck aus Bodeneigengewicht und ständigen Auflasten
W	ungünstig wirkenden Wasserdruck
L	Erddruck aus ständigen Lasten (außer Ruhedruck)
Ol	Ständige Lasten bei Erdruhedruck
Q	Einwirkungen aus Verkehrslasten
Qv	Einwirkungen aus Bahnverkehrslasten
Ep	Erdwiderstand
Wg	günstig wirkenden Wasserdruck
$\gamma$	spezifisches Gewicht
$\varphi$	Reibungsbeiwert $\tan(\varphi)$
c	Kohäsion c
cu	Kohäsion undränirt
R,h	Gleitwiderstand
b	Spitzendruck
s	Mantelreibung

**Lastfall 1**

**Erddruckverlauf (char.) ohne Umlagerung [kN/m²]**

Tiefe z	Summe-e <sub>v</sub>	e <sub>h</sub> -Summe	e <sub>h</sub> -Boden+Großfl.	e <sub>h</sub> -Auflast
0.00	0.000	0.121	0.000	0.121
0.00	0.000	0.121	0.000	0.121
0.00	0.000	0.121	0.000	0.121
0.23	0.060	2.690	2.449	0.241
0.25	0.067	2.878	2.628	0.250
0.37	0.123	4.208	3.886	0.321
0.50	0.204	5.655	5.256	0.399
0.74	0.405	8.314	7.773	0.541
0.75	0.416	8.431	7.884	0.548
0.75	0.419	8.463	7.914	0.549

Programm DC-Baugrube/Win Version 7.70	Seite	4
	Lastfall	1

Tiefe z	Summe-e <sub>v</sub>	e <sub>n</sub> -Summe	e <sub>n</sub> -Boden+Großfl.	e <sub>n</sub> -Auflast
0.75	0.419	10.046	7.914	2.133
0.83	0.544	10.902	8.728	2.175
1.00	0.843	12.242	9.975	2.267
1.02	0.880	12.396	10.120	2.276
1.21	1.259	13.875	11.512	2.362
1.24	1.332	14.143	11.765	2.378
1.24	1.332	27.028	11.765	15.262
1.25	1.361	27.077	11.813	15.265
1.30	1.595	27.477	12.193	15.284
1.50	2.520	29.006	13.650	15.356
1.75	3.747	30.910	15.488	15.423
2.00	5.040	32.794	17.325	15.469
2.08	5.467	33.391	17.913	15.478
2.08	5.467	33.391	17.913	15.478
2.25	6.396	34.659	19.163	15.497
2.50	7.811	36.509	21.000	15.509
2.75	9.285	38.347	22.838	15.510
3.00	10.813	40.175	24.675	15.500
3.25	12.394	41.995	26.513	15.482
3.50	14.027	43.809	28.350	15.459
3.75	15.710	45.619	30.188	15.432
4.00	17.440	47.426	32.025	15.401
4.50	21.035	51.034	35.700	15.334
4.58	21.639	51.622	36.300	15.322
5.00	24.835	54.987	39.724	15.264
5.50	28.883	59.010	43.815	15.195
6.00	33.179	63.036	47.907	15.129
6.50	37.722	67.066	51.999	15.067
7.00	42.511	71.101	56.091	15.010
7.50	47.547	75.141	60.183	14.958
8.00	52.829	79.185	64.274	14.911
8.42	57.453	82.584	67.708	14.876
8.42	57.453	69.700	67.708	1.991
8.50	58.170	70.351	68.366	1.985
9.00	62.775	74.405	72.458	1.947
9.50	67.606	78.462	76.550	1.913
9.98	72.393	82.324	80.440	1.884
9.98	72.393	80.740	80.440	0.300
10.00	72.632	80.940	80.641	0.299
12.00	94.132	97.214	97.008	0.206
14.00	119.766	113.521	113.375	0.146
16.00	149.563	129.849	129.743	0.106
18.00	183.547	146.189	146.110	0.079
20.00	221.735	162.537	162.477	0.060
22.00	264.141	178.891	178.844	0.047
24.00	310.773	195.248	195.211	0.037
26.00	361.640	211.608	211.578	0.030
28.00	416.747	227.969	227.945	0.024
30.00	476.101	244.332	244.312	0.020
32.00	539.704	260.696	260.679	0.017
34.00	607.559	277.060	277.046	0.014
36.00	679.670	293.425	293.413	0.012
38.00	755.972	309.790	309.780	0.010
40.00	836.474	326.156	326.147	0.009
100.00	5237.487	817.159	817.159	0.000

\*\*\* Hinweis: Im Bereich kohäsiver Schichten wurde nach EB 4.3 aktiver  
Mindesterdruk mit  $K_{agh} = 0.20$  berücksichtigt

## Aushub Nr. EZ1

Wand kragt voll aus

Wandfuß eingespannt (nach Blum)

Negativer Erddruck wirkt mit auf das statische System

Berechneter Grenzzustand für die Wandlänge: nach GZ Typ 2

Keine Umlagerung

Berme vor der Wand:  $x_1 = 0.62$  m,  $x_2 = 10.92$  m,  $dh = 5.80$  m

### Iteration der Wandlänge

Länge	Summe M	Summe M (räuml.Erddruck)
1.20	0.18	
2.20	-21.95	
2.10	-18.21	
1.80	-9.18	
1.50	-3.17	
1.20	0.18	
1.21	0.11	
1.22		2.65
2.22		2.77
3.12		-5.57
2.82		-1.86
2.63		0.53
2.66		0.30
2.69		0.05
2.70		-0.03
2.70		-0.03

\*\*\* Hinweis: der Neigungswinkel der Ersatzkraft C  
 $\delta_c$  wurde reduziert

Tiefe z [m]	$\delta_c$ [Grad] (urspr. Wert)	$\delta_c$ [Grad] (reduz. Wert)
2.080	10.000	0.000
100.000	10.000	0.000
Gesamtsumme V (char.)	2.16 kN/m	1.77 kN/m

### Passiver Erddruck

Tiefe z [m]	char. Wert $e_{ph,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0.000	0.000
0.700	0.000
0.700	-25.853
2.080	-52.393
2.700	-64.316

### Bemessungswert

Tiefe z [m]	$e_{ph,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0.000	0.000
0.700	0.000
0.700	-18.467
0.739	-19.008
0.750	-19.154
0.753	-19.193
0.830	-20.256
1.000	-22.588
1.020	-22.859
1.209	-25.461
1.244	-25.934
1.250	-26.022
1.302	-26.734
1.500	-29.456
1.750	-32.890
2.000	-36.324
2.080	-37.423



Tiefe z [m]	$e_{ph,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Tiefe z [m]	$e_{ph,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
		2.250	-39.759
		2.500	-43.193
		2.700	-45.940
Summe $E_{ph,k}$ =	-90.169 kN/m	Summe $E_{ph,d}$ =	-64.407 kN/m

Rammtiefenzuschlag nach EAB (EB25) =  $0.2 \cdot 2.00 \text{ m} = 0.40 \text{ m}$   
 Gesamtlänge der Wand: 3.10 m, Einbindetiefe  $t = 2.40 \text{ m}$   
 (einschl. Rammtiefenzuschlag nach EAB)

Aushubtiefe  $z = 0.70 \text{ m}$ , Wasserstand = 100.00 m  
 Fußstützkraft:  $E_d = 60.64 \text{ kN} \leq R_d = 64.41 \text{ kN}$   
 Ersatzkraft am Fuß:  $C_d = -6.10 \text{ kN}$

#### Räumlicher Erddruck nach DIN 4085:2017 je m Wandbreite

$b = 0.160 \text{ m}$ ,  $\mu_{pgh} = 4.190$ ,  $\mu_{pch} = 5.573$

$b$  kleiner als  $0.3h = 0.600 \text{ m}$ ,

Erdwiderstand bei  $\gamma_{Ep}/0.800 = 1.750$ :

$R_k =$	17.28 kN
$R_d =$	9.88 kN
$E_d =$	9.84 kN $\leq R_d$

#### Belastung und Schnittgrößen der Baugrubenwand

Schnittgrößen nach GZ Typ 2

Charakteristische Verformungen

Alle Werte je m Wand, bezogen auf die Schwerachse

Tiefe z [m]	H-Druck h [kN/m]	Verform. w [mm]	Moment M [kNm]	Querkraft Q [kN]	A-H [kN]	Fed.konst. [kN/mm]
0.000	0.16	3.0	0.00	0.00		
0.246	3.83	2.5	-0.04	-0.49		
0.250	3.89	2.5	-0.04	-0.51		
0.351	5.40	2.3	-0.12	-0.97		
0.370	5.68	2.3	-0.14	-1.08		
0.500	7.63	2.0	-0.33	-1.95		
0.700	10.63	1.7	-0.89	-3.77		
0.700	-2.83					
0.739	-2.91	1.6	-1.04	-3.66		
0.750	-2.94	1.6	-1.08	-3.63		
0.753	-2.94	1.6	-1.09	-3.62		
0.830	-3.11	1.5	-1.36	-3.39		
1.000	-3.46	1.2	-1.89	-2.83		
1.020	-3.51	1.1	-1.94	-2.76		
1.209	-3.90	0.9	-2.40	-2.06		
1.244	-3.98	0.8	-2.47	-1.92		
1.250	-3.99	0.8	-2.48	-1.90		
1.302	-4.10	0.7	-2.57	-1.69		
1.500	-4.52	0.5	-2.82	-0.83		
1.677	-4.89	0.3	-2.90	0.00		
1.750	-5.04	0.3	-2.89	0.36		
1.842	-5.24	0.2	-2.83	0.84		
2.000	-5.57	0.1	-2.63	1.69		
2.080	-5.74	0.1	-2.48	2.14		
2.250	-6.10	0.0	-2.03	3.15		
2.500	-6.62	0.0	-1.05	4.74		
2.700	-7.04	0.0	0.03	6.10		

Bedeutung: M=max/min-M (Q=0), A=Anker oder Abstützung, B=Bettungsfeder  
 E=Erdaufleger

Aushub Nr. EZ1	maxM	0.03	zugQ	6.10,	maxQ	6.10	zugM	0.03
	minM	-2.90	zugQ	0.00,	minQ	-3.77	zugM	-0.89
	maxw	3.0 mm						

### Längsbelastung der Baugrubenwand

Tiefe z [m]	Längsbel. n [kN/m]	Normalkraft N [kN]
0.000	0.22	0.00
0.246	0.53	-0.09
0.250	0.53	-0.09
0.351	0.67	-0.15
0.370	0.70	-0.17
0.500	0.88	-0.27
0.700	1.20	-0.48
0.700	0.14	-0.48
0.739	0.21	-0.49
0.750	0.23	-0.49
0.753	0.23	-0.49
0.830	0.24	-0.51
1.000	0.26	-0.55
1.020	0.26	-0.55
1.209	0.29	-0.61
1.244	0.29	-0.62
1.250	0.29	-0.62
1.302	0.29	-0.63
1.500	0.31	-0.69
1.677	0.31	-0.75
1.750	0.32	-0.77
1.842	0.31	-0.80
2.000	0.31	-0.85
2.080	0.31	-0.87
2.250	0.30	-0.92
2.500	0.27	-1.00
2.700	0.24	-1.05

### Gleichgewicht der H- und V-Kräfte

(Bemessungswerte inkl. Sicherheitsbeiwerte)

	von z	bis z	H-Komponente	V-Komponente	[kN/m]
Erddruck:	0.00	0.70	3.77	1.82	
Anker/Steifen:			0.00	0.00	( $\alpha$ )
Fußersatzkraft:			6.10	0.00	( $\delta_c$ )
Summe:			9.88	1.82	
Räumlicher Erddwid.:	0.70	2.70	-9.88	0.00	
(maßg. Reibungsanteil:			-1.58)	-0.42	( $\delta_p$ )
(maßg. Kohäsionsanteil:			-3.25)	-0.87	( $\delta_p$ )
Wandeigengewicht:				0.52	
Gesamtsumme (mit Wandgewicht):			0.00	1.05 (nach unten)	

### Nachweis der Vertikalkomp. des mobilisierten Erdwiderstandes (EAB,EB 9)

Einwirkungen:	$V_k$ [kN/m]	
Erddruck:	1.73	
Anker/Steifen:	0.00	( $\alpha$ )
Wandeigengewicht:	0.38	
Fußersatzkraft:	0.00	( $\delta_c$ )
Summe:	2.12	
Erddwiderstand:	$(B_v - 1/2 \cdot C_h \cdot \tan(\delta_p))$	0.35

Nachweis:  $V_k = 2.12 \text{ kN/m} \geq B_{vk} = 0.35 \text{ kN/m}$

\*\*\* Nachweis erfüllt \*\*\*

**Nachweis der Abtragung von Vertikalkräften in den Untergrund (EAB,EB 84)**

Einwirkungen:		$V_d$ [kN/m]	
Erddruck:		1.82	
Anker/Steifen:		0.00	( $\alpha$ )
Wandeingengewicht:		0.52	
Fußersatzkraft:	(1/2 $C_v$ )	0.00	( $\delta_c$ )
Summe:		2.34	

Widerstände:		$R_d$ [kN/m]	
Fußfläche für Spitzendruck (cm²/m):	85.3		
Anpassungsfaktor für Spitzendruck (EB 85):	0.600		
Spitzendruck:		1.58	
Mantelreibung:		16.41	
Summe:		17.99	

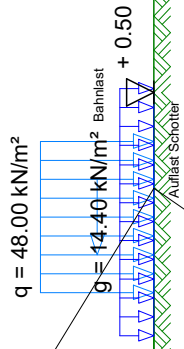
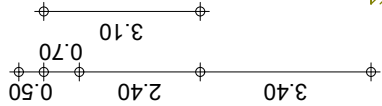
Nachweis:  $V_d = 2.34 \text{ kN/m} \leq R_d = 17.99 \text{ kN/m}$

\*\*\* Nachweis erfüllt \*\*\*



M(-7.39; 8.19)  
R = 14.73m  
 $E_d/R_d = 0.93 < 1.0$

Aushub EZ1  
 $z = 0.70$  m



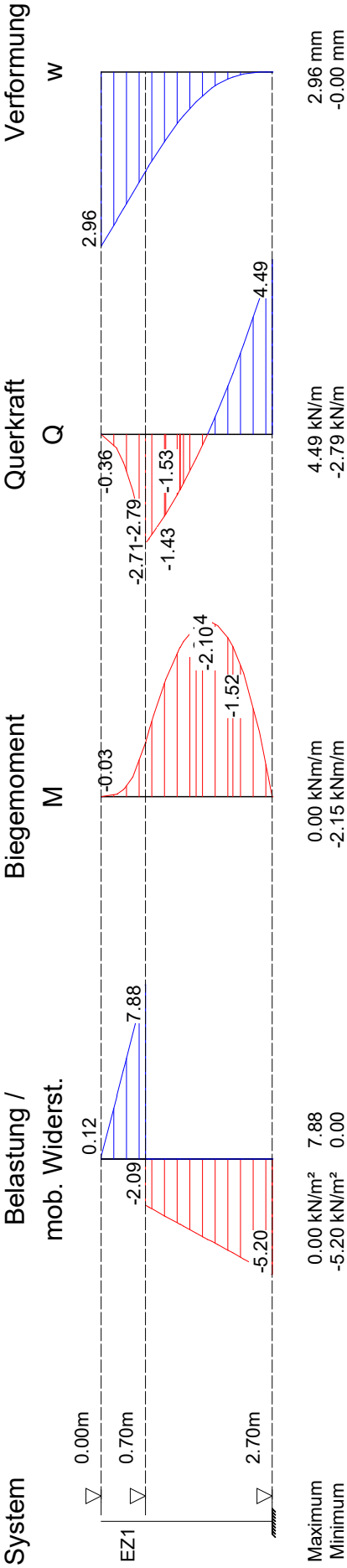
Dammschüttung  
 $\varphi/\delta = 30.0^\circ/20.0^\circ$   
 $c = 10.0 \text{ kN/m}^2$   
 $\gamma/\gamma' = 21.0/11.0 \text{ kN/m}^3$

10.30  
0.62  
0.16  
 $b = 0.16 \text{ m}$   
a = 3.00 m  
Böschungeneigung ca.  $36^\circ$   
-> In Modell abgeflacht für  
Berechnung der min Einsparung  
TBW (HEB 160)

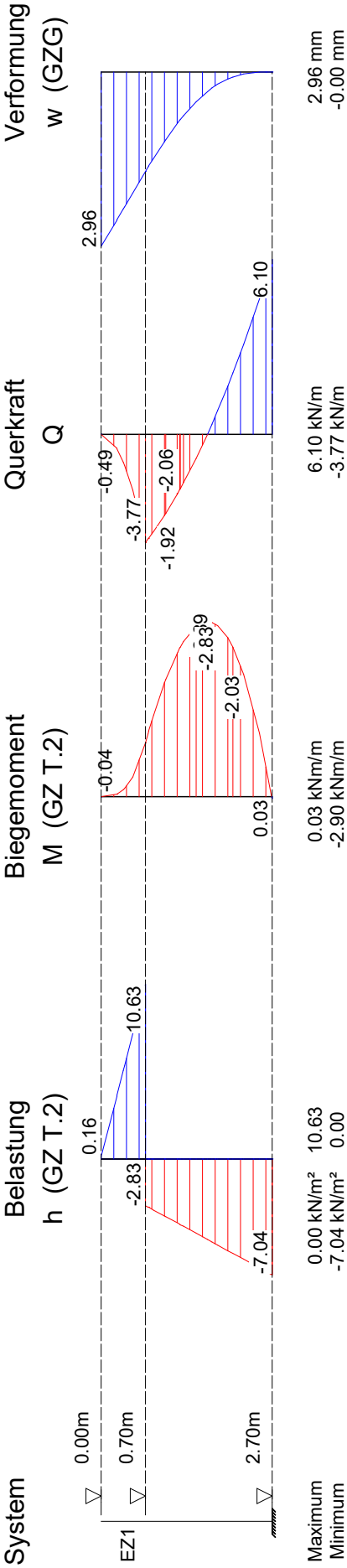
Seite	9
Aushub	EZ1
Lastfall	1
Maßstab	: 1: 150

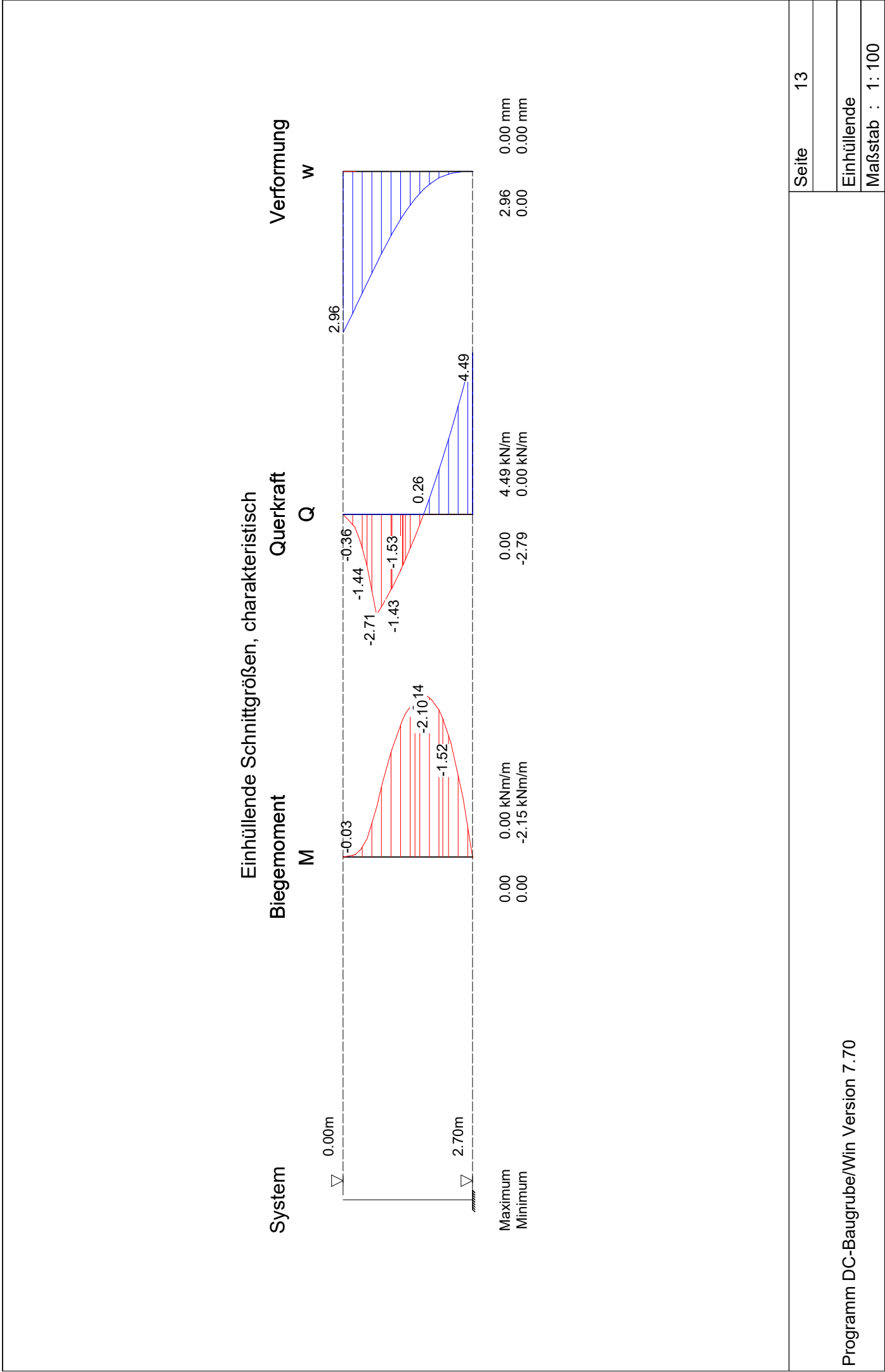


Schnittgrößen aus Gesamtlasten, charakteristisch



Schnittgrößen aus Gesamlasten, Bemessungswerte





Programm DC-Baugrube/Win Version 7.70

DC



## Geländebruch-Nachweis

### Lastfall 1 (Typ: LF 2)

Gleitkörper von  $x = -10.49$  bis  $5.17$  m

Gleitkreis:  $x_M = -7.39$  m,  $z_M = 8.19$  m,  $R = 14.73$  m

### Bestimmung der Lamellen-Anteile

$x_M$	Breite b	Eigen- gewicht	Auflast	Wasser- auflast	$\varphi$	c	$\vartheta$
[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[Grad]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[Grad]
-10.24	0.49	1.91	0.00	0.00	30.00	10.0	-11.16
-9.50	1.00	15.30	0.00	0.00	30.00	10.0	-8.23
-8.50	1.00	29.44	0.00	0.00	30.00	10.0	-4.31
-7.50	1.00	42.13	0.00	0.00	30.00	10.0	-0.42
-6.50	1.00	53.40	0.00	0.00	30.00	10.0	3.47
-5.50	1.00	63.22	0.00	0.00	30.00	10.0	7.38
-4.50	1.00	71.59	0.00	0.00	30.00	10.0	11.33
-3.50	1.00	78.43	0.00	0.00	30.00	10.0	15.33
-2.50	1.00	83.68	0.00	0.00	30.00	10.0	19.40
-1.50	1.00	87.23	0.00	0.00	30.00	10.0	23.58
-0.50	1.00	82.02	0.00	0.00	30.00	10.0	27.90
0.50	1.00	88.72	0.00	0.00	30.00	10.0	32.41
1.50	1.00	84.92	0.00	0.00	30.00	10.0	37.14
2.50	1.00	67.52	10.80	0.00	30.00	10.0	42.20
3.50	1.00	46.43	68.40	0.00	30.00	10.0	47.70
4.50	1.00	20.56	74.40	0.00	30.00	10.0	53.85
5.08	0.17	0.48	12.60	0.00	30.00	10.0	57.91
$x_M$						$R \cdot T_i$	$R \cdot G^* \sin(\vartheta)$
[m]						[kNm/m]	[kNm/m]
-10.24						57.15	-5.43
-9.50						186.03	-32.25
-8.50						265.34	-32.60
-7.50						331.69	-4.53
-6.50						387.30	47.66
-5.50						433.75	119.65
-4.50						472.14	207.06
-3.50						503.21	305.30
-2.50						527.36	409.42
-1.50						544.69	514.00
-0.50						517.69	565.31
0.50						558.46	700.20
1.50						546.21	755.17
2.50						522.34	774.74
3.50						756.34	1250.74
4.50						674.98	1129.26
5.08						100.03	163.30

Summen:

7384.70

6867.00

### Einfluss von Bauwerken

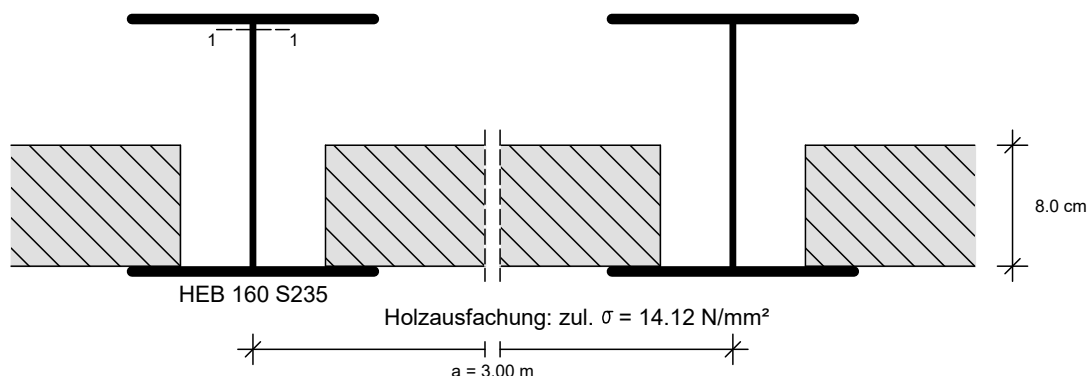
Gewicht	Hebelarm	$\varphi$	$\vartheta$	$M_{rückh.}$	$M_{abtr.}$
[kN/m]	[m]	[Grad]	[Grad]	[kNm/m]	[kNm/m]
0.44	7.39	25.69	30.13	2.39	3.26

Einwirkungen  $E_d = 6870.26 \text{ kN}$

Widerstände  $R_d = 7387.09 \text{ kN}$

$$E_d/R_d = 0.93 < 1.0$$

**\*\*\* Nachweis erfüllt \*\*\***

**Bemessung der Rühlwand (bis 2.70 m)**

Maßstab: 1:5

**Maßgebende Schnittgrößen (je Träger):**

Sicherheitsbeiwerte

für Lasten:  $\gamma_F$  nach GZ Typ 2  
 für Widerstände:  $\gamma_M = 1.05$

**Bemessungsschnittgrößen**

maßgebendes Moment	max. $M_d = 0.10 \text{ kNm}$ im Aushub EZ1
	zug. $N_d = -3.14 \text{ kN}$
	$V_d = 9.16 \text{ kN}$
	bei $z = 2.70 \text{ m}$
maßgebendes Moment	min. $M_d = -8.70 \text{ kNm}$ im Aushub EZ1
	zug. $N_d = -2.24 \text{ kN}$
	$V_d = 0.00 \text{ kN}$
	bei $z = 1.68 \text{ m}$
maßgebende Querkraft	max. $V_d = 11.32 \text{ kN}$ im Aushub EZ1
	zug. $M_d = -2.68 \text{ kNm}$
	zug. $N_d = -1.44 \text{ kN}$
	bei $z = 0.70 \text{ m}$

**Gewähltes Profil: HEB 160, Stahlsorte: S235**

Querschnittswerte des Trägers:

Gewicht	=	42.60 kg/m
$W_y$	=	311.00 cm <sup>3</sup>
$A$	=	54.30 cm <sup>2</sup>
$A_{\text{Schub}}$	=	11.76 cm <sup>2</sup>
$EI$	=	5.23 MNm <sup>2</sup>

Streckgrenze  $f_{yk} = 235.00 \text{ MN/m}^2$ 

Widerstände:

Randspannung	$\sigma_{rd} = 223.81 \text{ MN/m}^2$
Schubspannung	$\tau_{rd} = 129.22 \text{ MN/m}^2$
Vergleichsspannung	$\sigma_{Vrd} = 223.81 \text{ MN/m}^2$

**Nachweise nach SIA 263:**

Bemessung elastisch-elastisch

Biegespannung [MN/m <sup>2</sup> ]:	$\sigma_d$	=	$\sigma_{Nd}$	+	$\sigma_{Md}$	$\sigma_d/\sigma_{rd}$	NW ok
max. M (z = 2.70)	0.91	=	0.58	+	0.33	0.00	Ja
min. M (z = 1.68)	28.38	=	0.41	+	27.97	0.13	Ja
Schubspannung [MN/m <sup>2</sup> ]:	$\tau_d$					$\tau_d/\tau_{rd}$	NW ok
max. V (z = 0.70)	9.62					0.07	Ja
Vergleichsspannung [MN/m <sup>2</sup> ]:	$\sigma_{Vd}$	aus	$\sigma_d$		$\tau_d$	$\sigma_{Vd}/\sigma_{Vrd}$	NW ok
(Nachweis am Steg-Anschnitt)	23.84		23.84		0.00	0.11	Ja

**Knicknachweis nach SIA 263:**

$$\begin{aligned}
 L &= 2.70 \text{ m} \quad (z_1 = 0.00, z_2 = -2.70) \\
 w_0 &= \alpha^*(\lambda' - 0.2) * W / A_k = 1.26 \text{ cm} \\
 N_d &= -2.24 \text{ kN} \\
 M_d &= -8.70 \text{ kNm} \\
 w &= 0.03 \text{ cm} \\
 \Delta M_d &= N_d * w_0 = 0.03 \text{ kNm} \\
 w * N_d &= 0.00 \text{ kNm} \\
 M_{Ed} &= M_d + \Delta M + w * N_d = 8.73 \text{ kNm} \\
 s_k &= 2.00 * L = 5.40 \text{ m} \\
 \lambda &= s_k / 0.068 = 79.74 \\
 \lambda_a &= 93.91 \\
 \lambda' &= \lambda / \lambda_a = 0.85 \\
 \text{nach SIA 263, 4.5.1.3:} \quad \alpha &= 0.34 \\
 \phi_k &= 0.97 \\
 \varphi &= 0.69
 \end{aligned}$$

**Nachweis nach SIA 263, 4.5.3.1:**

$$\begin{aligned}
 N_{kRd} &= A * f_y / 1.05 = 1215.29 \text{ kN} \\
 M_{Rd} &= W * f_y / 1.05 = 69.60 \text{ kNm} \\
 \omega &= 1.00 \\
 N_{cr} &= 1769.83 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$N_{Ed} / N_{kRd} + \omega * M_{Ed} / M_{Rd} / (1 - N_{Ed} / N_{cr}) = 0.00 + 0.13 = 0.13 < 1.0 \quad \text{NW ok}$$

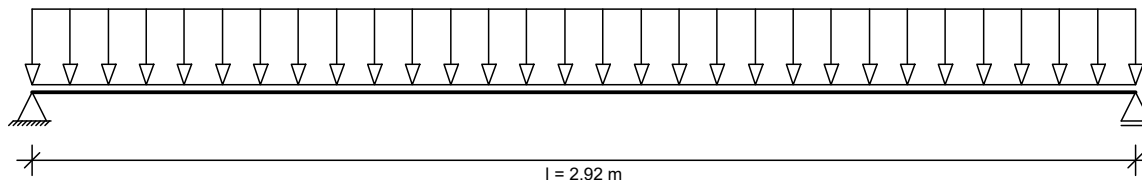
Ja

**Bemessung der Holzausfachung**

$$\begin{aligned}
 \text{Trägerabstand } a &= 3.00 \text{ m} \\
 \text{Stützweite } l &= 2.92 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Statisches System:

Maßstab: 1:20

Maßgebende Belastung bei  $z = 0.70$  im Aushub EZ1 (Bemessungswerte)

$$\begin{aligned}
 \text{Belastungen aus Bodeneigengewicht + großflächigen Auflasten } g &= 9.93 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{aus blockförmigen Auflasten } p &= 0.70 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Abminderungsfaktor für } g \text{ entsprechend EB 47:} &0.67 \\
 \text{Maßgebende Belastung } q = 0.67 * 9.93 + 0.70 &= 7.32 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Schnittgrößen:} \quad \text{Max } M &= q * l^2 / 8 = 7.32 * 2.92^2 / 8 = 7.80 \text{ kNm/m} \\
 \text{Zulässige Spannung: } \sigma_{rd} &= 14.12 \text{ N/mm}^2 \\
 \text{Erforderliche Dicke: } d_{\text{erf}} &= 5.76 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

**Gewählt: Holz d = 8.00 cm, Festigkeitsklasse C 24**

$$\begin{aligned}
 \text{Nachweis Biegung:} \quad \text{vorh. } W_y &= 1066.67 \text{ cm}^3/\text{m} \\
 \text{vorh. } \sigma_d &= 7.32 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_d / \sigma_{rd} &= 0.52 < 1.00 \quad \text{*** Nachweis erfüllt ***}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Nachweis Querkraft:} \quad \text{vorh. } \tau_d &= 0.20 \text{ N/mm}^2 \\
 \tau_d / f_{v,d} &= 0.09 < 1.00 \quad \text{*** Nachweis erfüllt ***}
 \end{aligned}$$

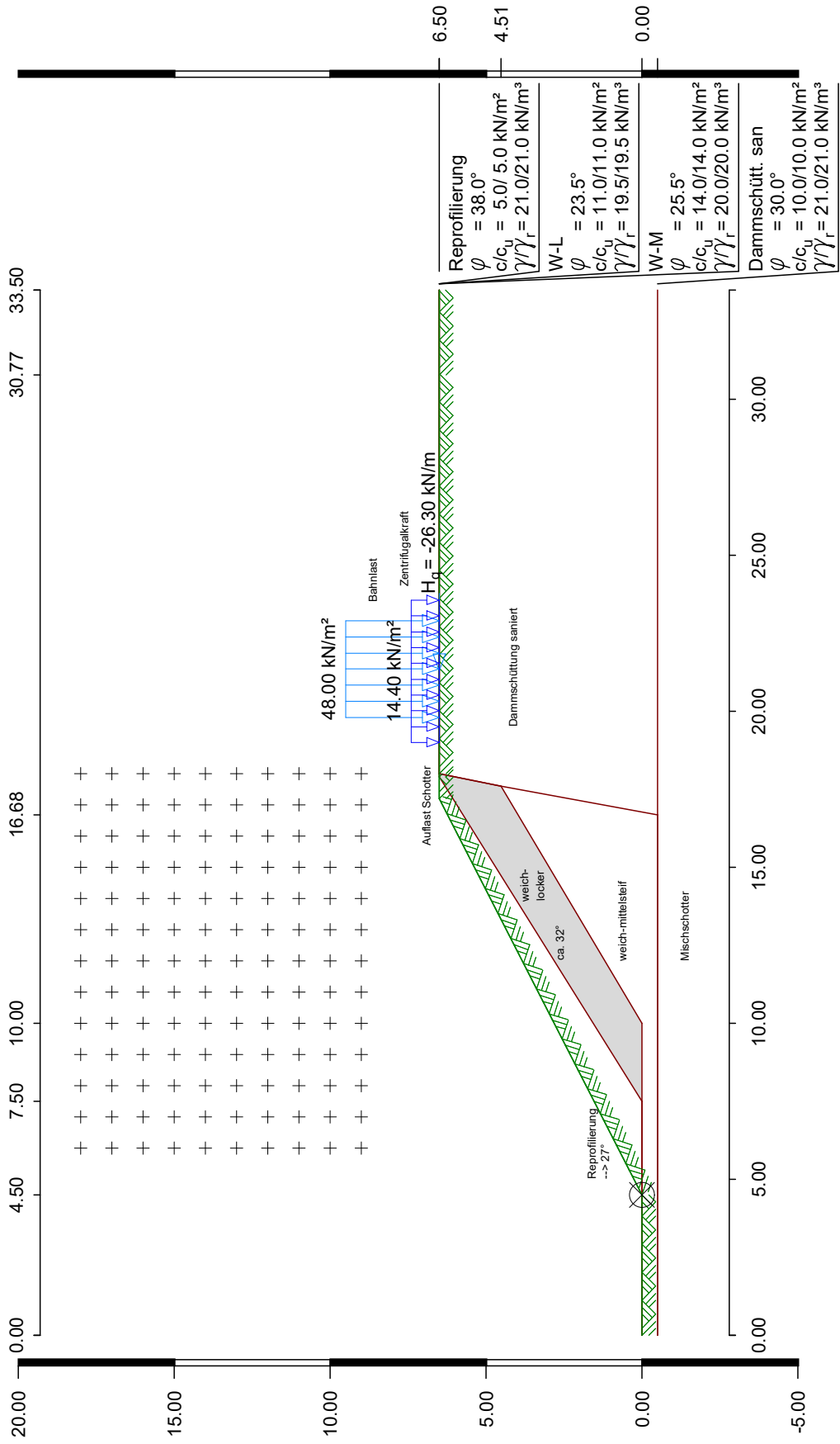
$$\begin{aligned}
 \text{Auflagerbreite:} &0.03 \text{ m} \\
 \text{Auflagerpressung: } \sigma_p &= 0.33 \text{ N/mm}^2 < \text{zul. } \sigma_p = 1.47 \quad \text{*** Nachweis erfüllt ***}
 \end{aligned}$$

$$\text{Durchbiegung:} \quad 14.8 \text{ mm}$$

**Zusammenfassung**

Alle Nachweise sind erfüllt

Beilage 3



\*\*\* Warnung: Festpunkt vorgegeben, es erfolgt keine Radius-Iteration

Eingabedatei: K:\RIIVA-TuK\1054.318 SBB Dammsanierung Böckten\

08.Bearb\_Rapp\8.530 Berechnungen\DC\03\_Reprofilierung\Stand 02\_VP\_20210830\Böckten\_San\_Reprof-27\_H6.5m\_mLasten\_V002.dbb

## Berechnung nach: SIA 267

Schichtdaten		Reprofilierung Dammschütt . san	W-L Mischschotter	W-M
Innere Reibung $\text{cal } \phi'$	[Grad]	38.00 30.00	23.50 31.00	25.50
Kohäsion $\text{cal } c'$	[kN/m <sup>2</sup> ]	5.0 10.0	11.0 0.0	14.0
Kohäsion undrainiert $c_u$	[kN/m <sup>2</sup> ]	5.0 10.0	11.0 0.0	14.0
Wichte Boden	[kN/m <sup>3</sup> ]	21.0 21.0	19.5 20.5	20.0
Wichte wassergesättigt	[kN/m <sup>3</sup> ]	21.0 21.0	19.5 20.5	20.0
Wichte unter Auftrieb	[kN/m <sup>3</sup> ]	11.0 11.0	9.5 10.5	10.0

### Geländeverlauf und Schichten

x [m]		0.00	4.50	7.50	10.00	16.68
		17.20	17.60	17.90	18.00	30.77
		33.50				
z Gelände		0.00	0.00	1.54	2.81	6.23
		6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
		6.50				
z Schicht	Reprofilierung	0.00	0.00	0.00	1.56	5.74
		6.06	6.31	6.50	6.50	6.50
		6.50				
z Schicht	W-L	0.00	0.00	0.00	0.00	3.96
		4.28	4.51	6.00	6.50	6.50
		6.50				
z Schicht	W-M	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
		2.34	4.51	6.00	6.50	6.50
		6.50				
z Schicht	Dammschütt . san	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
		-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50
		-0.50				
z Schicht	Mischschotter	-1000.00	-1000.00	-1000.00	-1000.00	-1000.00
		-1000.00	-1000.00	-1000.00	-1000.00	-1000.00
		-1000.00				

### Einzellasten

Alle Lasten beziehen sich auf 1 m Länge

Lastfall	H*	V*	M*	x*	z*	$\gamma$	$\psi$
1 Q	-26.3	0.0	0.0	21.30	6.50	1.25	1.00

### Streckenlasten

Lastfall	q	$x_A$	$x_E$	$z_Q$	$\gamma$	$\psi$
1 G	14.4	19.0	23.6	6.50	1.00	1.00
Q	48.0	19.8	22.9	6.50	1.25	1.00

### Lamellenbreiten

Von x [m] bis x [m] Breite [m]  
-10000.00 10000.00 1.00

### Teilsicherheitsbeiwerte (GEO) für GZ T.3

$\gamma^-$	G	Q	W	E	$\varphi$	c	$c_u$	$R_a$	$R_b$	R
	1.00	1.30	1.00	1.00	1.20	1.50	1.50	1.40	1.40	1.20

$\gamma^-$  Teilsicherheitsbeiwert für...

G Ständige Lasten

Q Veränderliche Lasten

W Wasserdruck

E Erdbeben

$\varphi$  Reibungsbeiwert  $\tan(\varphi)$

c Kohäsion c

$c_u$  Kohäsion undränirt  $c_u$

$R_a$  Anker

$R_b$  Bauteile

R Partialfaktor Widerstände

### Bestimmung der Sicherheit nach Krey-Bishop

Raster mit x von 6.00 m bis 18.50 m, z von 9.00 m bis 18.00 m

$\Delta x = 1.00$  m,  $\Delta z = 1.00$  m,

Festpunkt:  $x_F = 4.50$  m,  $z_F = 0.00$  m

### Lastfall 1

Gleitkörper von x = 4.50 bis 22.85 m

Gleitkreis:  $x_M = 8.94$  m,  $z_M = 16.63$  m, R = 17.21 m

### Bestimmung der Lamellen-Anteile

$x_M$	Breite b	Eigen- gewicht	Auflast	Wasser- auflast	$\varphi$	c	$\vartheta$
[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[Grad]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[Grad]
4.75	0.50	1.98	0.00	0.00	25.50	14.0	-14.08
5.50	1.00	15.37	0.00	0.00	25.50	14.0	-11.52
6.50	1.00	29.59	0.00	0.00	25.50	14.0	-8.14
7.50	1.00	42.52	0.00	0.00	31.00	0.0	-4.79
8.50	1.00	53.55	0.00	0.00	31.00	0.0	-1.46
9.50	1.00	63.28	0.00	0.00	31.00	0.0	1.87
10.50	1.00	71.98	0.00	0.00	31.00	0.0	5.21
11.50	1.00	79.66	0.00	0.00	25.50	14.0	8.56
12.50	1.00	86.15	0.00	0.00	25.50	14.0	11.95
13.50	1.00	91.39	0.00	0.00	25.50	14.0	15.38
14.50	1.00	95.33	0.00	0.00	25.50	14.0	18.86
15.50	1.00	97.90	0.00	0.00	25.50	14.0	22.42
16.50	1.00	99.01	0.00	0.00	25.50	14.0	26.07
17.50	1.00	97.48	0.00	0.00	30.00	10.0	29.84
18.50	1.00	87.65	0.00	0.00	30.00	10.0	33.76
19.50	1.00	72.48	26.40	0.00	30.00	10.0	37.87
20.50	1.00	54.80	74.40	0.00	30.00	10.0	42.22
21.50	1.00	34.07	74.40	0.00	30.00	10.0	46.89
22.43	0.85	9.80	63.26	0.00	30.00	10.0	51.61
$x_M$						$R \cdot T_i$	$R \cdot G^*$
[m]						[kNm/m]	sin( $\vartheta$ ) [kNm/m]
4.75						88.79	-8.29
5.50						244.27	-52.85
6.50						322.48	-72.13
7.50						318.70	-61.12



$x_M$	$R \cdot T_i$	$R \cdot G^* \sin(\varphi)$
[m]	[kNm/m]	[kNm/m]
8.50	389.16	-23.43
9.50	447.85	35.60
10.50	497.97	112.46
11.50	563.39	204.13
12.50	592.70	306.89
13.50	616.84	416.96
14.50	635.98	530.28
15.50	650.09	642.46
16.50	659.07	748.78
17.50	705.88	834.65
18.50	649.71	838.18
19.50	732.53	1044.38
20.50	950.18	1493.82
21.50	837.86	1362.61
22.43	604.29	985.45

Summen:

10507.74

9338.83

**Wirksame Einzellasten (Verkehr)**

H	V	M	Hebelarm H	Hebelarm V	$M_{rückh.}$	$M_{abtr.}$
[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[m]	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]
-32.88	0.00	0.00	-10.13	0.00	0.00	332.86

Einwirkungen  $E_d = 9671.69 \text{ kN}$

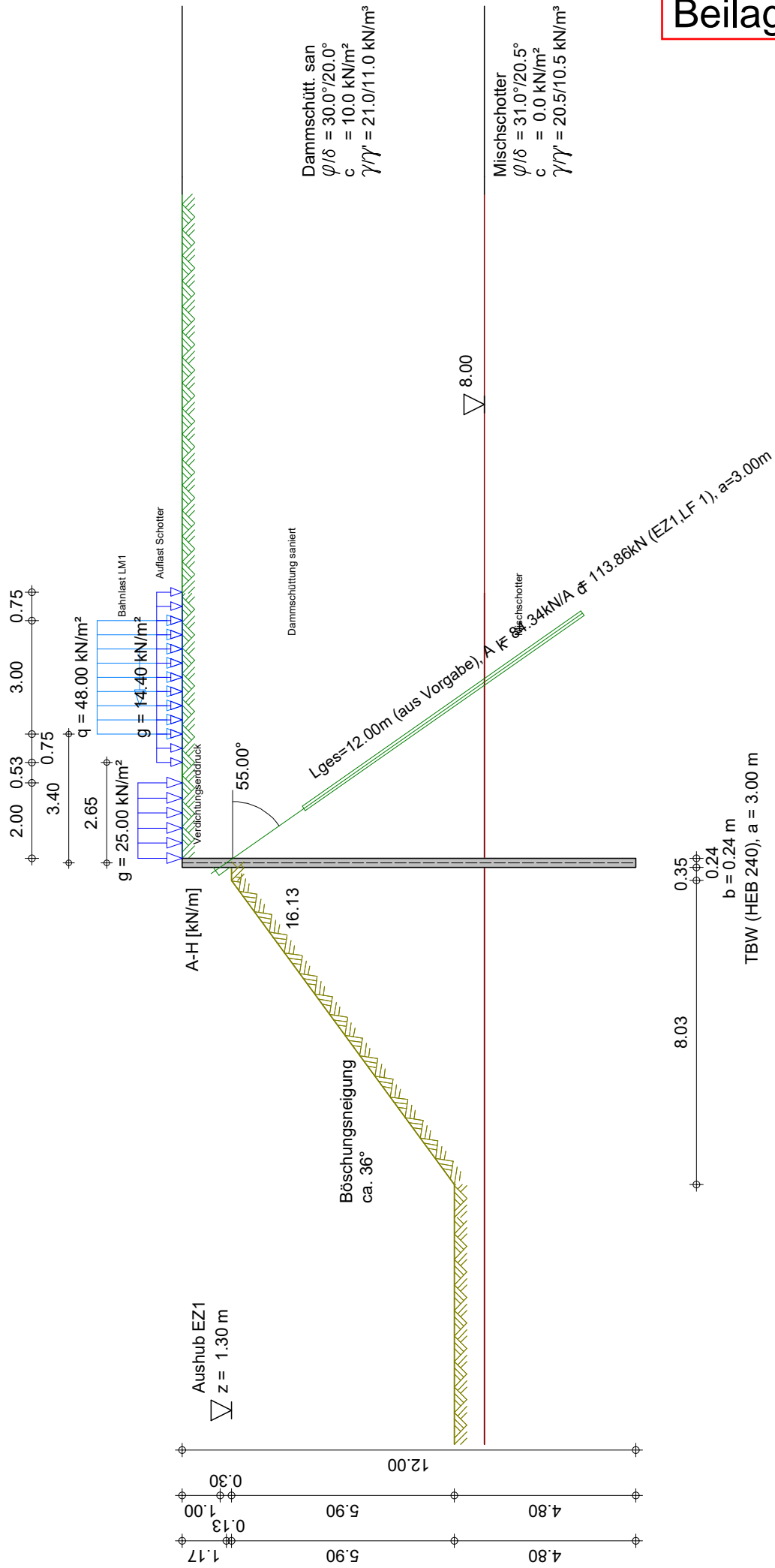
Widerstände  $R_d = 10507.74 \text{ kN}$

$E_d/R_d = 0.92 < 1.0$

\*\*\* Nachweis erfüllt \*\*\*



Beilage 4



Seite	1
Übersicht	
Maßstab	: 1: 150

Eingabedatei: K:\RIIVA-TuK\1054.318 SBB Dammsanierung Böckten\

08.Bearb\_Rapp\8.530 Berechnungen\DC\02\_Kopfbalken\Böckten\_San\_Kopfbalken\_H7.2\_Betrieb\_V003.dbw

## Berechnung nach SIA 267

### Systemwerte

Wandkopf frei beweglich

Erhöhter aktiver Erddruck, Ruhedruckanteil: 50.00 %

Nichtbindiger Boden

Geländeoberkante auf 0.00 m

Grundwasserstand 100.00 m

Erddruckbeiwerte nach SIA 261

### Wandaufbau

Abs.	Wandtyp	$x_1$ [m]	$z_1$ [m]	$E$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$A$ [cm <sup>2</sup> /lfm]	$g$ [kN/m <sup>3</sup> ]
	Profilbez.	$x_2$ [m]	$z_2$ [m]	$I$ [cm <sup>4</sup> /lfm]	$d$ [cm]	
		$a$ [m]	$b$ [m]	$EI$ [MN*m <sup>2</sup> ]		
1	Trägerbohlwand	0.00	0.00	210000.00	35.30	78.50
	HEB 240	0.00	12.00	3.7533E+03	24.00	
		3.00	0.24	7.88		

### Erdschichtwerte

Schichthöhe	$h$	[m]
Innere Reibung	$\varphi'$	[Grad]
Wandreib. aktiv	$\delta_a$	[Grad]
Wandreib. pass.	$\delta_p$	[Grad]
Kohäsion aktiv	$c_a'$	[kN/m <sup>2</sup> ]
Kohäsion passiv	$c_p'$	[kN/m <sup>2</sup> ]
Wichte Boden		[kN/m <sup>3</sup> ]
Wichte unter Auftrieb		[kN/m <sup>3</sup> ]
Mantelreibung		[MN/m <sup>2</sup> ]
Spitzendruck		[MN/m <sup>2</sup> ]

### Dammschütt

. san

8.00

30.00

20.00

-15.00

10.0

10.0

21.0

11.0

0.03

0.40

### Mischschotter

92.00

31.00

20.50

-15.50

0.0

0.0

20.5

10.5

0.10

1.00

### Erddruckbeiwerte

Erddruckbeiwert	$K_{agh}$	(aktiv)	0.279	0.268
Erddruckbeiwert	$K_0$	(Ruhe-)	0.500	0.485
Angesetzt: 50% $K_{agh}$ + 50% $K_0$			0.390	0.376
Konzentrationsfaktor nach Fröhlich $n = 4$				
Kohäsionsbeiwert	$K_{ach}$	(aktiv)	1.057	0.000
Erdwid. Beiwert	$K_{pgh}$	(passiv)	4.807	5.160
Koh.wid.Beiwert	$K_{pch}$	(passiv)	4.385	0.000

### Wand- und Auflasten in globalen Koordinaten

Alle Lasten und Schnittkräfte beziehen sich auf 1 m Wandbreite

### Streckenlasten auf das Gelände

Fliehkraft  $p_H$  [kN/m] und Seitenstoß  $S$  [kN] für Eisenbahnlasten

LF-Name	$q$	$x_A$	$x_E$	$z_Q$	Typ	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\psi$
					$p_H$	$S$		
1	G	14.40	2.65	7.15	0.00	0		
	G	25.00	0.12	2.12	0.00	0		
	Q	48.00	3.40	6.40	0.00	7	1.45	1.25
					26.30	133.00		

(G = ständig, Q = veränderlich, B = aus Bodeneigengewicht)

Ansatz der Blocklasten:

0 = Standard: als Rechteck/Trapez/Dreieck

7 = als Rechteck/Trapez/Dreieck, wie bei aktivem Erddruck

**Teilsicherheitsbeiwerte für GZ T.1 (hydr.Grundbruch)**

$\gamma^-$	G,sup	G,inf
	1.600	0.900

Ermittlung der Wandlänge

**Teilsicherheitsbeiwerte für GZ T.2**

$\gamma^-$	G	E0g	W	L	Ol	Q	Qv		
	1.350	1.350	1.200	1.350	1.350	1.500	1.450		
$\gamma^-$	Ep	Wg	$\gamma$	$\varphi$	c	cu	R,h	b	s
	1.400	0.900	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.300	1.300

Ermittlung der Schnittgrößen mit gleichen Beiwerten wie  
Ermittlung der Wandlänge

Ermittlung der Verformungen  
mit charakteristischen Werten (GZG)

Ermittlung der Ankerlängen mit gleichen Beiwerten wie  
Ermittlung der Wandlänge

$\gamma^-$	Teilsicherheitsbeiwert für...
G,sup	Strömungsdruck (ungünstiger Untergrund)
G,inf	günstige ständige Einwirkungen
G	Erddruck aus Bodeneigengewicht (außer Ruhedruck)
E0g	Erdruhedruck aus Bodeneigengewicht und ständigen Auflasten
W	ungünstig wirkenden Wasserdruck
L	Erddruck aus ständigen Lasten (außer Ruhedruck)
Ol	Ständige Lasten bei Erdruhedruck
Q	Einwirkungen aus Verkehrslasten
Qv	Einwirkungen aus Bahnverkehrslasten
Ep	Erdwiderstand
Wg	günstig wirkenden Wasserdruck
$\gamma$	spezifisches Gewicht
$\varphi$	Reibungsbeiwert $\tan(\varphi)$
c	Kohäsion c
cu	Kohäsion undränirt
R,h	Gleitwiderstand
b	Spitzendruck
s	Mantelreibung

**Lastfall 1**

**Erddruckverlauf (char.) ohne Umlagerung [kN/m²]**

Tiefe z	Summe- $e_v$	$e_h$ -Summe	$e_h$ -Boden+Großfl.	$e_h$ -Auflast
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
0.00	0.000	6.985	0.000	6.985
0.00	0.000	6.985	0.000	6.985
0.65	0.980	11.732	4.747	6.985
1.46	2.672	17.721	10.736	6.985
1.46	2.672	20.682	10.736	9.946
1.80	3.715	23.189	13.243	9.946
1.89	4.011	23.865	13.919	9.946
1.89	4.011	37.074	13.919	23.155
2.96	10.504	44.936	21.780	23.155
2.96	10.504	37.951	21.780	16.171
6.34	32.457	62.780	46.609	16.171
8.00	46.846	76.353	60.183	16.171

Tiefe z	Summe-e <sub>v</sub>	e <sub>n</sub> -Summe	e <sub>n</sub> -Boden+Großfl.	e <sub>n</sub> -Auflast
8.00	46.846	79.413	63.243	16.171
9.34	63.041	89.722	73.551	16.171
9.34	63.041	76.513	73.551	2.961
10.47	75.468	85.292	82.330	2.961
10.47	75.468	82.330	82.330	0.000
12.00	93.387	94.111	94.111	0.000
12.00	93.387	94.111	94.111	0.000
100.00	5170.980	773.216	773.216	0.000
100.00	5170.980	773.216	773.216	0.000

\*\*\* Hinweis:      Im Bereich kohäsiver Schichten wurde nach EB 4.3 aktiver  
                          Mindesterddruck mit  $K_{agh} = 0.20$  berücksichtigt

## Aushub Nr. EZ1

Wand 1-fach gestützt  
Wandfuß frei verschieblich

Negativer Erddruck wirkt mit auf das statische System

Berechneter Grenzzustand für die Wandlänge: nach GZ Typ 2

Umlagerungsfigur: Trapez mit Maximum von 1.17 m bis 1.17 m,  
ohne Umlagerung von begrenzten Auflasten  
Umlagerung bis zur Baugrubensohle

Berne vor der Wand:  $x_1 = 0.35$  m,  $x_2 = 8.38$  m,  $dh = 5.90$  m

\*\*\* Hinweis: Die Böschung vor der Wand wird abgeflacht,  $\varphi = 30.0$  Grad  
 $x_1 = 0.00$  m,  $x_2 = 8.38$  m,  $dh = 4.84$  m  
Neu angesetzte Aushubtiefe  $z = 2.36$  m

Passiver Erddruck		char. Wert	Bemessungswert	
Tiefe z [m]		$e_{ph,k} [kN/m^2]$	Tiefe z [m]	$e_{ph,d} [kN/m^2]$
0.000		0.000	0.000	0.000
2.362		0.000	2.362	0.000
2.362		-17.338	2.362	-12.384
7.200		-93.692	2.963	-19.165
7.785		-102.928	6.341	-57.243
8.000		-124.606	7.200	-66.923
8.000		-113.150	7.785	-73.520
8.307		-119.165	8.000	-89.004
12.000		-509.805	8.000	-80.822
			8.307	-85.118
			9.336	-162.850
			10.473	-248.805
			12.000	-364.147
Summe $E_{ph,k} =$		-1547.608 kN/m	Summe $E_{ph,d} =$	-1105.434 kN/m

Gesamtlänge der Wand: 12.00 m, Einbindetiefe  $t = 9.64$  m

Aushubtiefe  $z = 2.36$  m, Wasserstand = 100.00 m

Fußstützkraft:  $E_d = 691.64$  kN  $\leq R_d = 1105.43$  kN

Angriffspunkt = 9.42 m

### Nachweis nach Weißenbach je m Wandbreite ohne Böschung in der Baugrube

$B_0 = 0.240$  m,  $BSR = 2.760$  m,  $BSK = 2.760$  m,  $KR = 5.57$ ,  $KK = 2.80$

$B_0$  kleiner als  $0.3T = 2.891$  m,

$R_k = 1642.06$  kN

$BL = A - B_0 = 2.76$  m kleiner als Einbindetiefe,

$R_k = 3459.29$  kN

Vergl.  $E_{ph} = -5141.765$  kN/m (ohne Böschung)

Erdwiderstand bei  $\gamma_{Ep} / 0.800 = 1.750$  mit Böschung i.d. Baugrube:

$R_d = 1642.06 / 1.75 * 1547.61 / 5141.77 = 282.42$  kN,  $E_d = -1.13$  kN

### Erddruckverlauf (char.) nach Umlagerung [kN/m²]

Tiefe z	Summe- $e_v$	$e_h$ -Summe	LF-Name 1 $e_h$ -Boden+Großfl	$e_h$ -Auflast
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
0.00	0.000	6.985	0.000	6.985
1.17	2.068	16.532	9.548	6.985
1.17	2.070	16.532	9.548	6.985
1.30	2.298	6.985	0.000	6.985
1.30	2.298	16.540	9.555	6.985
1.46	2.672	17.721	10.736	6.985
1.46	2.672	20.682	10.736	9.946
1.89	4.011	23.865	13.919	9.946

Tiefe z	Summe-e <sub>v</sub>	e <sub>n</sub> -Summe	e <sub>n</sub> -Boden+Großfl	e <sub>n</sub> -Auflast
1.89	4.011	37.074	13.919	23.155
2.36	6.745	40.515	17.359	23.155
2.36	6.745	40.515	17.359	23.155
2.96	10.504	44.936	21.780	23.155
2.96	10.504	37.951	21.780	16.171
6.34	32.457	62.780	46.609	16.171
7.20	46.846	69.807	53.636	16.171
7.20	46.846	69.807	53.636	16.171
7.79	62.611	74.596	58.425	16.171
8.00	62.611	76.353	60.183	16.171
8.00	77.444	79.413	63.243	16.171
8.31	77.444	81.783	65.612	16.171
9.34	99.977	89.722	73.551	16.171
9.34	99.977	76.513	73.551	2.961
10.47	5226.286	85.292	82.330	2.961
10.47	5226.286	82.330	82.330	0.000
12.00	5226.286	94.111	94.111	0.000

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

### Belastung und Schnittgrößen der Baugrubenwand

Schnittgrößen nach GZ Typ 2

Charakteristische Verformungen

Alle Werte je m Wand, bezogen auf die Schwerachse

Tiefe z [m]	H-Druck h [kN/m]	Verform. w [mm]	Moment M [kNm]	Querkraft Q [kN]	A-H [kN]	Fed.konst. [kN/mm]
0.000	9.43	3.7	0.00	0.00		
1.170	22.32	0.6	-9.39	-18.57		
1.171	22.32	0.6	-9.41	-18.59		
		0.6		3.17	21.77	A
1.300	9.43	0.3	-9.15	1.13		
1.300	0.00					
1.461	0.00	-0.1	-8.97	1.13		
1.894	0.00	-1.0	-8.48	1.13		
2.362	0.00	-1.8	-7.96	1.13		
2.963	0.00	-2.6	-7.28	1.13		
6.341	0.00	-3.0	-3.47	1.13		
7.200	0.00	-2.3	-2.50	1.13		
7.785	0.00	-1.8	-1.84	1.13		
7.802	0.00	-1.8	-1.82	1.13		
8.000	0.00	-1.6	-1.60	1.13		
8.307	0.00	-1.2	-1.25	1.13		
9.336	0.00	-0.1	-0.09	1.13		
9.424	0.00	0.0	0.01	1.13		
		0.0		-0.01	-1.14	E
10.473	0.00	1.2	0.00	0.00		
12.000	0.00	2.9	0.00	0.00		

Bedeutung: M=max/min-M (Q=0), A=Anker oder Abstützung, B=Bettungsfeder  
E=Erdaulager

Aushub Nr. EZ1	maxM	0.01	zugQ	1.13,	maxQ	3.17	zugM	-9.41
	minM	-9.41	zugQ	-18.59,	minQ	-18.59	zugM	-9.41
	maxw	3.7 mm						

### Längsbelastung der Baugrubenwand

Tiefe z [m]	Längsbel. n [kN/m]	Normalkraft N [kN]
0.000	2.09	0.00



Tiefe z [m]	Längsbel. n [kN/m]	Normalkraft N [kN]
1.170	3.43	-3.23
1.171	3.43	-3.23
		-34.32
1.300	2.09	-34.68
1.300	0.37	-34.68
1.461	0.37	-34.74
1.894	0.37	-34.90
2.362	0.37	-35.08
2.963	0.37	-35.30
6.341	0.37	-36.56
7.200	0.37	-36.89
7.785	0.37	-37.10
7.802	0.37	-37.11
8.000	0.37	-37.18
8.307	0.37	-37.30
9.336	0.37	-37.68
9.424	0.37	-37.72
10.473	0.37	-38.11
12.000	0.37	-38.68

#### Gleichgewicht der H- und V-Kräfte

(Bemessungswerte inkl. Sicherheitsbeiwerte)

	von z	bis z	H-Komponente	V-Komponente	[kN/m]
Erddruck:	0.00	1.30	20.64	9.22	( $\delta_a$ )
Anker/Steifen:			-21.77	31.09	( $\alpha$ )
Summe:			-1.13	40.31	
Erddwid. Weißenbach:	2.36	12.00	1.13		
(maßg. Reibungsanteil:			0.30)	-0.08	( $\delta_p$ )
(maßg. Kohäsionsanteil:			0.06)	-0.02	( $\delta_p$ )
Wandeingengewicht:				4.49	
Gesamtsumme (mit Wandgewicht):			0.00	44.70	(nach unten)

#### Nachweis der Vertikalkomp. des mobilisierten Erdwiderstandes (EAB,EB 9)

Einwirkungen:	$V_k$ [kN/m]	
Erddruck:	6.74	( $\delta_a$ )
Anker/Steifen:	23.03	( $\alpha$ )
Wandeingengewicht:	3.33	
Summe:	33.10	
Erdwiderstand:	( $B_v$ )	0.07

Nachweis:  $V_k = 33.10 \text{ kN/m} \geq B_{vk} = 0.07 \text{ kN/m}$

\*\*\* Nachweis erfüllt \*\*\*

#### Nachweis der Abtragung von Vertikalkräften in den Untergrund (EAB,EB 84)

Einwirkungen:	$V_d$ [kN/m]	
Erddruck:	9.22	( $\delta_a$ )
Anker/Steifen:	31.09	( $\alpha$ )
Wandeingengewicht:	4.49	
Summe:	44.80	

Widerstände:	$R_d$ [kN/m]	
Fußfläche für Spitzendruck (cm²/m):	192.0	
Spitzendruck:	14.77	
Mantelreibung:	175.12	
Summe:	189.89	

Nachweis:  $V_d = 44.80 \text{ kN/m} \leq R_d = 189.89 \text{ kN/m}$

\*\*\* Nachweis erfüllt \*\*\*

### Ankerlängenermittlung - Nachweis in der tiefen Gleitfuge

nach Grenzzustand Typ 2

Nachweis für ständige Lasten

\*\*\* Hinweis: Lasten vor der Blockgrenze 1 wurden wirksam

\*\*\* Hinweis: Lasten vor der Ersatzankerwand wurden wirksam

Protokoll der 1 Anker in der Aushubphase EZ1 mit Fußpunkt 12.00 m

Anker	Lage [m]	Neigung [Grad]	Kraft [kN/m]	min.Länge [m]	erf.Länge [m]	$A_{hd}$ [kN/m]	$R_{ahd}$ [kN/m]	Ausn.
1	1.17	55.00	38.0	7.00	7.00	21.8	174.3	0.12

Ansatz der Erddruckneigung  $\delta = \text{Geländeneigung } \beta (\leq \varphi_1)$

### Ankerlängenermittlung - Nachweis in der tiefen Gleitfuge

nach Grenzzustand Typ 2

Nachweis für Gesamtlasten

\*\*\* Hinweis: Lasten vor der Blockgrenze 1 wurden wirksam

\*\*\* Hinweis: Lasten vor der Ersatzankerwand wurden wirksam

Protokoll der 1 Anker in der Aushubphase EZ1 mit Fußpunkt 12.00 m

Anker	Lage [m]	Neigung [Grad]	Kraft [kN/m]	min.Länge [m]	erf.Länge [m]	$A_{hd}$ [kN/m]	$R_{ahd}$ [kN/m]	Ausn.
1	1.17	55.00	38.0	7.00	7.00	21.8	158.6	0.14

Ansatz der Erddruckneigung  $\delta = \text{Geländeneigung } \beta (\leq \varphi_1)$

Zusammenstellung der Ankerkräfte in Aushubphase EZ1

Anker	charakteristische Werte				Bemessungswerte			
	G	Q	W	Gesamt	G	Q	W	Gesamt
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	28.1	0.0	0.0	28.1	38.0	0.0	0.0	38.0

### Maßgebende Ankernachweise

Nachweis für ständige Lasten

### Ankerlage A 1

Maximallänge von A 1 in Aushubphase EZ1 erreicht

Wandhöhe insgesamt	[m]	12.00	Alle Angaben beziehen sich auf 1 m Wandbreite, Ankerhöhen in Mitte Wand
Wanddicke	[m]	0.24	
Ansatzhöhe des Ankers	[m]	1.17	
Neigung des Ankers	[Grad]	55.00	
Ankerkraft $A_d$	[kN/m]	37.95	

Ankerlänge von Mitte Wand bis Mitte Verpresskörper	L = 7.00 [m]
Gesamtlänge des Ankers mit Überstand	$L_{ges} = 12.00 \text{ [m]}$

Horizontale Länge	[m]	4.02
Anstieg der Gleitfuge	[m]	5.09
Neigung $\vartheta$	[Grad]	52.60
$A_{hd} = 21.8 \leq R_{ahd} = 174.3$	[kN/m]	

Anzahl der Gleitlinien : 1  
 Koordinaten der Gleitlinien ab Wand-Hinterkante:  
 von Punkt x[m]/z[m] nach Punkt x[m]/z[m]  
 0.00/12.00 3.90/ 6.91

### Maßgebende Ankernachweise

Nachweis für Gesamtlasten

#### Ankerlage A 1

Maximallänge von A 1 in Aushubphase EZ1 erreicht

Wandhöhe insgesamt	[m]	12.00	Alle Angaben beziehen sich auf 1 m Wandbreite, Ankerhöhen in Mitte Wand
Wanddicke	[m]	0.24	
Ansatzhöhe des Ankers	[m]	1.17	
Neigung des Ankers	[Grad]	55.00	
Ankerkraft $A_d$	[kN/m]	37.95	

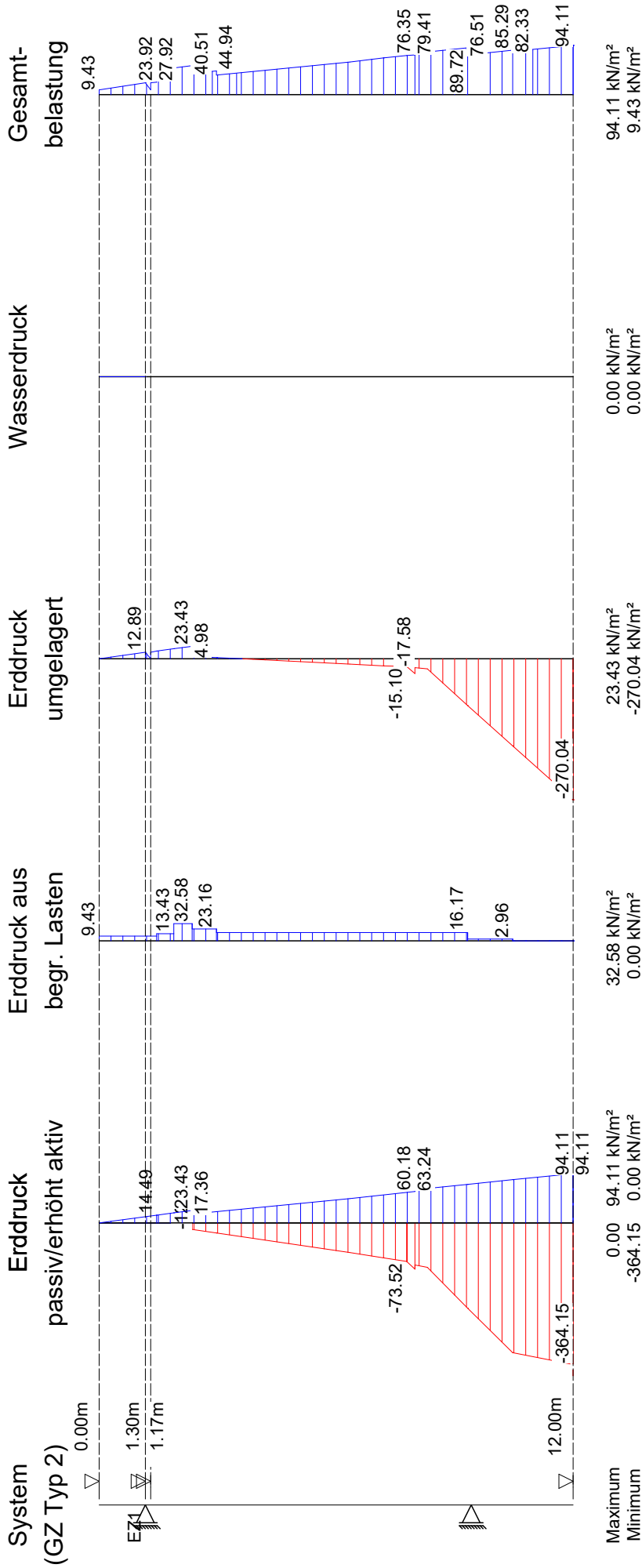
Ankerlänge von Mitte Wand bis Mitte Verpresskörper	L = 7.00 [m]
Gesamtlänge des Ankers mit Überstand	$L_{ges} = 12.00$ [m]

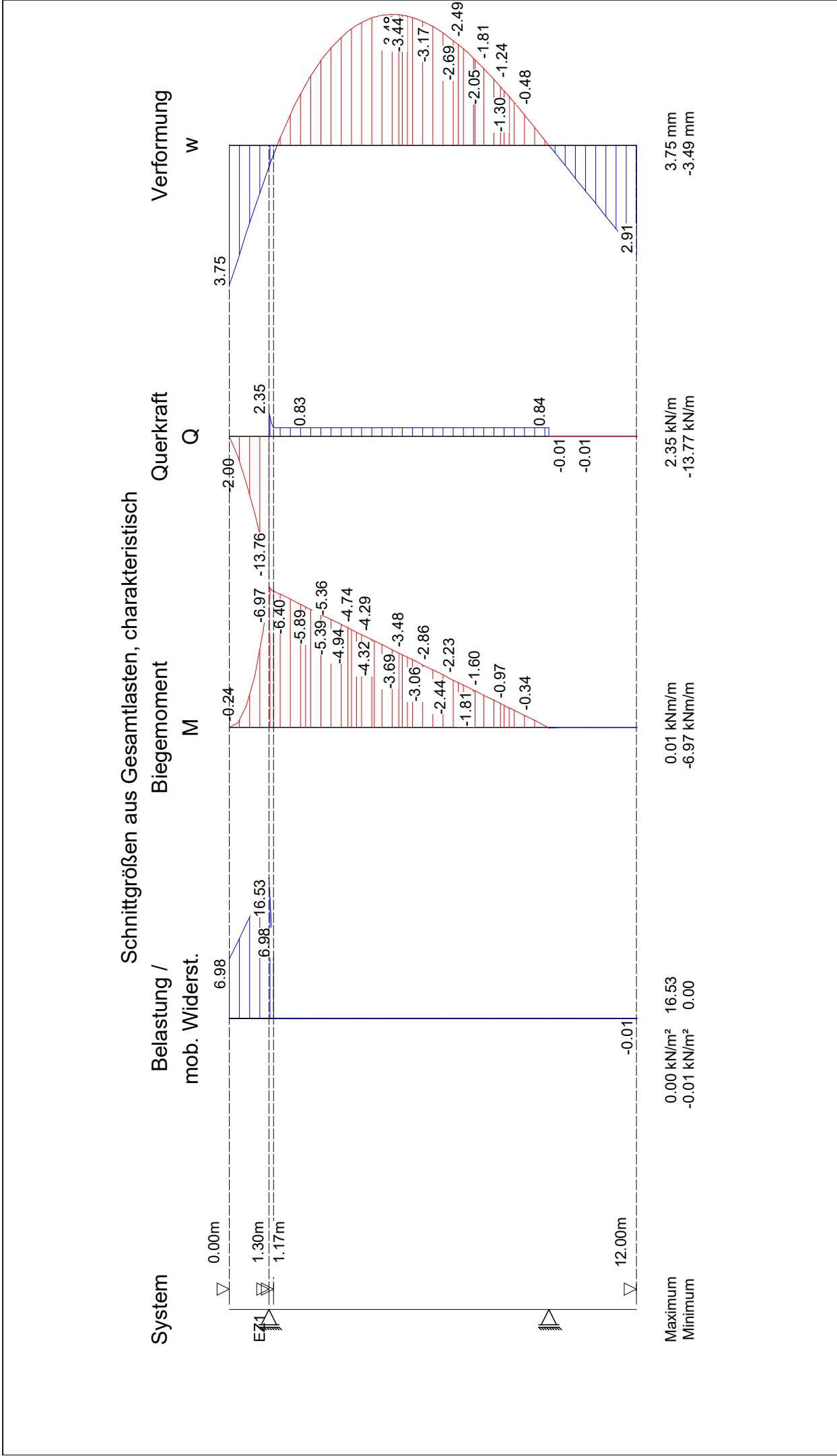
-----

Horizontale Länge	[m]	4.02
Anstieg der Gleitfuge	[m]	5.09
Neigung $\varphi$	[Grad]	52.60

$A_{hd} = 21.8 \leq R_{ahd} = 158.6$  [kN/m]  
 Anzahl der Gleitlinien : 1  
 Koordinaten der Gleitlinien ab Wand-Hinterkante:  
 von Punkt x[m]/z[m] nach Punkt x[m]/z[m]  
 0.00/12.00 3.90/ 6.91









### Lastfall 1

#### **Zusammenstellung der maßg. Ankerkräfte pro lfm Wand (Bemessungswerte)**

z	A aus	A aus NW	A	A-H
Anker	Wandberechnung	tiefe Gleitfuge	maßgebend	maßgebend
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1.17	38.0	38.0	38.0	21.8

#### **Zusammenstellung der maßg. Ankerkräfte pro lfm Wand (char. Werte)**

z	A aus	A aus NW	A	A-H
Anker	Wandberechnung	tiefe Gleitfuge	maßgebend	maßgebend
[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1.17	28.1	28.1	28.1	16.1

### Maximalwerte der Ankerkräfte aus allen Aushüben/Lastfällen

#### **Zusammenstellung der maßgebenden Ankerkräfte pro lfm Wand**

Anker	charakteristische Werte				Bemessungswerte			
	G	Q	W	Gesamt	G	Q	W	Gesamt
	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	28.1	0.0	0.0	28.1	38.0	0.0	0.0	38.0

#### **Maßgebende Bemessungswerte der Ankerkräfte pro Anker**

Anker	z	z	Neigung	Abst.	Verpr.str.	Bem.
	Vorderk.	Achse	$\alpha$	a-H	$L_{vs}$	kraft
	[m]	[m]	[°]	[m]	[m]	[kN]
1	1.00	1.17	55.00	3.00	9.00	113.9





## Geländebruch-Nachweis

### Lastfall 1 (Typ: LF 2)

Gleitkörper von  $x = -15.09$  bis  $8.25$  m

Gleitkreis:  $x_M = -4.49$  m,  $z_M = -0.12$  m,  $R = 12.74$  m

### Bestimmung der Lamellen-Anteile

$x_M$	Breite b	Eigen- gewicht	Auflast	Wasser- auflast	$\varphi$	c	$\vartheta$
[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[Grad]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[Grad]
-10.38	0.77	66.90	0.00	0.00	31.00	0.0	-27.53
-9.50	1.00	95.49	0.00	0.00	31.00	0.0	-23.13
-8.50	1.00	105.19	0.00	0.00	31.00	0.0	-18.32
-7.50	1.00	124.54	0.00	0.00	31.00	0.0	-13.64
-6.50	1.00	144.08	0.00	0.00	31.00	0.0	-9.05
-5.50	1.00	161.96	0.00	0.00	31.00	0.0	-4.52
-4.50	1.00	178.20	0.00	0.00	31.00	0.0	-0.02
-3.50	1.00	192.83	0.00	0.00	31.00	0.0	4.48
-2.50	1.00	205.84	0.00	0.00	31.00	0.0	9.01
-1.50	1.00	217.16	0.00	0.00	31.00	0.0	13.59
-0.50	1.00	198.34	0.00	0.00	31.00	0.0	18.27
0.50	1.00	216.76	22.00	0.00	31.00	0.0	23.08
1.50	1.00	236.92	25.00	0.00	31.00	0.0	28.06
2.50	1.00	224.73	8.04	0.00	31.00	0.0	33.30
3.50	1.00	209.76	50.40	0.00	31.00	0.0	38.86
4.50	1.00	191.30	74.40	0.00	31.00	0.0	44.90
5.50	1.00	168.09	74.40	0.00	31.00	0.0	51.66
6.50	1.00	137.14	38.40	0.00	30.00	10.0	59.64
7.50	1.00	90.14	2.16	0.00	30.00	10.0	70.28
8.12	0.25	8.50	0.00	0.00	30.00	10.0	82.01
$x_M$						$R \cdot T_i$	$R \cdot G^* \sin(\vartheta)$
[m]						[kNm/m]	[kNm/m]
-10.38						474.52	-394.04
-9.50						632.22	-477.94
-8.50						653.30	-421.27
-7.50						734.24	-374.23
-6.50						814.25	-288.89
-5.50						884.58	-162.77
-4.50						947.61	-0.89
-3.50						1005.08	191.87
-2.50						1058.32	410.64
-1.50						1108.42	650.41
-0.50						1011.47	792.36
0.50						1225.06	1192.61
1.50						1362.66	1570.22
2.50						1239.24	1628.25
3.50						1433.68	2079.94
4.50						1539.38	2390.00
5.50						1511.53	2423.68
6.50						1287.72	1930.07
7.50						895.20	1107.09
8.12						144.67	107.27

Summen:

19963.14

14354.36

Einfluss von Bauwerken

Gewicht	Hebelarm	$\varphi$	$\vartheta$	$M_{rückh.}$	$M_{abtr.}$
[kN/m]	[m]	[Grad]	[Grad]	[kNm/m]	[kNm/m]
3.33	4.49	26.60	20.66	16.99	14.95

Ansatz des Erdwiderstands bei x = -10.77 m:

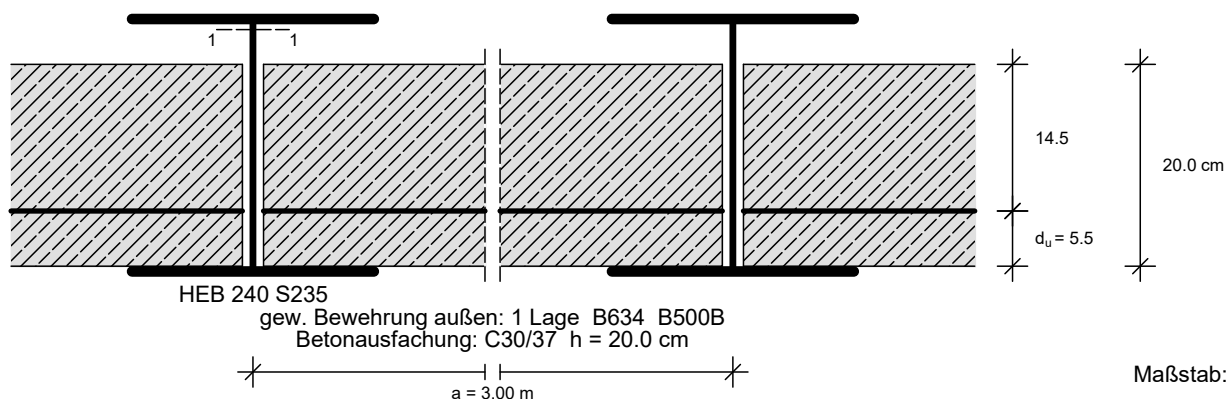
Kraft $E_p$	Hebelarm	Wasserdruck W	Hebelarm	$M_{rückh.}$	$M_{abtr.}$
[kN/m]	[m]	[kN/m]	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]
453.40	9.67	0.00	0.00	4382.42	0.00

Kohäsionskraft im senkr. Bereich

	Hebelarm	$M_{rückh.}$
[kN/m]	[m]	[kNm/m]
0.69	12.74	8.85

Einwirkungen  $E_d = 14369.31$  kN  
 Widerstände  $R_d = 24371.40$  kN

$E_d/R_d = 0.59 < 1.0$  \*\*\* Nachweis erfüllt \*\*\*

**Bemessung der Rühlwand (bis 12.00 m)****Maßgebende Schnittgrößen (je Träger):**

Sicherheitsbeiwerte

für Lasten:  $\gamma_F$  nach GZ Typ 2  
 für Widerstände:  $\gamma_M = 1.05$

**Bemessungsschnittgrößen**

maßgebendes Moment max.  $M_d = 0.00$  kNm im Aushub EZ1  
 zug.  $N_d = -115.76$  kN  
 $V_d = 0.00$  kN  
 bei  $z = 11.75$  m  
 maßgebendes Moment min.  $M_d = -28.24$  kNm im Aushub EZ1  
 zug.  $N_d = -102.97$  kN  
 $V_d = 9.52$  kN  
 bei  $z = 1.17$  m  
 maßgebende Querkraft max.  $V_d = 55.78$  kN im Aushub EZ1  
 zug.  $M_d = -28.24$  kNm  
 zug.  $N_d = -9.70$  kN  
 bei  $z = 1.17$  m

**Gewähltes Profil: HEB 240, Stahlsorte: S235**

Querschnittswerte des Trägers:

Gewicht = 83.20 kg/m  
 $W_y = 938.00$  cm<sup>3</sup>  
 $A = 105.90$  cm<sup>2</sup>  
 $A_{Schub} = 22.30$  cm<sup>2</sup>  
 $EI = 23.65$  MNm<sup>2</sup>

Streckgrenze  $f_{yk} = 235.00$  MN/m<sup>2</sup>

Widerstände:

Randspannung  $\sigma_{rd} = 223.81$  MN/m<sup>2</sup>  
 Schubspannung  $\tau_{rd} = 129.22$  MN/m<sup>2</sup>  
 Vergleichsspannung  $\sigma_{Vrd} = 223.81$  MN/m<sup>2</sup>

**Nachweise nach SIA 263:**

Bemessung elastisch-elastisch

Biegespannung [MN/m <sup>2</sup> ]:	$\sigma_d$	=	$\sigma_{Nd}$	+	$\sigma_{Md}$	$\sigma_d/\sigma_{rd}$	NW ok
max. M (z = 11.75)	10.93	=	10.93	+	0.00	0.05	Ja
min. M (z = 1.17)	39.83	=	9.72	+	30.11	0.18	Ja
Schubspannung [MN/m <sup>2</sup> ]:	$\tau_d$					$\tau_d/\tau_{rd}$	NW ok
max. V (z = 1.17)	25.02					0.19	Ja
Vergleichsspannung [MN/m <sup>2</sup> ]:	$\sigma_{Vd}$	aus	$\sigma_d$		$\tau_d$	$\sigma_{Vd}/\sigma_{Vrd}$	NW ok
(Nachweis am Steg-Anschnitt)	50.92		26.76		25.02	0.23	Ja

**Knicknachweis nach SIA 263:**

$$\begin{aligned}
 L &= 8.25 \text{ m} & (z_1 = -1.17, z_2 = -9.42) \\
 w_0 &= \alpha \cdot (\lambda' - 0.2) \cdot W / A_k &= 1.96 \text{ cm} \\
 N_d &= -102.97 \text{ kN} \\
 M_d &= -28.24 \text{ kNm} \\
 w &= 0.06 \text{ cm} \\
 \Delta M_d &= N_d \cdot w_0 &= 2.02 \text{ kNm} \\
 w \cdot N_d &= 0.06 \text{ kNm} \\
 M_{Ed} &= M_d + \Delta M_d + w \cdot N_d &= 30.20 \text{ kNm} \\
 s_k &= 1.00 \cdot L &= 8.25 \text{ m} \\
 \lambda &= s_k / 0.103 &= 80.03 \\
 \lambda_a &= 93.91 \\
 \lambda' &= \lambda / \lambda_a &= 0.85 \\
 \text{nach SIA 263, 4.5.1.3:} & \alpha &= 0.34 \\
 \phi_k &= 0.97 \\
 \alpha &= 0.69
 \end{aligned}$$

Nachweis nach SIA 263, 4.5.3.1:

$$\begin{aligned}
 N_{kRd} &= A \cdot f_y / 1.05 &= 2370.14 \text{ kN} \\
 M_{Rd} &= W \cdot f_y / 1.05 &= 209.93 \text{ kNm} \\
 \omega &= 1.00 \\
 N_{cr} &= 3426.62 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

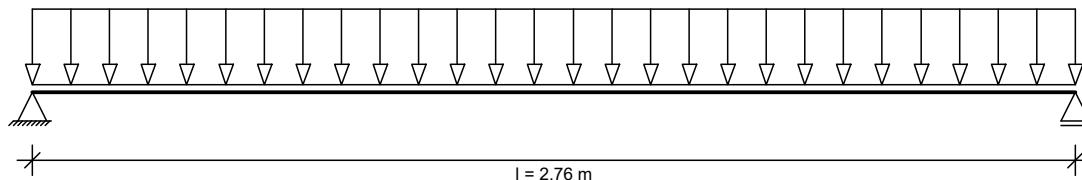
$$N_{Ed} / N_{kRd} + \omega \cdot M_{Ed} / M_{Rd} / (1 - N_{Ed} / N_{cr}) = 0.06 + 0.15 = 0.21 < 1.0 \quad \text{NW ok}$$

Ja

**Bemessung der Spritzbetonausfachung nach SIA 262**

$$\begin{aligned}
 \text{Trägerabstand } a &= 3.00 \text{ m} \\
 \text{Stützweite } l &= 2.76 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Statisches System:  
 Maßstab: 1:20

Maßgebende Belastung bei  $z = 1.17$  im Aushub EZ1 (Bemessungswerte)

$$\begin{aligned}
 \text{Belastungen aus Bodeneigengewicht + großflächigen Auflasten } g &= 12.89 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{aus blockförmigen Auflasten } p &= 9.43 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Abminderungsfaktor für } g \text{ entsprechend EB 47:} &= 1.00 \\
 \text{Multiplikationsfaktor H-Druck:} &= 1.00 \\
 \text{Maßgebende Belastung } q &= 1.00 \cdot (1.00 \cdot 12.89 + 9.43) = 22.32 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Schnittgrößen:} \quad \text{Max } M = q \cdot l^2 / 8 = 22.32 \cdot 2.76^2 / 8 = 21.25 \text{ kNm/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biegebemessung:} \quad & \text{Beton C30/37 } d = 20.00 \text{ cm } d_u = 5.50 \text{ cm} \quad \text{Bewehrung: B500B} \\
 & \text{Betondehnung} = -3.00 \text{ ‰} \quad \text{Dehnung Bewehrung} = 41.92 \text{ ‰} \\
 & \text{erf. Druckbewehrung: keine (erdseitig)}
 \end{aligned}$$

**gewählt: 1 Lage B634 = 6.34 cm<sup>2</sup>/m**

$$\text{erf. Zugbewehrung: } A_{s2} = 3.25 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ (luftseitig)}$$

**gewählt: 1 Lage B634 = 6.34 cm<sup>2</sup>/m**

**Ankerbemessung**

Ankerbezeichnung: Allspann Litzanker

Ankertyp: Litzanker, Litzendurchmesser = 0.60", Stahlgüte 1570/1770,  $f_{t,0.1,k} = 1500 \text{ N/mm}^2$ 

Ankerart: temporär

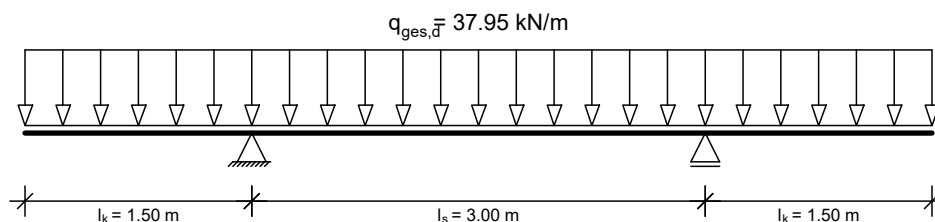
Anker	Tiefe [m]	Neigung [Grad]	$a_h$ [m]	$\gamma_M$	$A_{h,d}$ [kN/m]	$A_{vorh,d}$ [kN]	$A_{zul,d}$ [kN]	$n_L$	$L_{VS}$ [m]	Überst. [m]	$L_{ges}$ [m]	NW ok
1	1.17	55.0	3.00	1.35	21.8	113.9	162.8	1	9.00	0.50	12.00	Ja

**Nachweis des Anker-Verpresskörpers**

Anker	Tiefe [m]	Neigung [Grad]	$a_h$ [m]	$\gamma_a$	$A_{vorh,d}$ [kN]	$A_{zul,d}$ [kN]	$d_{VS}$ [m]	vorh. $L_{VS}$ [m]	erf. $L_{VS}$ [m]	Überst. [m]	$L_{ges}$ [m]	NW ok
1	1.17	55.0	3.00	1.35	113.9	122.2	0.30	5.84	5.44	0.50	12.00	Ja

Anker festgelegt in Schicht Dammschütt. san mit Mantelreibung 30.0 kN/m<sup>2</sup>, Lvs in dieser Schicht \*)

\*) Hinweis: Mindest-Überdeckung des Verpresskörpers = 3.22 m &lt; 4.00 m

**Longarinenbemessung für Ankerlage bei Tiefe = 1.17 m**

Maßstab: 1:50

Belastung: Streckenlast  $q_d = 37.95 \text{ kN/m}$   
 Neigung =  $55.00^\circ$   
 Lastfaktor = 1.00  
 Belastung  $q_{ges,d} = 1.00 \cdot 37.95 = 37.95 \text{ kN/m}$

Statisches System: Einfeldträger  
 Stützweite  $l_s = 3.00 \text{ m}$   
 Kraglängen  $l_k = 1.50 \text{ m (links)}$   
 $l_k = 1.50 \text{ m (rechts)}$

Sicherheitsbeiwerte  
 für Lasten:  $\gamma_F$  nach GZ Typ 2  
 für Widerstände:  $\gamma_M = 1.05$

Bemessungsschnittgrößen  
 Auflager:  $A_d = 113.86 \text{ kN}$   
 $V_{ld} = -56.93 \text{ kN}$   
 $V_{rd} = 56.93 \text{ kN}$   
 $M_{Ad} = -42.70 \text{ kNm}$   
 Feld:  $M_{Fd} = 0.00 \text{ kNm}$   
 Für  $\sigma_v$ :  $Q_{vd} = 56.93 \text{ kN}$   
 $M_{vd} = -42.70 \text{ kN}$

**Gewähltes Profil: HEA 160, Stahlsorte: S235**

Querschnittswerte des Trägers:

$$\begin{aligned}
 W_y &= 220.00 \text{ cm}^3 \\
 A &= 38.80 \text{ cm}^2 \\
 A_{\text{Schub}} &= 8.58 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Streckgrenze } f_{yk} = 235.00 \text{ MN/m}^2$$

Widerstände:

$$\text{Randspannung } \sigma_{rd} = 223.81 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Schubspannung } \tau_{rd} = 129.22 \text{ MN/m}^2$$

$$\text{Vergleichsspannung } \sigma_{Vrd} = 223.81 \text{ MN/m}^2$$

**Nachweise nach SIA 263:**

Bemessung elastisch-elastisch

Biegespannung [MN/m²]:	$\sigma_d$			$\sigma_d/\sigma_{rd}$	NW ok	
Feld:	0.00			0.00	Ja	
Auflager:	194.08			0.87	Ja	
Schubspannung [MN/m²]:	$\tau_d$			$\tau_d/\tau_{rd}$	NW ok	
max. V	66.35			0.51	Ja	
Vergleichsspannung [MN/m²]:	$\sigma_{Vd}$	aus	$\sigma_d$	$\tau_d$	$\sigma_{Vd}/\sigma_{Vrd}$	NW ok
(Nachweis am Steg-Anschnitt)	206.11		171.10	66.35	0.92	Ja

**Zusammenfassung**

Alle Nachweise sind erfüllt



Damm Böckten

## Mindestbewehrung Biegung quer (günstige Annahme)

$$A_{smin} = f_{ctd} \cdot b \cdot h \cdot \frac{1}{4} / f_{sd}$$

Beton	C30/37	Anforderungen beachten = $f_{sk}$	<b>B</b>
$C_{nom}$	=	0.055 [m]	Überdeckung
$b$	=	1.00 [m]	
$h$	=	0.3 [m]	
$f_{ctd}$	=	2.76 [N/mm <sup>2</sup> ]	$k_t \cdot f_{ctm}$
$f_{sd}$	=	435 [N/mm <sup>2</sup> ]	$(f_{sk}/Y_s)$
$k_t$	=	0.95 [-]	$1/(1+0.5 \cdot t/3)$
$f_{ctm}$	=	2.9 [N/mm <sup>2</sup> ]	
$f_{sk}$	=	500 [N/mm <sup>2</sup> ]	
$Y_s$	=	1.15	

$$A_{smin} = 476 \text{ [mm}^2\text{/m]} \quad \rho = 0.16\%$$

### Ein Lage in der Zugzone

Abstand s [mm]	Ø errechnet [mm]	Ø gewählt [mm]	$A_{sgew.}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$A_{smin}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$A_{sgew.} > A_{smin}$
100	8	8	503	476	i.O.
150	10	10	524	476	i.O.
200	11	12	565	476	i.O.

### Mittelwert

$$A_{smin,mittel} = 794 \text{ [mm}^2\text{/m]} \quad \rho = 0.26\%$$

Abstand s [mm]	Ø errechnet [mm]	Ø gewählt [mm]	$A_{sgew.}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$A_{smin}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$A_{sgew.} > A_{smin}$
125	11	12	905	794	i.O.
150	12	14	1026	794	i.O.
200	14	16	1005	794	i.O.

## Mindestbewehrung Längs Zug (ungünstige Annahme)

$$A_{smin} = f_{ctd} \cdot b \cdot h / f_{sd}$$

Beton	C30/37	Anforderungen beachten = $f_{sk}$	<b>B</b>
$C_{nom}$	=	0.03 [m]	Überdeckung
$b$	=	1.00 [m]	
$h$	=	0.4 [m]	
$f_{ctd}$	=	2.42 [N/mm <sup>2</sup> ]	$k_t \cdot f_{ctm}$
$f_{sd}$	=	435 [N/mm <sup>2</sup> ]	$(f_{sk}/Y_s)$
$k_t$	=	0.83 [-]	$1/(1+0.5 \cdot h)$
$f_{ctm}$	=	2.9 [N/mm <sup>2</sup> ]	
$f_{sk}$	=	500 [N/mm <sup>2</sup> ]	
$Y_s$	=	1.15	

$$A_{smin} = 2223 \text{ [mm}^2\text{/m]} \quad \rho = 0.56\%$$

### Aufteilen auf 2 Lagen

Abstand s [mm]	Ø errechnet [mm]	Ø gewählt [mm]	$A_{sgew.}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$A_{smin}/\text{Lage}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$A_{sgew.} > A_{smin}$
125	13	14	1232	1112	i.O.
150	15	16	1340	1112	i.O.
200	17	18	1272	1112	i.O.

>>> gewählt