

# Erneuerung Waldenburgerbahn

## Los 4: Hölstein bis Hirschlang

Auflageprojekt

### Statische Nachrechnung

### A-33 Stützmauer Parzelle 788

Version 2.01 | 03. Mai 2019



Projektverfasser



Astrid Börner

Bauherrschaft  
BLT Baselland Transport AG



Reto Rotzler



Peter Baumann

## **Impressum**

---

Auftragsnummer WBZU 16-4.00-001

Auftraggeber BLT Baselland Transport AG

Datum 03. Mai 2019

Version 2.01

Autor(en) Michel Tawil

Freigabe BLT

Verteiler BLT, Prüfsingenieur WMM

Datei \\NTMUTTENZ\p\701907\07\_BER\2019-05-03 Dossier PGM\Grundlagedateien\KB bestehend\202 Statische  
Nachrechnung A-33 Stützmauer Parzelle 788 20190503.docx

Seitenanzahl 19

## **Inhalt**

<b>Änderungsverzeichnis</b>	<b>iii</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>iv</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Systembeschreibung</b>	<b>1</b>
2.1 Tragsystem	1
2.2 Systemskizzen	1
<b>3 Belastungen und Einwirkungen</b>	<b>2</b>
3.1 Ständige Einwirkungen	2
3.2 Veränderliche Einwirkungen	2
3.2.1 Bahnlasten im Gleisbereich	2
3.2.2 Entgleisung	2
3.2.3 Temperatur	2
3.2.4 Dienstweg	2
3.2.5 Erddruck aus Auflasten	2
3.2.6 Dynamischer Beiwert gem. Art. 11.3.1	2
3.2.7 Geländer / Brüstung / Handlauf	2
3.2.8 Lasten aus Fahrleitungsmast	3
3.2.9 Aushub vor Stützmauer	3
3.3 Aussergewöhnliche Einwirkungen	4
<b>4 Baustoffe Stützmauern</b>	<b>4</b>
4.1 Beton	4
4.2 Bewehrung	4
4.3 Baugrund im Bereich Stützmauern	4
<b>5 Berechnung</b>	<b>4</b>
5.1 Winkelstützmauer	4
5.2 Weitere Untersuchungen	5
5.2.1 Ermüdung	5
5.2.2 Entgleisung	5
5.2.3 Erdbeben	5
5.3 Hangstabilität	5
<b>6 Schlussfolgerungen</b>	<b>6</b>
<b>7 Unterschriften</b>	<b>7</b>

<b>Anhang A</b>	<b>Statischer Nachweis der Stützmauer</b>	<b>A-1</b>
<b>Anhang B</b>	<b>Nachweis der Hangstabilität</b>	<b>B-1</b>
<b>Anhang C</b>	<b>Lasteinwirkung durch Fahrleitungsmast Nr. 27</b>	<b>C-1</b>

## Änderungsverzeichnis

REV.	ÄNDERUNG	URHEBER	DATUM	BEMERKUNG
2.0	Erstversion Auflageprojekt	JS	28.02.2019	
2.1	Auflageprojekt definitiv	JS	03.05.2019	
2.2				

## Zusammenfassung

Die heutige Stützmauer Parzelle 788 (Objektnummer 6.09, BLT-Arbeitsnummer A-33) verläuft bei Bahn-km 8.912 – km 8.967 auf ca. 55.30 m parallel neben der Bahnachse. Sie ist ca. 1.25 - 2.65 m hoch, wobei ca. 0.75 bis 2.0 m über der tieferen, angeböschten Gartenfläche herausragen. Die Stützmauer besteht aus Stahlbeton. Auf der Bahnseite befindet sich ein Fahrleitungsmast, der unmittelbar an die Mauer (-krone) anbetoniert wurde. In der Mauerkrone sind Pfosten eines Maschendrahtzauns eingelassen.

Im Rahmen des Projektes Erneuerung Waldenburgerbahn muss die statische Tragfähigkeit für die neu definierte Nutzlast überprüft werden. Die Stützmauer wird für das Schmalspurlastmodell 4 gemäss SIA 261 (2014) nachgerechnet.

### Schlussfolgerungen:

Die Stützmauer ist in der Lage, ohne Verstärkungsmassnahmen folgende Lasten aufzunehmen:

- Bahnlasten (Lastmodell 4 gemäss SIA Norm 261 (2014)), in der neuen Gleisachse (Gleisachse um ca. 15-20 cm von der Stützmauer weg verschoben).
- Lasten aus dem Fahrleitungsmast Nr. 27.

# 1 Einleitung

Im Rahmen des Projektes Erneuerung Waldenburgerbahn muss die statische Tragfähigkeit für die neu definierte Nutzlast überprüft werden. Die Stützmauer wird für das Schmalspurlastmodell 4 gemäss SIA 261 (2014) nachgerechnet.

Im Prinzip bleiben die geometrischen Randbedingungen bzgl. der neuen Bahnanlage gleich wie heute. Die neue Gleisachse wird um ca. 15 - 20 cm von der Stützmauer weg parallel verschoben. Auf der Mauerkrone wird der Schutzzaun ggf. erneuert.

Der alte Fahrleitungsmast wird jedoch abgebrochen und durch den neuen Fahrleitungsmast Nr. 27 ersetzt. Dieser wird vor der Stützmauer auf ein Fundament gesetzt, welches kraftschlüssig mit der Stützmauer verbunden wird.

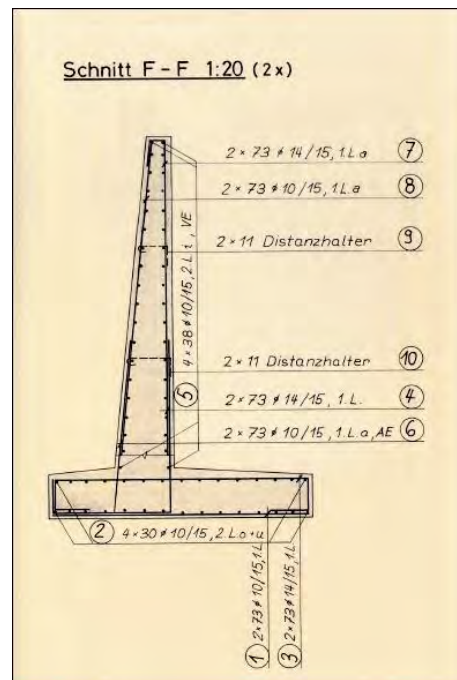
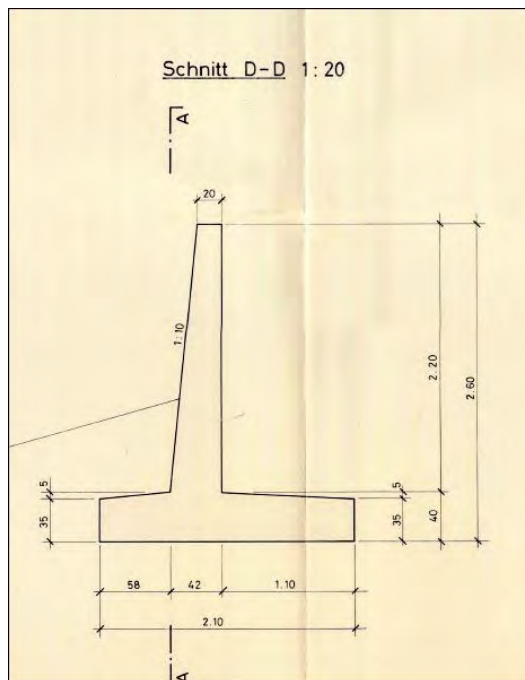
# 2 Systembeschreibung

## 2.1 Tragsystem

Bei der bestehenden Stützmauer handelt es sich um eine Winkelstützmauer mit einer Gesamtlänge von 55.30 m und einer Höhe ab Boden von ca. 1.25 - 2.65 m.

Die Stützmauer wurde im Rahmen des Projektes "Sanierung der Waldenburgerbahn" im Jahre 1984 statisch berechnet und projektiert. Die Schal- und Bewehrungspläne aus dieser Zeit geben Auskunft über weitere Abmessungen. Die damalige Statik ist leider nicht mehr vorhanden.

## 2.2 Systemskizzen



Siehe Unterlagen zum Projekt "Sanierung der Waldenburgerbahn" vom Ingenieurbüro W+J Rapp AG 1984.

### 3 Belastungen und Einwirkungen

#### 3.1 Ständige Einwirkungen

Einwirkungen	Charakteristische Werte	Referenz
Eigenlasten	$\gamma_{\text{Beton}} = 25 \text{ kN/m}^3$	SIA 261, Tab. 30
Auflasten	Schotterbett, Schwellen, Schienen	
Erddruck	$\gamma_{\text{Erde}} = 20 \text{ kN/m}^3$ $\varphi = 30^\circ$	

#### 3.2 Veränderliche Einwirkungen

##### 3.2.1 Bahnlasten im Gleisbereich

Schmalspurbahnverkehr:

- Lastmodell 4 (zwei Einzellasten von 130 kN in einem Abstand von 1.6 m, davor und danach in einem Abstand von 80 cm eine Linienlast von 25 kN/m (SIA 261, 12.2))
- Ermüdung (SIA 262, 4.3.8.1)
- Schlingerkräfte werden auf Grund der Lage der Gleise zur Stützmauer vernachlässigt.

##### 3.2.2 Entgleisung

Lastmodell 4 nach SIA 261, 12.5.

##### 3.2.3 Temperatur

Die Stützmauer ist alle 11.0 bzw. 12.0 m dilatiert.  
Der Einfluss der Temperatur wird somit vernachlässigt.

##### 3.2.4 Dienstweg

Nutzlast mit 1 m Breite: 2.5 kN/m (SIA 261, 9.2.4).  
Geländer:  $q_k = 0.4 \text{ kN/m}$  (SIA 261, 13.2).

##### 3.2.5 Erddruck aus Auflasten

Erddrücke aus Auflasten werden mit einem Ausbreitungswinkel von  $\varphi$  berücksichtigt.

##### 3.2.6 Dynamischer Beiwert gem. Art. 11.3.1

Ist bei Stützmauern nicht zu berücksichtigen.

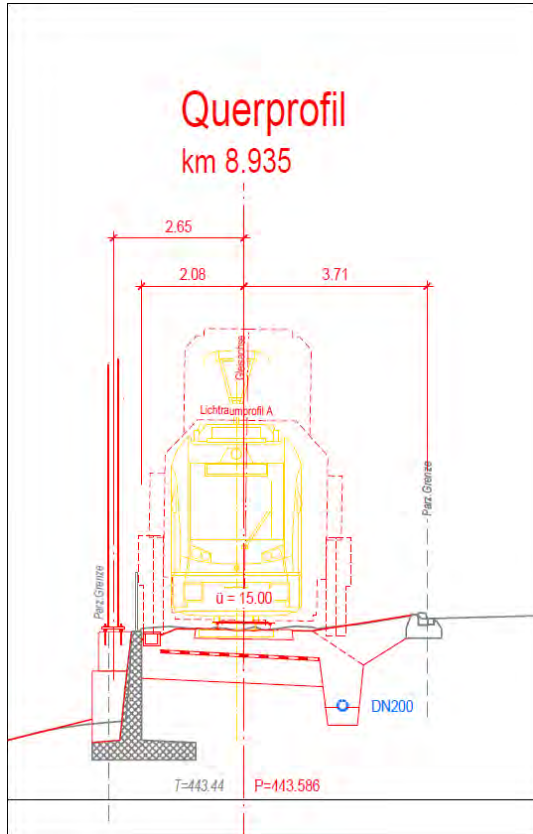
##### 3.2.7 Geländer / Brüstung / Handlauf

Gem. SIA 261, Art. 13.2 für Brücken.



### 3.2.8 Lasten aus Fahrleitungsmast

Der neue Fahrleitungsmast Nr. 27 wird auf einem eigenen Fundament vor der Stützmauer platziert, welches aber auf dem Stützmauerfundament aufliegt und mit der Wand kraftschlüssig verbunden wird.



Die wirkenden Lasten am Fuss des Fahrleitungsmastes sind:

FL-Mast Nr. 27

$F_{\text{vertikal}}$	= 12.2 kN
$F_{\text{horizontal}}$	= 0 kN
$M_{\text{senkrecht Gleis}}$	= 43.3 kNm
$M_{\text{parallel Gleis}}$	= 8.1 kNm

Die vertikalen Kräfte sind im Vergleich zum Eigengewicht der Stützmauer und der vertikalen Komponente des Erddrucks vernachlässigbar.

Die Momente senkrecht zum Gleis wirken stabilisierend auf die Stützmauer.

Die Momente parallel zum Gleis sind vernachlässigbar.

### 3.2.9 Aushub vor Stützmauer

Bauzustände, bei denen luftseitig die Erde fehlen würde, sind aussergewöhnliche Zustände. Aufgrund der Herabsetzung der Sicherheitsfaktoren sind diese Zustände in diesem Fall für die Bemessung nicht massgebend.

### 3.3 Aussergewöhnliche Einwirkungen

Einwirkungen	Charakteristische Werte	Referenz
Entgleisung	Lastmodell 4	SIA 261, 12.5
Erdbeben	Bauwerksklasse II Bedeutungsfaktor $\gamma = 1.2$ Erdbebenzone Z2: $a_{g,d} = 1.0 \text{ m/s}^2$  Baugrundklasse vorwiegend Klasse E, km 9+360 auch Klasse A denkbar gemäss geotechnisch-geologische Untersuchungen, Absatz 4.1	SIA 261 Tabelle 25, 26 Ziffer 16.2.1.2 Tabelle 24

## 4 Baustoffe Stützmauern

### 4.1 Beton

Stützmauer bestehend	Beton BH (PC 300 kg/m <sup>2</sup> ) (Annahme, gestützt auf ähnliche Bauobjekte auf der Strecke)	$f_{cd} = 12.8 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{cd} = 0.88 \text{ N/mm}^2$
----------------------	---	---

### 4.2 Bewehrung

Sämtliche Betonteile	Stahl III / IV (Annahme, gestützt auf ähnliche Bauobjekte auf der Strecke)	$f_{sm} = 550 \text{ N/mm}^2$ $f_{tm} = 580 \text{ N/mm}^2$	$f_{sd} = 390 \text{ N/mm}^2$
----------------------	---	--	-------------------------------

### 4.3 Baugrund im Bereich Stützmauern

$\gamma_K$	=	20 kN/m <sup>3</sup>
$\phi'_K$	=	30°
$c'_K$	=	0 kN/m <sup>2</sup>
$\delta'_K$	=	$\frac{2}{3} \phi_K = 20^\circ$

## 5 Berechnung

Es wird die Stützmauer an der massgebenden Stelle bemessen.

### 5.1 Winkelstützmauer

Die originale Statik der Stützmauer aus dem Jahre 1984 ist nicht vorhanden.

Die Stützmauer wird im Programm Larix-5 der Firma Cedrus digitalisiert und bemessen. Die Nutzlast wird wie folgt modelliert:

Gleichmässig verteilte Nutzlast auf einer Breite von 1.0 m; Elementlänge von 11.0 m:  
 $q = (2 * 130 \text{ kN} + 25 \text{ kN/m} * 7.8 \text{ m}) / 11.0 \text{ m} = 41.4 \text{ kN/m}$

Die Berechnung ergibt, dass die Kipp- und Gleitsicherheit sowie die Sicherheit gegen Grundbruch gegeben sind (siehe dazu die Ergebnisse im Anhang A).

Die notwendige Bewehrung bei der Einspannung ist: 227 mm<sup>2</sup>

Die vorhandene Bewehrung bei der Einspannung ist: Ø 14 alle 15 cm = 1'029 mm<sup>2</sup>

Die Hangstabilität ist ebenfalls gegeben.

## 5.2 Weitere Untersuchungen

### 5.2.1 Ermüdung

Der Anteil der Verkehrslast an der gesamt notwendigen Bewehrung liegt bei ca. 30%. Die vorhandene Bewehrung bei der Einspannung liegt viel höher als die notwendige Bewehrung. Der Einfluss der Ermüdung wird durch den Boden noch zusätzlich gemildert. Aus diesen Gründen ist der Einfluss der Ermüdung vernachlässigbar.

### 5.2.2 Entgleisung

Dieser Lastfall ist ein aussergewöhnlicher Lastfall. Die Sicherheitsfaktoren, insbesondere jenes des Erddruckes der für die Bemessung am bedeutendsten ist, wird auf 1.0 herunter gesetzt. Dies bewirkt, dass dieser Fall für die Bemessung der Stützmauer nicht massgebend ist.

### 5.2.3 Erdbeben

Gemäss SIA 267, 7.2.3 kann der Nachweis der Tragsicherheit nur vernachlässigt werden wenn:

$$\gamma_f * a_{g,d} * S \leq 1.5 \text{ m/s}^2$$

Dies ist hier nicht der Fall weil:  $\gamma_f * a_{g,d} * S = 1.2 * 1.0 * 1.4 = 1.68 \text{ m/s}^2$ .

Der Nachweis erfolgt nach SIA 267, Ziffer 7.5.2.1:

Horizontale Erdbebeneinwirkung

$$A_{h,d} = \gamma_f * a_{g,d} * S * G_k / (g * q_a * q_h) = 1.2 * 1.0 * 1.4 * G_k / (9.81 * 1.5 * 1.0) = 0.11 * G_k$$

$$e_{a,k} \text{ Erdbeben} = 0.33 + 0.11 = 0.44$$

Dieser Wert ist leicht tiefer als der Wert für den normalen Bemessungsstand von:

$$\gamma_F * e_{a,k} = 1.35 * 0.33 = 0.45$$

( $\gamma_F$  gemäss SIA 260, Tabelle 1)

Das Erbeben ist somit für die Bemessung nicht massgebend.

## 5.3 Hangstabilität

Die Hangstabilität ist gegeben (siehe Anhang B).

## **6 Schlussfolgerungen**

Die Stützmauer ist in der Lage, ohne Verstärkungsmassnahmen folgende Lasten aufzunehmen:

- Bahnlasten (Lastmodell 4 gemäss SIA Norm 261 (2014)), in der neuen Gleisachse (Gleisachse um ca. 15-20 cm von der Stützmauer weg verschoben).
- Lasten aus dem Fahrleitungsmast Nr. 27.

## 7 Unterschriften

Ort:

Datum:

Unterschrift:

### Der Projektverfasser

IG Zugkunft  
c/o Basler & Hofmann AG  
Bachweg 1  
8133 Esslingen

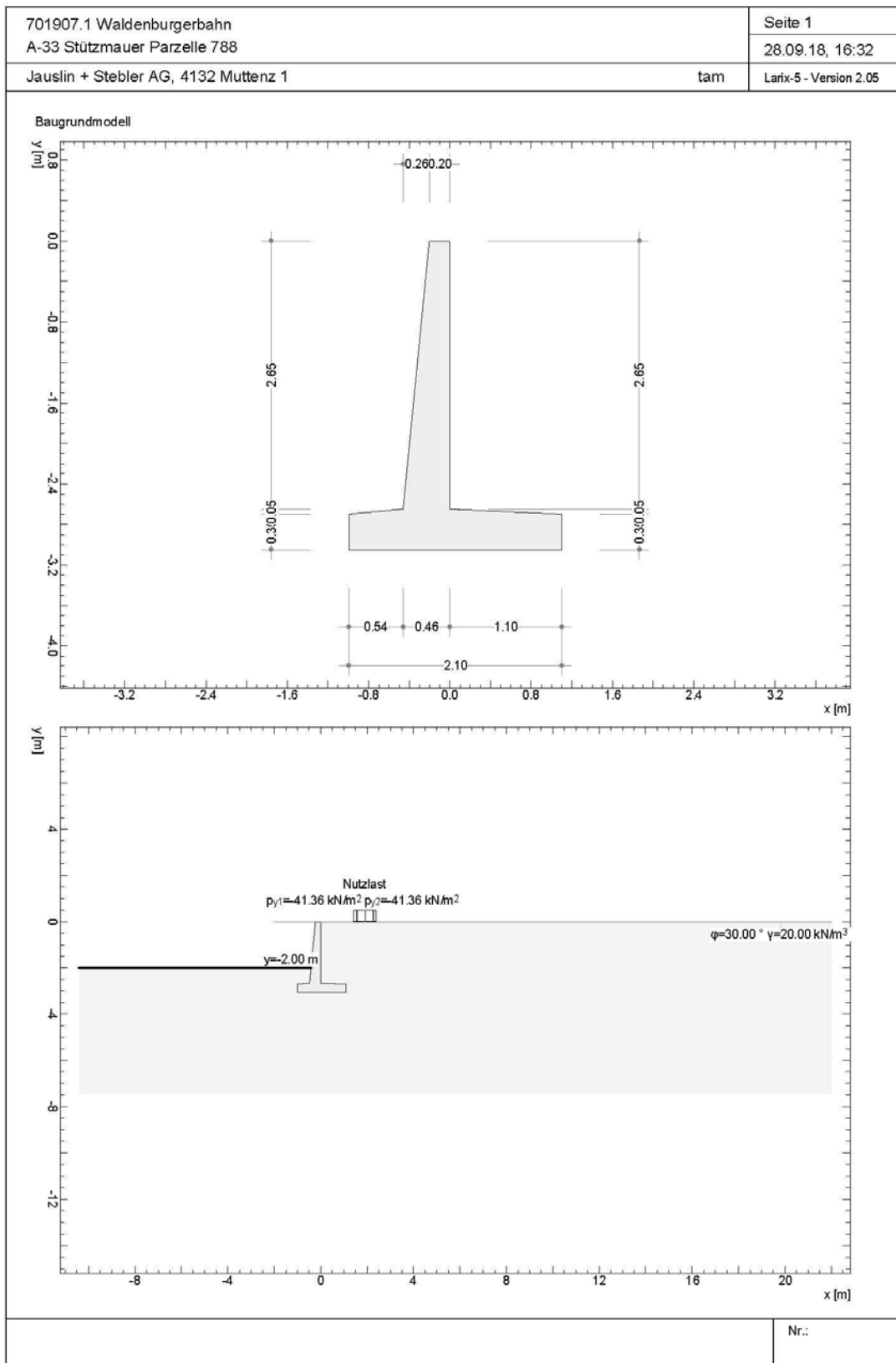
Esslingen, .....

### Der Prüferingenieur

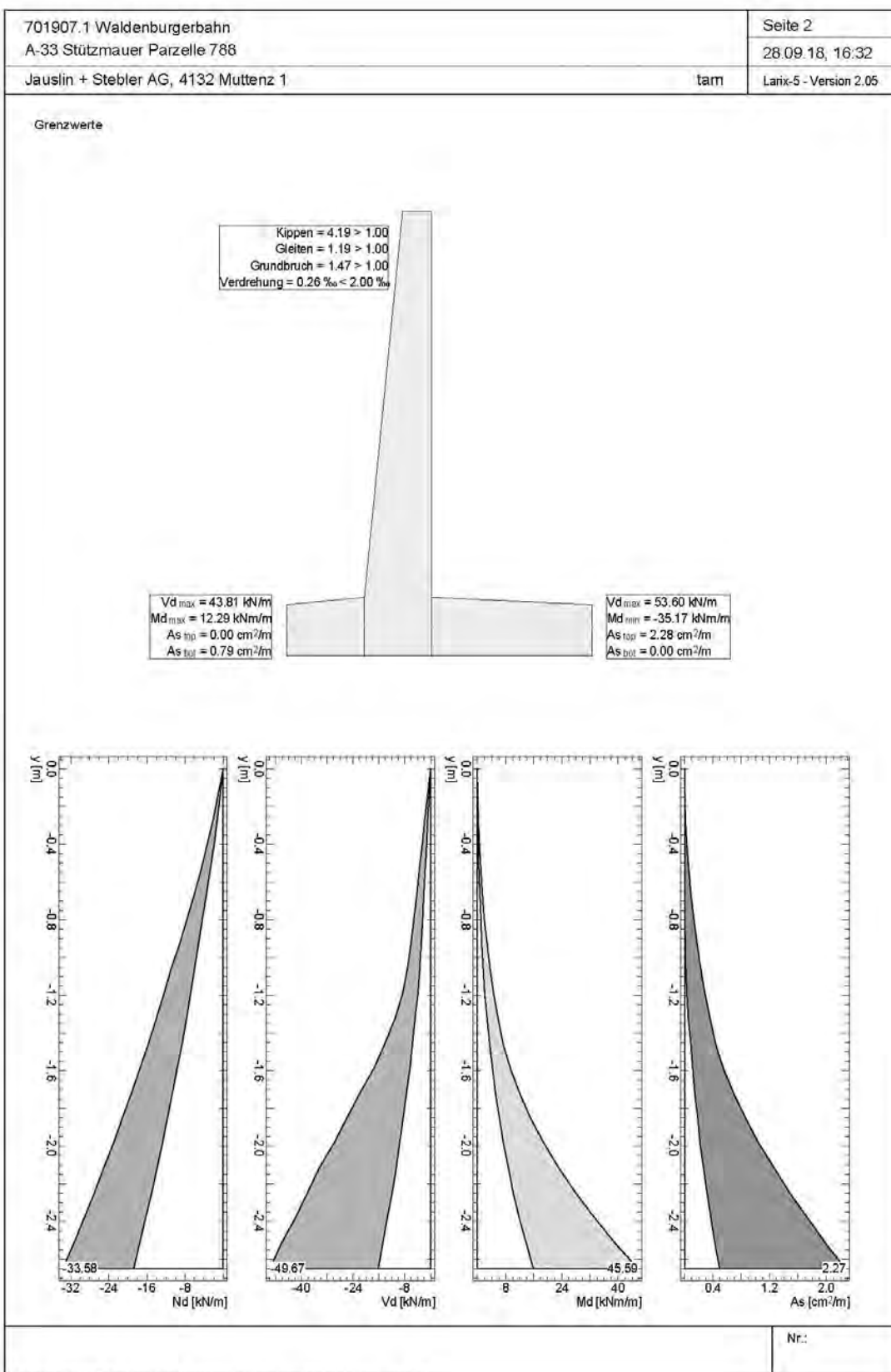
WMM Ingenieure AG  
Florenz-Strasse 1D  
4142 Münchenstein

Münchenstein, .....

## **Anhang A Statischer Nachweis der Stützmauer**

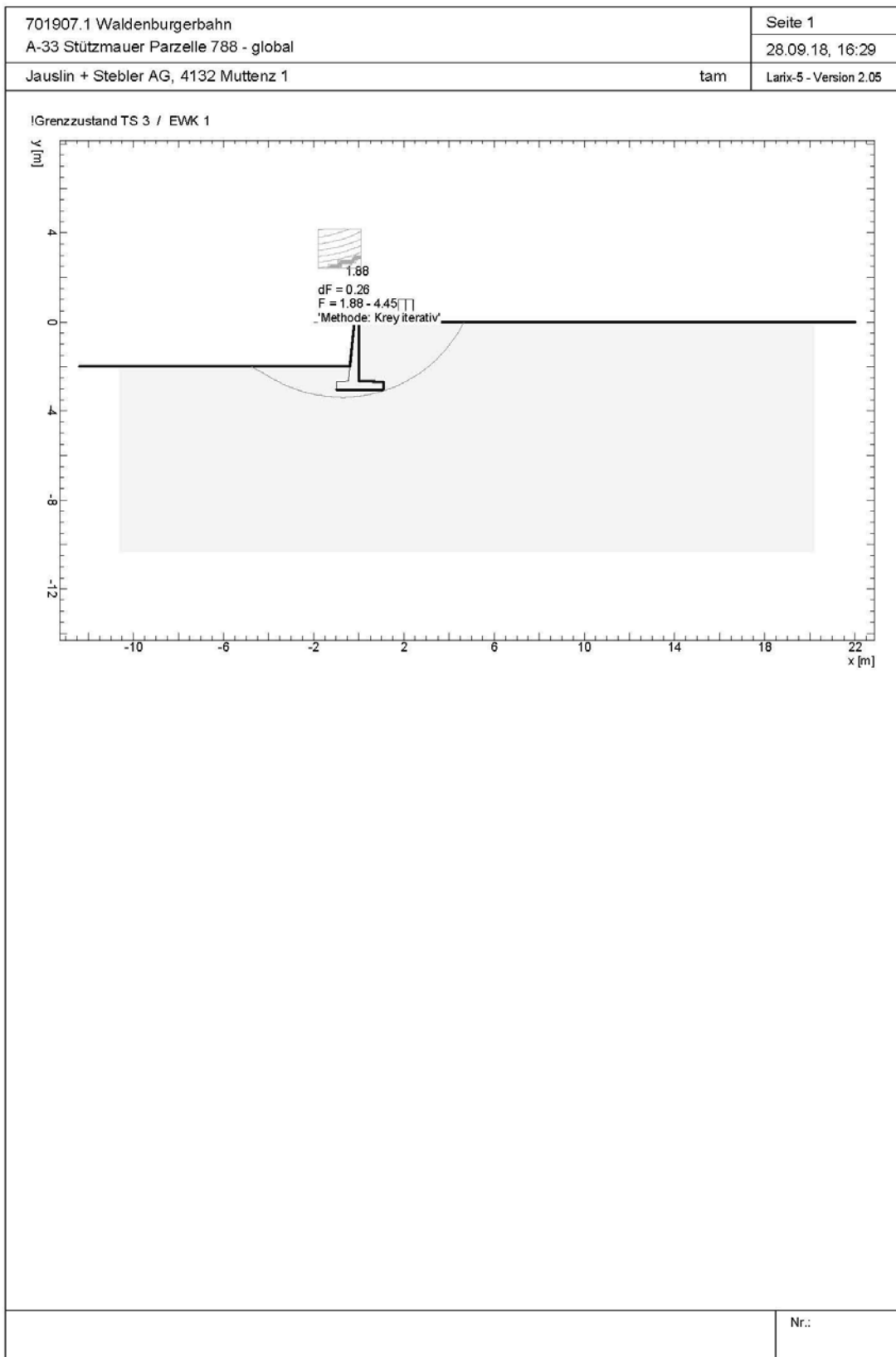


K:\doubus\701907 Frenkenbrücke, Hölstein\Stützmauer Winkelstützmauer.L5M





## **Anhang B Nachweis der Hangstabilität**



## **Anhang C Lasteinwirkung durch Fahrleitungsmast Nr. 27**