

**KSK**



**KSK INGENIEURE**

Dipl.-Ing. Horstmann - Dr.-Ing. Scheele - Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG

BERATENDE INGENIEURE VBI  
FÜR DAS BAUWESEN

# Nachrechnung

In Anlehnung an Ril 805  
Bestehende Eisenbahnbrücken -  
Bewertung der Tragsicherheit und konstruktive Hinweise

## Dreifeldbogenbrücke Röpersberg

**Bauvorhaben:** Fußgängerbrücke Röpersberg / ehem. Kleinbahnabschnitt  
Ratzeburg  
Nachrechnung des Bestandsbauwerks

**Auftraggeber:** Stadt Ratzeburg  
Fachbereich Stadtplanung, Bauen und Liegenschaften  
Unter den Linden 1  
23909 Ratzeburg

**Aufsteller:** Auftragsnummer: 219/067  
Datum: 13.03.2020  
Sachbearbeiter: S. Müller  
Seiten: 1-71 zzgl. Anhänge A-C

(Dr.-Ing. Joachim Scheele)

**Diese statische Berechnung ist nur mit Originalunterschrift in Blau gültig**

24326 Ascheberg

Telefon 04526-30710 Telefax 04526-307122

23701 Eutin

Telefon 04521-70450 Telefax 04521-704522

22844 Norderstedt

Telefon 040-5268320 Telefax 040-52683222

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

## **1. Inhaltverzeichnis**

1.	Inhaltverzeichnis .....	2
2.	Vorbemerkungen.....	4
2.1	Veranlassung .....	4
2.2	Technische Vorschriften / Literatur.....	4
2.3	Grundlagen .....	5
2.4	EDV-Programme.....	5
2.5	Hinweise zur Berechnung nach Ril 805.....	5
2.6	Baustoffe.....	6
2.7	Baugrund .....	7
2.8	Übersichtsskizzen Bestand / Positionsskizze .....	8
3.	Lastannahmen .....	9
3.1	Eigengewichtslasten .....	9
3.2	Horizontaler Erddruck .....	9
3.3	Verkehrslasten .....	10
3.4	Differenzsetzungen .....	11
3.5	Temperatur .....	11
3.6	Außergewöhnliche Lastfälle .....	11
3.7	Nicht betrachtete Einwirkungen.....	12
3.8	Teilsicherheitsbeiwerte / Kombinationsbeiwerte .....	13
4.	Modellierung / Schnittgrößenermittlung .....	15
5.	Stand sicherheitsnachweise Überbau .....	19
5.1	Pos. 1 Stirnmauern .....	19
5.2	Pos. 2 Gewölbe.....	26
6.	Stand sicherheitsnachweise Unterbau .....	42
6.1	Pos. 3 Pfeiler.....	42
6.2	Pos. 4 Einzelfundamente .....	46
6.3	Pos. 5 Flügelwände.....	53
6.4	Pos. 6 Widerlager.....	58
7.	Ausstattung.....	63

<b>Bauteil:</b>	Inhaltverzeichnis	<b>Seite: 2</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

8.	Bestimmung des Belastbarkeitsbeiwertes $\beta_{qfk}$ .....	64
9.	Bewertung der Berechnungsergebnisse .....	65
9.1	Zu Pos. 1 Stirnwand und Pos. 5 Flügelwände .....	65
9.2	Zu Pos. 2 Gewölbe .....	66
9.3	Zu Pos. 3 Pfeiler .....	67
9.4	Zu Pos. 4 Einzelfundamente und zu Pos. 6 Widerlager .....	68
10.	Sanierungsempfehlungen .....	69
10.1	Abdichtung/Entwässerung .....	69
10.2	Mauerwerk allgemein .....	69
10.3	Zu Pos. 1 Stirnwand und Pos. 5 Flügelwände .....	70
10.4	Zu Pos. 2 Gewölbe .....	70
10.5	Zu Pos. 3 Pfeiler .....	70
10.6	Zu Pos. 4 Einzelfundamente und zu Pos. 6 Widerlager .....	71
10.7	Weitere Sanierungsmaßnahmen .....	71
10.8	Bauzustände .....	71
Anhang A: Geometrie gemäß Bestandsunterlagen .....		1
Anhang B: Dokumentation Ortstermin .....		1
Anhang B.1: Allgemeines .....		1
Anhang B.2: Kontrolle Hauptmaße und Bruttoquerschnittswerte .....		2
Anhang B.3: Schadensbeschreibung / Abschätzung Nettoquerschnittswerte .....		7
Anhang B.4: Fotodokumentation / Skizzen .....		9

<b>Bauteil:</b>	Inhaltverzeichnis	<b>Seite: 3</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

## **2. Vorbemerkungen**

### **2.1 Veranlassung**

Die Dreifeldbogenbrücke Röpersberg ist eine Fußgängerbrücke über einem ehemaligen Kleinbahnabschnitt / heutigen Taleinschnitt in Ratzeburg. Das Bauwerk wurde ca. 1907 errichtet und hat eine Gesamtlänge von ca. 45 m. Es handelt sich um drei Mauerwerksgewölbe mit einer lichten Spannweite von ca. 6,60 m. Das Bauwerk steht unter Denkmalschutz.

Aufgrund des im Bauwerksprüfbericht [15.] dokumentierten sehr schlechten Zustandes bestehen Bedenken, dass bei einer Schadensausbreitung die Standsicherheit und Verkehrssicherheit des Bauwerks nicht mehr gegeben ist.

Das Büro KSK Ingenieure wurde mit dem Auftragsschreiben vom 08.10.2019 damit beauftragt, die Standsicherheit des Bauwerks durch eine Nachrechnung zu beurteilen. Die Nachrechnung erfolgt gemäß dem Angebot in Anlehnung an die Richtlinie der Deutschen Bahn Ril 805 mit der Bewertungsstufe 3. Des Weiteren enthält der Auftrag eine Aktualisierung der Bestandsaufnahme in der Örtlichkeit sowie die Ausarbeitung von Maßnahmenempfehlungen.

### **2.2 Technische Vorschriften / Literatur**

Die Nachrechnung erfolgt in Anlehnung an die technischen Regelwerke der Deutschen Bahn (Ril 805), siehe hierzu auch die Erläuterungen in Kapitel 2.5. Es werden die zum Zeitpunkt der Aufstellungen dieser Nachrechnung gültigen Normen und Richtlinien angesetzt. Dies sind insbesondere, aber nicht ausschließlich, folgende Regelwerke:

#### Technische Regelwerke der Deutschen Bahn:

[1.] Ril 805, Richtlinie, Tragsicherheit bestehender Eisenbahnbrücken, Stand 11/2008

#### Einschlägige Normen und Richtlinien in ihrer gültigen Fassung:

- [2.] DIN EN 1990 (+NA), Grundlagen der Tragwerksplanung, Stand 12/2010
- [3.] DIN EN 1991-2 (+NA), Verkehrslasten auf Brücken, Stand 12/2010
- [4.] DIN EN 1992-1 (+NA); Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Betonbrücken, Stand 12/2010
- [5.] DIN EN 1992-1 (+NA); Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau, Stand 01/2011
- [6.] DIN EN 1996-1-1 (+NA), Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten, Stand 02/2013
- [7.] DIN EN 1997-1 (+NA), Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Allgemeine Regeln, Stand 03/2014
- [8.] DIN 4085, Baugrund – Berechnung des Erddrucks, Stand 08/2017
- [9.] DIN 1054 – Baugrund Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende

<b>Bauteil:</b>	Vorbemerkungen	<b>Seite: 4</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Regelungen zu DIN EN 1997-1

- [10.] Nachrechnungsrichtlinie, Richtlinie zur Nachrechnung von Straßenbrücken im Bestand, Stand 05/2011

Literatur:

- [11.] Schneider Bautabellen für Ingenieure, 23. Auflage  
 [12.] Statische Beurteilung historischer Tragwerke, Band 1 – Mauerwerkskonstruktionen; S. Holzer; Verlag Wilhelm Ernst & Sohn; Berlin; 2013

**2.3 Grundlagen**

Es stehen folgende Unterlagen zum Bauwerk zur Verfügung:

- [13.] Gutachten über die Eigenschaften von Mauerwerk, aufgestellt vom Büro Dr. Böttcher + Partner, 12.06.2019  
 [14.] Statische Berechnung (Nachrechnung Bestandsbauwerk), aufgestellt vom Ingenieurbüro Hertel + Stünckel, 03.09.1993  
 [15.] Prüfbericht 2018 H nach DIN 1076, aufgestellt von Dipl.-Ing. Thomas Graß 02.05.2018  
 [16.] Eigenes Aufmaß und eigene Fotodokumentation, gemäß Ortstermin am 21.02.2020, dokumentiert im Anhang B

**2.4 EDV-Programme**

- [17.] Dlubal RFEM, Version 5.21, Dlubal Software GmbH, Ausgabe der Berechnungsergebnisse in Anhang C

**2.5 Hinweise zur Berechnung nach Ril 805**

Für die Nachrechnung von Fußgängerbrücken gibt es keine gültige Richtlinie. Die Nachrechnungsrichtlinie [10.] gilt für die Nachrechnung von Straßenbrücken und enthält kaum Angaben zur Nachrechnung von Mauerwerks- und Gewölbebrücken und ist somit als Grundlage für diese Nachrechnung nicht dienlich. Die „Eurocodes“ (DIN EN 1990 bis DIN EN 1999) gelten für den Neubau von Brücken, nicht jedoch für die Nachrechnung bestehender Bauwerke.

Daher erfolgt diese Nachrechnung in Anlehnung an die Richtlinie Ril 805 [1.] der Deutschen Bahn, welche die Nachrechnung bestehender Eisenbahnbrücken regelt. Zwar handelt es sich bei dem Bauwerk nicht um eine Eisenbahnbrücke, jedoch enthält die Richtlinie ausführliche Angaben zur Nachrechnung von Mauerwerks- und Gewölbebrücken, sodass sie nach Einschätzung des Aufstellers als Grundlage für diese Nachrechnung am zweckdienlichsten ist. In Bereichen, in denen Angaben in der Ril 805 fehlen, insbesondere bei den Lastansätzen, erfolgt die Nachrechnung auf Grundlage der Eurocodes.

Die Ril 805 lässt den Aufsteller einer Nachrechnung bei der Auswahl des Sicherheitskonzeptes (Teilsicherheitskonzept / globale Sicherheitsbeiwerte) und der Nachweisführung erheblichen Spielraum (Nachweise nach Regelwerk zum Zeitpunkt der Herstellung des Bau-

<b>Bauteil:</b>	Vorbemerkungen	<b>Seite: 5</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.:</b> 219/067
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

werks, Nachweise nach Regelwerk zum Zeitpunkt der letzten Nachrechnung [14.] oder Nachweise nach aktuellem Regelwerk). Für diese Nachrechnung wird das aktuelle Regelwerk als Grundlage für die Nachweise ausgewählt, weil dies die Verwendung dieser Nachrechnung als Grundlage für ein anschließend zu erstellendes Sanierungskonzept erleichtert. Daher wird auch das Teilsicherheitskonzept als zu verwendendes Sicherheitskonzept ausgewählt, weil dies die Komptabilität mit der Nachweisführung nach Eurocode erhöht und eine realistischere Einschätzung der vorhandenen Sicherheiten ermöglicht.

Im Kapitel 3.8 werden die angesetzten Sicherheitsbeiwerte aufgeführt.

## **2.6 Baustoffe**

### Mauerwerk:

Das Mauerwerk wurde in [13.] eingehend untersucht. Die Untersuchung ist nach eigener Einschätzung gleichwertig zu dem in Ril 805 Modul 805.0103 Kapitel 3. beschriebenen Untersuchungsvorgehen. Gemäß [13.] schwanken die Baustoffkennwerte zwischen den einzelnen Proben sehr stark. Es wurden aber keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Bauteilen festgestellt, sodass für das gesamte Mauerwerk die gleichen Kennwerte angesetzt werden können. Es werden die für die Nachrechnung relevanten Kennwerte angegeben mit:

- Druckfestigkeit: Einordnung in [13.] nach zurückgezogener Norm DIN 105-1 in die niedrigste Druckfestigkeitsklasse unter Streichung des kleinsten Einzelwertes, da sonst keine Zuordnung möglich wäre. Dies entspricht nach aktueller Norm DIN 105-100 und DIN EN 771-1:

Druckfestigkeitsklasse 4 nach DIN 105-100 Tabelle A.10

- Mörtelgruppe: Gemäß [13.] können von den genommenen Proben drei der Mörtelgruppe MG II nach DIN 1053-1, zehn der Mörtelgruppe MG IIa und eine der Mörtelgruppe MG III zugeordnet werden. In der Nachrechnung wird für das gesamte Bauwerk die maßgebende Mörtelgruppe angesetzt:

Mörtelgruppe MG II nach DIN 1053-1  
entspricht Mörtelgruppe M 2,5 nach DIN EN 998-2

- Die Trockenrohdichte schwankt gemäß [13.] zwischen 1,89 und 1,97 kg/dm<sup>3</sup>. Dies entspricht der Rohdichteklasse:

Rohdichteklasse 2,0 nach DIN 105-100 Tabelle A.8

Die Schwankungen werden mit einem reduzierten Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{G1,günstig} = 0,95$  für ständig wirkende günstige Einwirkungen abgedeckt.

In [14.] wird aus einem Erläuterungsbericht von 1907 (in etwa der Bauzeit, Abschrift von 1959 durch Herrn Dipl.-Ing. Petersohn) zitiert, wonach die Pfeiler und Widerlager aus hartgebrannten Zementmörtel in verlängerten Zementmörtel (Zement : Kalk : scharfer Sand = 1 : 1 :

<b>Bauteil:</b>	Vorbemerkungen	<b>Seite:</b> 6
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

5) hergestellt wurden. Das Gewölbe sei in reinem Zementmörtel 1 : 3 mit einer Ziegelflachsicht in Zementmörtel mit 1,5 cm Zementputz und Isolierpappe errichtet wurden. Dies deckt sich mit dem Bericht von Dr. Böttcher [13.].

Mz 4/II

#### Fundamentbeton:

Die Fundamente wurden gemäß den in [14.] zitierten Bericht aus Beton hergestellt. Es liegen keine genaueren Erkenntnisse über die Zusammensetzung vor. In [14.] wurde eine Betongüte Bn 10 angegeben, womit nach eigener Beurteilung vermutlich ein B 10 gemeint ist, was nach heutiger Einstufung einem C 8/10 entspricht. Dieser Ansatz wird für diese Berechnungen übernommen, da diese sehr niedrige Einordnung für einen Beton aus der Entstehungszeit des Bauwerks als wahrscheinlich angesehen wird:

Beton C8/10

#### Überschüttungsmaterial:

Es liegen keine direkten Kenntnisse über das Überschüttungsmaterial vor. Vermutlich ist das Bauwerk zwischen Gewölbe und Fahrbahnbelag mit Erdreich überschüttet. In der Annahme, dass mindestens ein durchschnittlich-tragfähiges Überschüttungsmaterial gewählt wurde, werden mittlere Bodenkennwerte angesetzt:

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{Überschüttung}} &= 19 \text{ kN/m}^3 \\ \varphi &= 32,5^\circ \\ c_k &= 0 \end{aligned}$$

Es wird davon ausgegangen, dass für die Hinterfüllung der Widerlager ein Material mit ähnlichen Kennwerten gewählt wurde.

## **2.7 Baugrund**

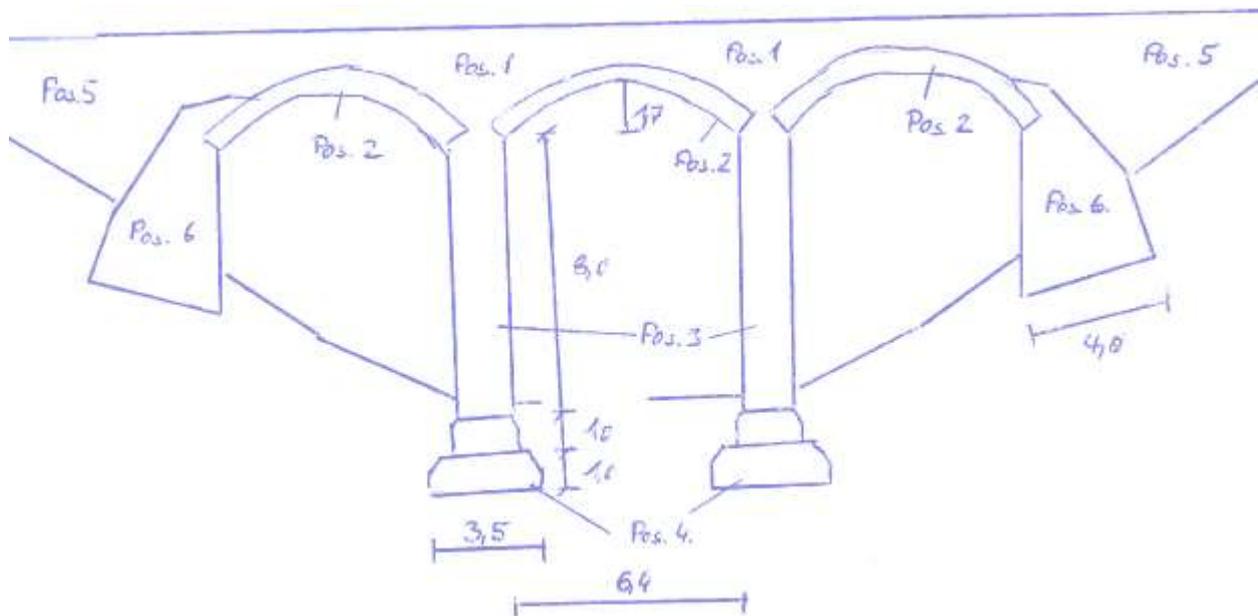
Dennoch wird gemäß Absprache mit dem Auftraggeber auf genauere Baugrundaufschlüsse gemäß Ril 805 Modul 805.0103 Kapitel 4. verzichtet. Die Baugrundverhältnisse werden gemäß den Bestandsunterlagen, den eigenen Erfahrungen und den Feststellungen in der Örtlichkeit abgeschätzt mit:

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{Baugrund}} &= 19 \text{ kN/m}^3 \\ \varphi &= 30^\circ \\ c_k &= 0 \end{aligned}$$

<b>Bauteil:</b>	Vorbemerkungen	<b>Seite: 7</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.:</b> 219/067
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

## 2.8 Übersichtsskizzen Bestand / Positionsskizze



Siehe auch Anhang A und Anhang B.

<b>Bauteil:</b>	Vorbemerkungen	<b>Seite:</b> 8
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

### **3. Lastannahmen**

#### **3.1 Eigengewichtslasten**

##### Konstruktionseigengewicht

Das Eigengewicht des Mauerwerks wird programmintern berücksichtigt mit  $\gamma_{MW} = 20 \text{ kN/m}^3$ , vgl. Kapitel „2.6 Baustoffe“.

Das Eigengewicht der Fundamente wird berücksichtigt mit  $\gamma_{Beton} = 24 \text{ kN/m}^3$

##### Lasten aus Überschüttung

Es wird eine Überschüttung mit Erdreich / nichtbindigen Überschüttungsmaterial angesetzt. Das Überschüttungsmaterial wird mit  $\gamma_{\text{Überschüttung}} = 19 \text{ kN/m}^3$  berücksichtigt. Die Überschüttungshöhen wurden auf der Bauwerksgeometrie gemäß [14.], siehe Anhang A, und eigenem Aufmaß [16.], siehe Anhang B, angesetzt.

##### Fahrbahnbelag

Für den bituminösen Fahrbahnbelag wird eine Dicke von 8 cm und eine Wichte von  $\gamma_{\text{Belag}} = 25 \text{ kN/m}^3$  (vgl. ARS 22/2012) angesetzt.

##### Lasten Ausstattungselemente

Lasten aus Ausstattungselementen wie Geländer, Leitungen, dem Gesimsband und den Abdeckplatte sind vernachlässigbar gering und werden nicht mit angesetzt.

#### **3.2 Horizontaler Erddruck**

Es liegen keine gesicherten Kenntnisse über das Überschüttungsmaterial vor. Es wird von einer Überschüttung mit einem durchschnittlich tragfähigen Boden mit den folgenden Kennwerten ausgegangen, vgl. Kapitel 2.6 „Baustoffe“:

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{Überschüttung}} &= 19 \text{ kN/m}^3 \\ \varphi &= 32,5^\circ \\ c_k &= 0 \\ \delta &= 2/3 \varphi = 21,67^\circ \\ q_{k, \text{Geländeauflast}} &= 5 \text{ kN/m}^2 \quad \text{gemäß DIN EN 1991-2 5.9} \\ \alpha &= \beta \approx 0 \end{aligned}$$

Es wird der erhöht-aktive Erddruck angesetzt (50% Anteil Erdruhedruck):

$$\begin{aligned} K_{agh} &= 0,25 \quad \text{gemäß [11.], Tafel 11.38a} \\ K_{0gh} &= 1 - \sin(\varphi) = 0,46 \\ K_{Ea'} &= 0,25 * 0,5 + 0,46 * (1 - 0,5) = 0,355 \\ E_{a'}^{\text{Überschüttung}}(z) &= 0,355 * 19 \text{ kN/m}^3 * z = z * 6,745 \text{ kN/m}^2 \\ E_{a'}^{\text{Geländeauflast}} &= 0,355 * 5 \text{ kN/m}^2 = 1,775 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

<b>Bauteil:</b>	Lastannahmen	<b>Seite: 9</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.:</b> 219/067
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Der horizontale Erddruck auf die seitlichen Gewölbeflächen ist abhängig von der Verformung des Gewölbes (aktiver Erddruck, Erdruhedruck oder passiver Erddruck. Gemäß [12.] Kapitel 2.5.7 ist dieser in der Regel günstig-wirkend aber von vernachlässigbarer Größenordnung, sodass er nicht mit angesetzt wird.

Es ist davon auszugehen, dass der Bereich hinter den Widerlagern nach deren Herstellung nachträglich hinterfüllt wurde. Daher werden für den seitlichen Erddruck die Bodenkennwerte des Überschüttungsmaterial angesetzt und nicht die des Baugrundes.

### 3.3 Verkehrslasten

#### Gleichmäßig-verteilte Last

$q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$  gemäß DIN EN 1991-2/NA 5.3.2

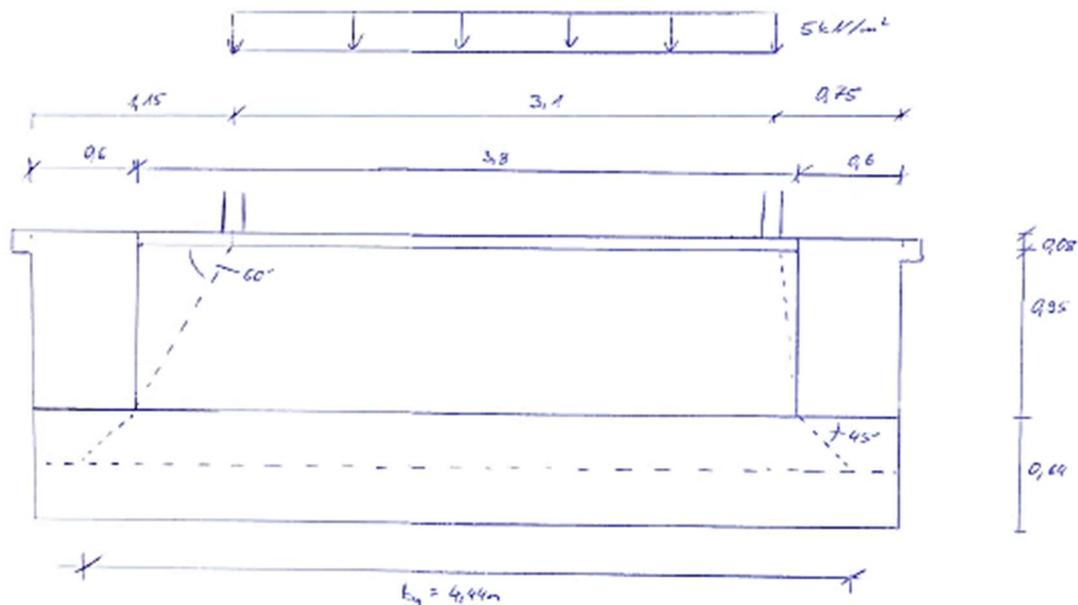
Die gleichmäßig-verteilten Lasten werden auf die Mauerwerksgewölbe in Längsrichtung als alternative Lastfälle halbseitig und vollflächig angesetzt.

Da die Geländer ein deutliches Stück von der Außenkante der Brücke zurückgesetzt sind, muss nicht die gesamte Brückenfläche belastet werden, vgl. Anhang B.2. Die Lastausbreitung wird gemäß [1.] Modul 805.0203 Kapitel 3 (11) angesetzt.

Überschüttungshöhe im Viertelpunkt: ca. 0,95 m

Lastverteilungsbreite:  $b_q = 4,44 \text{ m}$  zentrisch, siehe Skizze

Angesetzte Flächenlast:  $q_{fk;bq} = 5 \cdot 3,1/4,44 = 3,49 \text{ kN/m}^2$



Einzellasten werden aufgrund der ausreichenden Lastverteilung nicht maßgebend und werden daher nicht betrachtet. Das Bauwerk ist nicht schwingungsanfällig. Es werden keine dynamischen Lasten, welche über die in den oben genannten Ansätzen berücksichtigten

<b>Bauteil:</b>	Lastannahmen	<b>Seite:</b> 10
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Faktoren hinausgehen, angesetzt.

Dienstfahrzeuge sind auf dem Bauwerk nicht zulässig. Es ist durch einen Poller vor einem unplanmäßigen Befahren geschützt.

#### Horizontale Verkehrslasten

Gemäß DIN EN 1991-2 Kapitel 5.4 ist eine Horizontallast in Höhe von 10% der gleichmäßig-verteilten vertikalen Verkehrslast  $q_{fk}$  anzusetzen. Diese wird nur auf die Pfeiler und deren Fundamente angesetzt, da sie bei allen anderen Bauteilen nur geringen Einfluss auf die Tragfähigkeit hat.

### **3.4 Differenzsetzungen**

Gemäß [1.] Modul 805.0203 Kapitel 3 (16) müssen Baugrundsetzungen nur in Sonderfällen betrachtet werden, da nach der jahrzehntelangen Konsolidierung des Bodens von einem abgeschlossenen Setzungsverhalten ausgegangen werden kann.

In [12.] Kapitel 2.5.3 wird der Lastfall Widerlagerverschiebung für verschiedene Öffnungsweiten von Bögen ausführlich untersucht. Hierbei ist bei nachgebenden Widerlagern die Ausbildung eines Fließgelenkes in Bodenmitte mit deutlicher unterseitiger Rissbildung zu erwarten, welche in der Örtlichkeit nicht beobachtet werden konnte. Somit ist davon auszugehen, dass kein nennenswertes Nachgeben der Widerlager stattgefunden hat. Ein Zusammenrücken der Widerlager ist ebenfalls nicht zu erwarten, da keine Zwangskräfte in diese Richtung auftreten. Außerdem wurde in [12.] festgestellt, dass sich bei Widerlagerverschiebungen in der Regel ein statisch bestimmter Dreigelenkbogen ausbildet, der unempfindlich gegen weitere Verschiebungen ist und selbst bei weitgehend unduktilen Werkstoffen zu einem duktilem Bauteilverhalten führt.

Daher wird der Lastfall Widerlagerverschiebung/Baugrundsetzung nicht untersucht.

### **3.5 Temperatur**

Gemäß Ril 805 Modul 805.0102 müssen für Brücken mit einer Gesamtlänge von 30 m und Schotterbett keine Temperaturlasten berücksichtigt werden. Im vorliegenden Fall ergibt sich die Brückenlänge von  $L \geq 30$  m nur aus den langen Flügelwänden. Die große Überschüttungshöhe und die massive Bauweise bewirken eine langsame und gleichmäßige Erwärmung und Abkühlung des Bauwerks. Zudem ist dieses durch seinen Standort (Wald) weitgehend vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt.

Gemäß [12.] können die dort angegebenen Erkenntnisse für den Lastfall Widerlagerverschiebung/Baugrundsenkung auf den Lastfall Temperatur übertragen werden.

Temperaturlasten können daher vernachlässigt werden und werden nicht mit angesetzt.

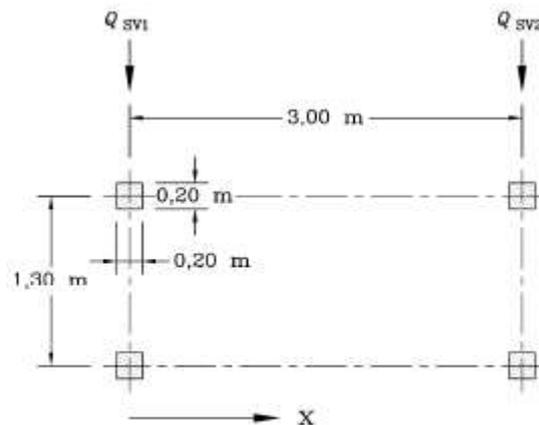
### **3.6 Außergewöhnliche Lastfälle**

#### Unplanmäßige Anwesenheit von Fahrzeugen

<b>Bauteil:</b>	Lastannahmen	<b>Seite: 11</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.:</b> 219/067
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Die Brücke ist durch einen Poller vor einem unplanmäßigen Befahren geschützt. Als Vergleichsrechnung werden dennoch die Auswirkungen eines unplanmäßigen Fahrzeuges gemäß DIN EN 1991-2 Kapitel 5.3.2 auf das Gewölbe untersucht, da auf der anderen derzeit kein Poller vorhanden ist.



#### Legende

x Richtung der Brückenachse  
 $Q_{sv1} = 80 \text{ kN}$   
 $Q_{sv2} = 40 \text{ kN}$

Gemäß [12.] ist die ungünstigste Laststellung für Einzellasten die Mitte des Bogenschenkels zwischen Widerlager und Scheitel also der Viertelpunkt des Bogens. Da eine Auflast in der Mitte des Bogens günstige Schnittgrößen hervorruft, wird für die Berechnungen angenommen, dass die höher-belastete Achse im Viertelpunkt des Bogens steht, die niedriger-belastete Achse oberhalb des Pfeilers bzw. bereits im Bereich des nächsten Bogens und somit keinen Einfluss auf den betrachteten Bogen hat. Das Fahrzeug wird vereinfacht an der Innenkante der Stirnwand (ca. Lage des Geländers) angesetzt. Bei Ansatz der Lastausbreitung analog zum Kapitel 3.3 ergibt sich umgerechnet auf die Mittelachse des Gewölbes in Höhe des Viertelpunktes eine Belastungsfläche von 1,39 m x 1,94 m (Rad an der Stirnwand) bzw. 1,94 m x 1,94 m (mittiges Rad). Da sich beide Flächen überschneiden ergibt sich eine Fläche von 1,94 m x 2,69 m. Im FE-Modell wird vereinfacht in Längsrichtung das zweite und dritte Achtel als belastet angenommen, sodass sich auf der sicheren Seite eine belastete Fläche von 1,825 m x 2,69 m ergibt. Die angesetzte Flächenlast auf dieser Fläche ergibt sich mit:

$$q_{A,Ed} = 80 \text{ kN} / (1,825 \text{ m} \times 2,69 \text{ m}) = 16,29 \text{ kN/m}^2$$

### 3.7 Nicht betrachtete Einwirkungen

Weitere Lasten, beispielsweise aus Wind, Strömungsdruck des Wassers oder Fahrzeuganprall, müssen nicht angesetzt werden.

Windlasten werden aufgrund der sehr massiven Bauwerksgeometrie nicht bemessungsrelevant. Das überführte Fließgewässer ist nur sehr klein, ein nennenswerter Strömungsdruck

<b>Bauteil:</b>	Lastannahmen	<b>Seite:</b> 12
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

wird selbst bei Starkregenereignissen nicht erwartet. Da kein Verkehrsweg mehr überführt wird und das Bauwerk für Fahrzeugverkehr gesperrt ist, ist kein Fahrzeuganprall an das Bauwerk möglich.

### **3.8 Teilsicherheitsbeiwerte / Kombinationsbeiwerte**

Die Berechnungen werden nach dem Teilsicherheitskonzept nach DIN EN 1990 und Ril 805 Modul 805.0101 Kapitel 4 geführt, vgl. auch Kapitel 2.5 „Hinweise zur Berechnung nach Ril 805“. Die Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsfaktoren werden folgendermaßen angesetzt:

Umrechnungsfaktor  $\eta = 1,0$

Auswirkungen der Lebensdauer, Maßstabeffekte o.ä. werden nicht berücksichtigt.

Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_B = 1,0$

Es wird kein zusätzlicher Teilsicherheitsbeiwert für den Erhaltungszustand berücksichtigt, da der aktuelle Erhaltungszustand durch die Auswahl einer niedrigeren Materialfestigkeitsklasse gemäß aktuellem Baustoffgutachten, bzw. durch einen verminderten Nettoquerschnitt (bei geometrischen Kenngrößen) berücksichtigt wird.

Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$ :

Teilsicherheitsbeiwerte für die Baustoffeigenschaften werden nach den gültigen DIN EN Normen angesetzt.

$\gamma_M = 1,5$  für Mauerwerk und Beton in der ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation

$\gamma_M = 1,3$  für Mauerwerk und Beton in der außergewöhnlichen Bemessungssituation

Teilsicherheitsbeiwerte für Grundbaunachweise werden gemäß Eurocode für die ständige Bemessungssituation (BS-P) angesetzt, vgl. [11.] Tafel 11.5c.

Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_F$ :

Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen werden nach der Ril 805 Modul 805.01.02 Tabelle 1 [1.] und ergänzend nach den gültigen DIN EN Normen [2.] angesetzt.

$\gamma_{G1, \text{gunstig}} = 0,95$  für das Eigengewicht der Konstruktion, abweichend von der Ril 805 mit 0,95 statt 1,0 zur Berücksichtigung von Schwankungen bei der Messung der Rohdichte.

$\gamma_{G1, \text{ungünstig}} = 1,20$  analog zur Ril 805 Tabelle 1 Zeile 6 für Beton- und Stahlbetonkonstruktion mit Massenermittlung nach Plan und Überprüfung vor Ort. Die Schwankungen der Eigengewichtslasten werden beim Mauerwerk als ähnlich groß wie bei Betonkonstruktionen beurteilen. Die Massenermittlung erfolgt nicht nach einem Plan, sondern nach den Skizzen in der vorhandenen Nachrechnung [14.]. Dies wird aber durch die Überprüfung in der Örtlichkeit und die genaue Bestimmung der Rohdichte [13.], als gleichwertig angesehen.

$\gamma_{G2, \text{gunstig}} = 0,95$  für das Eigengewicht der Überschüttung gemäß Ril 805 Modul 805.0102

<b>Bauteil:</b>	Lastannahmen	<b>Seite: 13</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

## Kapitel 5.

$\gamma_{G2,ungünstig} = 1,20$  analog zur Ril 805 Tabelle 1 Zeile 9 für Eigenlasten der Fahrbahn und Bettung mit Ermittlung im Ist-Zustand und begrenzter Füllhöhe. Die Überschüttung wird hinsichtlich der Schwankungen der Eigengewichtslasten als vergleichbar mit der Bettung von Eisenbahnschieben angesehen. Der Fahrbahnbelag wird als konstruktive Begrenzung der Füllhöhe angesehen.

$\gamma_{Zwang} = 1,0$  nach Ril 805 Tabelle 1 Zeile 10-12

$\gamma_{qfk} = 1,35$  für gleichmäßige Verkehrslasten nach DIN EN 1990/NA/A1 Tabelle NA.A:2.1 [2.], auf die Erhöhung auf  $\gamma_{qfk} = 1,5$  gemäß ARS 22/2012 wird verzichtet, da diese nur empfehlenden Charakter hat und aufgrund der abgeschiedenen Lage des Bauwerks und großen Abmessungen nicht mit einer vollflächigen Belastung in dieser Höhe gerechnet wird.

$\gamma_A = 1,0$  in der außergewöhnlichen Lastkombination werden alle Einwirkungen gemäß DIN EN 1990/NA/A1 Tabelle NA.A:2.1 [2.] ohne Teilsicherheitsbeiwerte angesetzt.

Teilsicherheitsbeiwerte für horizontalen Erddruck werden gemäß Eurocode für die ständige Bemessungssituation (BS-P) angesetzt, vgl. [11.] Tafel 11.4. Die Teilsicherheitsbeiwerte für Erddruck aus veränderlichen Einwirkungen werden hierbei nicht höher angesetzt als die Teilsicherheitsbeiwerte der lasterzeugenden Einwirkungen.

### Bemessungswerte geometrischer Größen $a_d$ :

Sofern sich durch vorhandene Querschnittsverluste maßgebende Auswirkungen auf die Tragfähigkeit ergeben, werden die entsprechenden Bauteile in zwei Rechendurchgängen einmal mit den Bruttoquerschnittswerten und einmal mit den Nettoquerschnittswerten nachgewiesen.

### Kombinationsbeiwerte $\Psi$ :

Die Einwirkungskombinationen werden nach den gültigen DIN EN Normen für den Neubau von Fußgängerbrücken gebildet (DIN EN 1990+NA)

### Belastbarkeitsbeiwert $\beta_{qfk}$ :

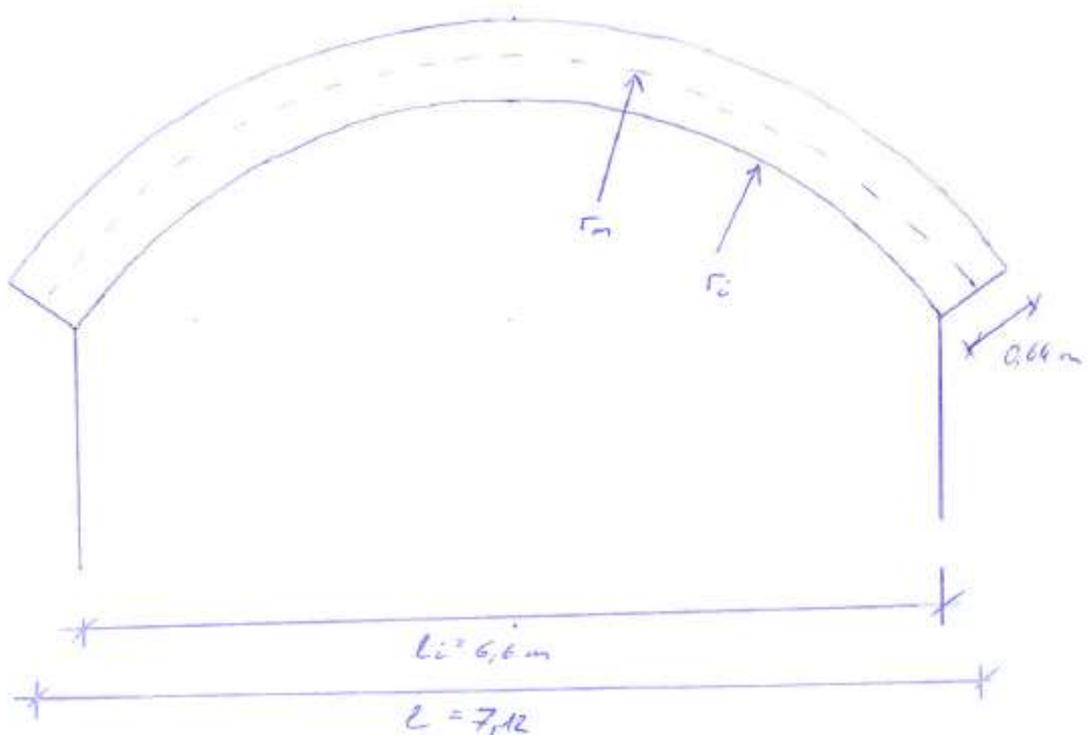
Der Belastbarkeitsbeiwert  $\beta_{UIC}$  gibt nach Ril 805 den Faktor an mit dem die dominierende Verkehrslast (im Falle von Eisenbahnbrücke nach Ril 805 das Lastbild UIC 71, im Fall dieser Nachrechnung bezogen auf die gleichmäßig verteilte Last, daher als  $\beta_{qfk}$  bezeichnet) gesteigert werden kann, sodass das Bauwerk mit der erforderlichen Sicherheit (also allen notwendigen Teilsicherheitsbeiwerten) gerade noch nachgewiesen werden kann.

<b>Bauteil:</b>	Lastannahmen	<b>Seite: 14</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.:</b> 219/067
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

#### **4. Modellierung / Schnittgrößenermittlung**

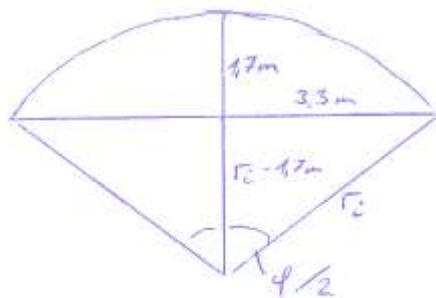
In diesem Kapitel wird auf die Modellierung der Gewölbe eingegangen. Alle drei Felder der Gewölbe sind baugleich, sodass diese anhand eines exemplarischen Gewölbes untersucht werden können. Gemäß [1.] Modul 805.0203 Kapitel 6 (3) ist in der Bewertungsstufe 3 auch bei Gewölbereihen die Untersuchung eines Einzelgewölbes ausreichend, wenn ergänzend die Pfeiler aus der Belastung eines vollbelasteten und eines unbelasteten Gewölbes nachgewiesen werden.



**Abbildung 1: Skizzierung Einzelgewölbe**

<b>Bauteil:</b>	Lastannahmen	<b>Seite:</b> 15
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.:</b> 219/067
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020



$$r_c^2 = (3,3 \text{ m})^2 + (r_c - 1,7 \text{ m})^2$$

$$\rightarrow r_c = 4,053 \text{ m}$$

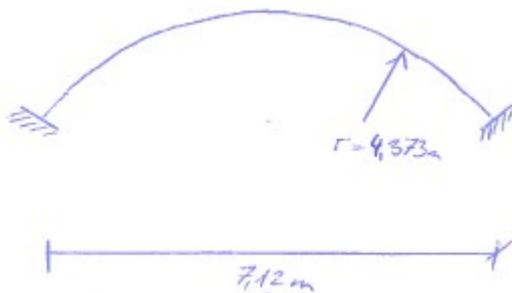
$$\varphi/2 = \arcsin(3,3/4,053) = 54,51^\circ$$

$$\rightarrow \varphi = 109^\circ$$

$$r_m = 4,053 + 0,64/2 = 4,373 \text{ m}$$

$$l = \sin(54,51) \cdot 4,373 \text{ m} \cdot 2 = 7,12 \text{ m}$$

**Abbildung 2: Ermittlung geometrischer Kenngrößen**



**Abbildung 3: Idealisiertes statisches System**

Die Modellierung/Schnittgrößenermittlung erfolgt mittels FE-Berechnung mit dem Programm Dlubal RFEM [17.]. Die Eingabedaten und Berechnungsergebnisse werden im Anhang C protokolliert.

Nachfolgend wird auf einige Besonderheiten bei der Modellierung eingegangen:

**Material:** Mauerziegel (Mz II, 2.0, 4) nach DIN 1053-100. Das Material wird zunächst linear-elastisch angesetzt. Abweichend von den Bestimmungen der DIN EN Normen wurde dem Mauerwerk gemäß der Ril 805 Modul 805.0203 Kapitel 5 (4) eine Zugfestigkeit von 20% bzw.  $0,5 \text{ N/mm}^2$  zugewiesen um einen vorzeitigen Abbruch des Iterationsvorganges zu verhindern.

**Lagerung:** Das Gewölbe wird in der Kämpferfuge als horizontal (in Brückenlängsrichtung) und vertikal unverschieblich gehalten angesetzt, vgl. [1.] Modul 805.0203 Kapitel 4 (15). Zudem wird eine Einspannung in der Kämpferfuge angesetzt, unter der nach der Berechnung zu überprüfenden Annahme, dass die Normalkräfte die Kämpferfuge soweit überdrückt, dass keine klaffenden Risse entstehen. Um modellbedingte Zwängungen zu vermeiden, wird in der Kämpferfuge eine Halterung in Brückenquerrichtung angesetzt. Damit das Modell statisch unverschieblich bleibt wird im Scheitel eine seitliche Halterung

<b>Bauteil:</b>	Lastannahmen	<b>Seite:</b> 16
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

in Brückenquerrichtung als Punktlager angesetzt, welche aber aufgrund von fehlenden Lasten in dieser Richtung lastfrei bleibt.

Lastverteilungsbreite: Siehe Kapitel 3.

Mitwirkende Gewölbebreite: Aufgrund der dreidimensionalen FEM-Modellierung ist die manuelle Vorgabe einer mitwirkenden Gewölbebreite nicht erforderlich.

Lasten: Es werden die Lasten wie im vorherigen Kapitel beschrieben angesetzt. Alle Lasten werden als Flächenlasten in Vertikalrichtung bezogen auf die projizierte Grundfläche angesetzt. Der Bogen wird hierzu in verschiedene Einzelfelder mit konstanter bzw. linearer Belastung aufgeteilt (8 Feldbereiche in Bogenlängsrichtung, 5 bzw. 6 Feldbereiche in Bogenquerrichtung). Die Belastung aus Eigengewicht der Stirnwand und der Überschüttung, welche einen bogenförmigen Verlauf haben, können über den Bereich der einzelnen Feldunterteilung (also über 1/8 der Bogenlänge) durch eine linearen Lastverlauf angenähert werden.

Das unplanmäßige Fahrzeug wird auf das zweite und dritte Achtel in Bogenlängsrichtung und in Querrichtung etwa halbseitig angesetzt, vgl. Kapitel 3.6.

Lastkombinationen: Es werden folgende Lastkombinationen im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die ständig-vorübergehende Bemessungssituation untersucht:

LK1: 1,20 EG Gewölbe + 1,20 EG Ausbau + 1,35 Volllast

LK2: 1,20 EG Gewölbe + 1,20 EG Ausbau + 1,35 Nutzlast halbseitig

LK3: 0,95 EG Gewölbe + 0,95 EG Ausbau + 1,35 Nutzlast halbseitig

In einer Variation des Grundmodells wird die Kombination im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die außergewöhnliche Bemessungssituation untersucht:

LK4: 1,0 EG Gewölbe + 1,0 EG Ausbau + 1,0 außerplanmäßiges Fahrzeug

Es werden folgende Lastkombinationen zur Ermittlung möglicher Auflagerreaktionen auf die Pfeiler/Widerlager untersucht:

LK5: 1,20 EG Gewölbe + 1,20 EG Ausbau + 1,35 Volllast

LK6: 0,95 EG Gewölbe + 0,95 EG Ausbau + 1,35 Volllast

LK7: 1,20 EG Gewölbe + 1,20 EG Ausbau

LK8: 0,95 EG Gewölbe + 0,95 EG Ausbau

Ausgabe: Die Auswertung erfolgt anhand der Grundschnittgrößen, also den Schnittgrößen in Richtung des lokalen Koordinatensystems der einzelnen Flächen (x-Richtung in Bogenquerrichtung, y-Richtung in Brückenlängsrichtung). Da der Lastabtrag vornehmlich in Bogenlängsrichtung stattfindet, stimmen die Grundschnittgrößen weitgehend mit den Hauptschnittgrößen überein, eine Betrachtung der Schnittgrößen in Bogenquerrichtung ist in der Regel nicht

<b>Bauteil:</b>	Lastannahmen	<b>Seite: 17</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

erforderlich. Neben den Grundschnittgrößen werden auch die Grundspannungen mit ausgegeben, anhand deren sich die maßgebenden Bemessungspunkte schnell identifizieren lassen (Maxima der Druck-, Zug- oder Schubspannungen).

In den Feldern unterhalb der Stirnwände in der Nähe der Kämpferfugen, also in den Eckpunkten der Gewölbefläche, treten programmbedingt lokal Singularitäten auf. Diese Singularitäten stellen Spannungsspitzen dar, welche bei der FE-Berechnung in Eckpunkten oder ähnlichen Stellen rechnerisch auftreten können, in der Realität aber nicht auftreten und daher in der Bemessung nicht angesetzt werden müssen. Daher werden bei der Ausgabe der Ergebnisse diese Eckbereiche in einer zweiten Graphikausgabe ausgespart und auch bei der Bemessung nicht berücksichtigt. Dass die Eckbereiche nicht maßgebend für die Bemessung sind, kann man auch damit begründen, dass in diesem Bereich die nicht modellierten Stirnwände wesentlich zum Lastabtrag beitragen und das Gewölbe an dieser Stelle deutlich entlasten.

Auf eine tabellarische Ausgabe der Grundschnittgrößen/Grundspannungen wird verzichtet, um den Umfang der Ausgabedokumente zu begrenzen. Bei Bedarf können diese nachgereicht werden.

**Modellierungsvarianten:** In der Grundvariante werden zunächst die Ergebnisse für einen Belastbarkeitsbeiwert  $\beta_{qfk} = 1,0$  ausgegeben. In Variationen dieser Grundvariante wird der Belastbarkeitsbeiwert solange iterativ variiert, bis die rechnerische Tragfähigkeit des nachzuweisenden Bauteils voll ausgeschöpft ist. In einer weiteren Variante wird der Lastfall unplanmäßiges Fahrzeug untersucht.

<b>Bauteil:</b>	Lastannahmen	<b>Seite: 18</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.:</b> 219/067
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

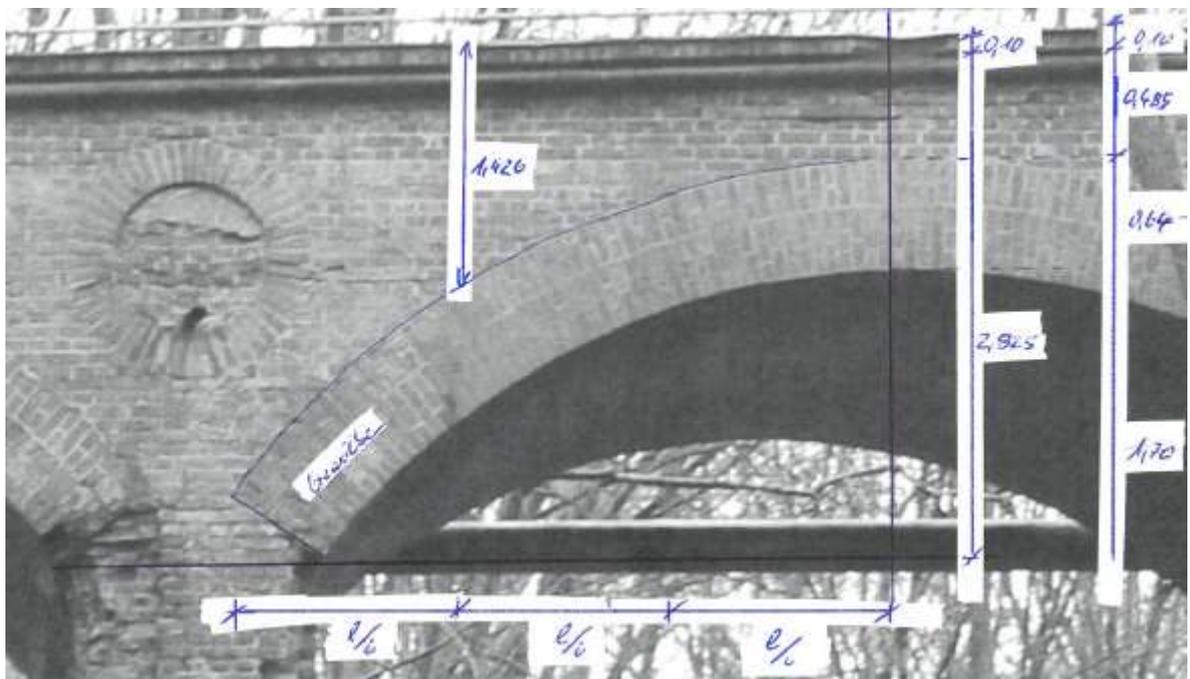
## 5. Standsicherheitsnachweise Überbau

### 5.1 Pos. 1 Stirnmauern

Gemäß Ril 805 Modul 805.0203 Kapitel 3 (17) sollten die Stirnwände nachgewiesen werden, sofern Zweifel an ihrer Standsicherheit bestehen. Da die Flügelwände infolge des Erddrucks teilweise versagt haben, vgl. in Anhang B.3 beschriebenes Schadensbild, bestehen Bedenken, dass auch die Standsicherheit der Stirnwände gefährdet ist.

Für die Berechnung entscheidend ist die Kenntnis der Stirwanddicke und -höhe. Die Stirwanddicke kann in der Örtlichkeit nicht zerstörungsfrei festgestellt werden. Daher wird der in [14.] angesetzte Wert von 0,6 m übernommen. In [14.] wurde als Begründung für diesen Ansatz auf eine Zeichnung des Stadtbauamtes vom 18.06.1967 verwiesen, welche dem Aufsteller nicht vorliegt. Weiterhin sei gemäß [14.] diese Annahme durch das Rissbild bestätigt. Nach eigener Einschätzung ist dieser Ansatz realistisch. Dennoch sollte, sofern im Zuge einer Sanierung oder anderweitig neue Erkenntnisse über die Stirwanddicke vorliegen, geprüft werden, ob die Berechnung dieser Position zu aktualisieren ist.

Die maßgebende Stirwandhöhe wird gemäß nachfolgender Skizze ermittelt. Dabei wird die Stirwandhöhe im Sechstelspann ab Gewölbebeginn angesetzt. Die Höhe wird hierbei über die in Anhang B.2 dokumentierten Maße und durch Abzählen der Steinreihen bestimmt.



**Abbildung 4: Skizzierung maßgebende Stirwandhöhe**

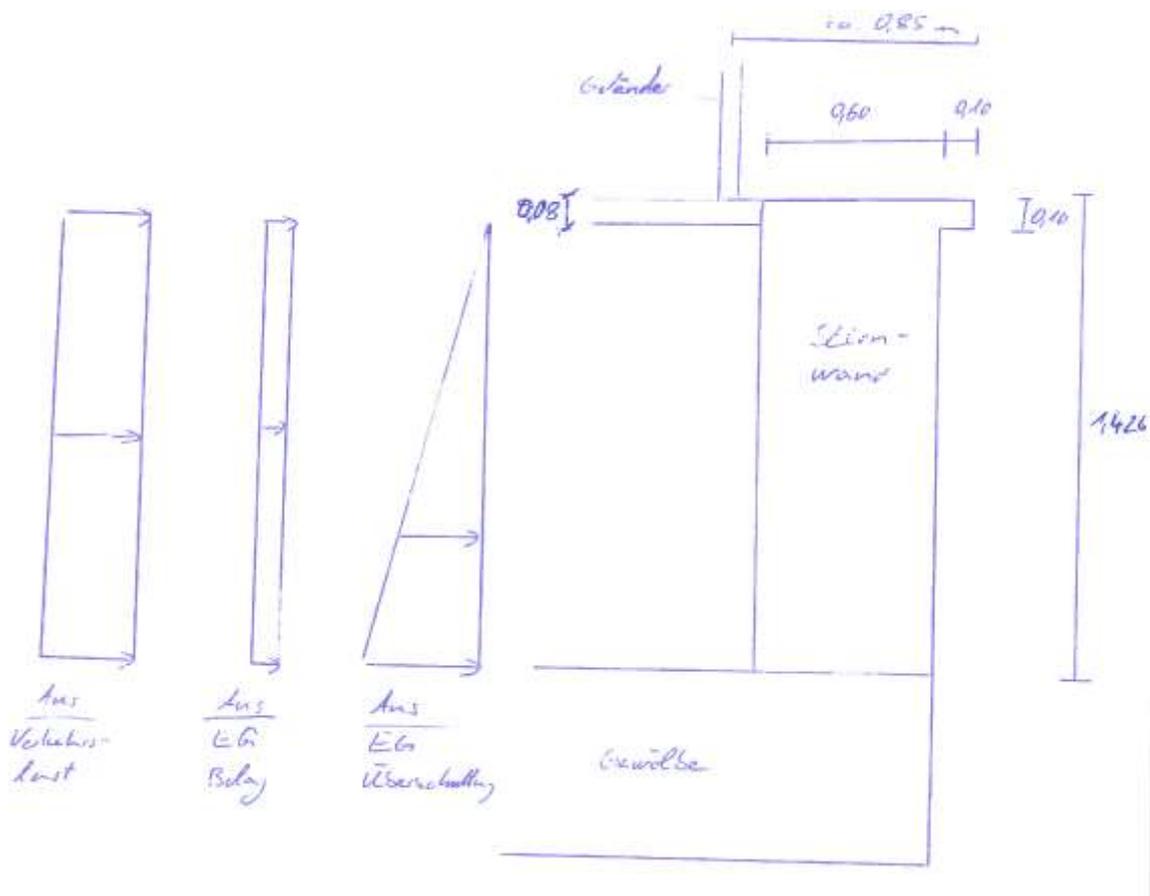
Im Bereich der Kämpfer ergibt sich zwar eine größere Kraghöhe der Stirnwand, dieser Bereich wird aber aus den folgenden Gründen nicht maßgebend:

<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite:</b> 19
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.:</b> 219/067
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

- Es ergibt sich ein mehraxialer Lastabtrag, da die Stirnwand auch horizontal zum Gewölbe Lasten abtragen kann. Hier kann eine Bogentragwirkung angesetzt werden, aus der sich höhere Tragfähigkeiten ergeben als bei einem einachsialen Lastabtrag als Kragträger
- Es ist davon auszugehen, dass die Stirnwand in diesem Bereich unplanmäßig Druckkräfte aus dem Gewölbe aufnehmen, die deren Tragfähigkeit für Plattenbeanspruchung erhöhen.
- Im unteren Bereich kann sich nicht der volle Erddruck ausbilden.

Lasten aus Geländer, Gesims und Entwässerungsleitungen werden aufgrund der geringen Lastanteile vernachlässigt. Dafür wird auf der sicheren Seite die Verkehrslast bis zur Hinterkante der Stirnwand angesetzt.



**Abbildung 5: Belastungsskizze Stirnwand**

Die Berechnung erfolgt für aus Erddruck horizontalbelastetes Mauerwerk nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.3.4 [6.]. Eine Bogentragwirkung wird nicht angesetzt, da die Stirnwand die Lasten als Kragarm abträgt, sodass DIN EN 1996-1-1/NA NCI zu 6.3.4 nicht anwendbar ist.

#### Geometrische Kenngrößen

<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite:</b> 20
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Dicke Stirnwand t	0,60 m
Elastisches Widerstandsmoment Z	60000 cm <sup>3</sup> /m
Maßgebende Höhe Stirnwand	1,426 m
Dicke Belag	0,08 m
Belastungshöhe Erddruck	1,346 m

#### **Belastungsannahmen**

Wichte Mauerwerk	20,0 kN/m <sup>3</sup>
Wichte Überschüttung	19,0 kN/m <sup>3</sup>
Wichte Belag	25,0 kN/m <sup>3</sup>
Verkehrslast (Geländeauflast)	5,0 kN/m <sup>2</sup>
Erddruckbeiwert $K_{agh}$	0,355

#### **Teilsicherheitsbeiwerte**

EG (Mauerwerk)	0,95	
Erddruck (Überschüttung)	1,20	
Erddruck (Belag)	1,20	
Erddruck (Verkehrslast)	1,35	
Belastbarkeitsbeiwert $\beta_{qfk}$	<b>0,0865</b>	
Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrtes MW	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.1

#### **Widerstandswerte**

Mittlere Mindestdruckfestigkeitsklasse $f_{st}$	5,000 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.3 für Mz 4
Druckfestigkeit Mörtel $f_m$	2,500 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.2 für NM II
Beiwert K	0,950	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\alpha$	0,585	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\beta$	0,162	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Charakteristische Druckfestigkeit $f_k$	2,825 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.1
Faktor festigkeitsmindernde Langzeiteinflüsse	0,850	
Bemessungsdruckfestigkeit $f_d$	1,601 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.1
Charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast $f_{vk0}$	0,080 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tabelle NA.11

#### **charakteristische Schnittgrößen**

Normalkraft (EG Mauerwerk)	17,11 kN/m
Schubkraft (EG Mauerwerk)	0,00 kN/m
Moment (EG Mauerwerk)	0,00 kNm/m
Normalkraft (Überschüttung)	0,00 kN/m
Schubkraft (Überschüttung)	6,11 kN/m
Moment (Überschüttung)	2,74 kNm/m
Normalkraft (Belag)	0,00 kN/m
Schubkraft (Belag)	0,96 kN/m
Moment (Belag)	0,64 kNm/m

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 21</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Normalkraft (Verkehrslast)	0,00 kN/m
Schubkraft (Verkehrslast)	2,39 kN/m
Moment (Verkehrslast)	1,61 kNm/m

#### **Bemessungsschnittgrößen**

Normalkraft $N_{Ed}$	16,26 kN/m
Schubkraft $V_{Ed}$	8,76 kN/m
Moment $M_{Ed}$	4,25 kNm/m

#### **Nachweis der vertikalen Belastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.1.2**

Ausmitte infolge Exzentrizität der Normalkraft	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 Bild 6.1
Ausmitte infolge horizontaler Lasten $e_{he}$	0,261 m	$M(Ed) / N(Ed)$
ungewollte Ausmitte $e_{init}$	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.1.2.2 (am Wandfuß)
Lastexzentrizität am Wandfuß $e_i$	0,261 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.5
Abminderungsfaktor $\phi_i$	0,129	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.4
Bemessungswert des Tragwiderstandes $N_{Rd}$	123,65 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.2
Auslastungsgrad $\eta$	0,131	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.1

#### **Nachweis der Plattenbiegung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.3.1 + 6.4.3**

Der Nachweis nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.3.1 (1)-(3) ist nicht zielführend, da nach DIN EN 1996-1-1 NDP zu 3.6.3 (3) keine Biegefestigkeit in Vertikalrichtung  $f_{xk1}$  angesetzt werden darf.

Nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.3.1 (4) (ii) darf der Nachweis auch mit Gleichung 6.2 geführt werden (s.o.), sofern  $\phi$  unter Berücksichtigung der Biegetragfähigkeit  $f_{xd1}$  zu  $\phi_{fl}$  modifiziert wird, ohne aber ein Verfahren für diese Modifikation zu benennen. Da keine Biegetragfähigkeit angesetzt werden darf, erscheint es sinnvoll auf diese Modifikation zu verzichten. Somit ist der Nachweis mit Erfüllung der Gleichung 6.2 erbracht.

#### **Nachweis der Schubbelastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.2**

In Berechnung anzusetzende überdrückte Wanddicke $t_{c,lin}$	0,116 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.20
rechnerische Wanddicke am Wandfuß $t_{cal}$	0,145 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Normalspannung in überdrückter Querschnittsfläche $\sigma_{Dd}$	0,140 N/mm <sup>2</sup>	
Grenzwert $f_{vit}$ für Plattenschub	0,164 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. NA.7
Charakteristische Schubfestigkeit $f_{vk}$	0,1361 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.5
Bemessungswert Schubfestigkeit $f_{vd}$	0,0908 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.2
Schubspannungsverteilungsfaktor $c$	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Bemessungswert des Tragwiderstandes $V_{Rdlt}$	8,76 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.19
Auslastungsgrad $\eta$	1,000	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.12

**Maßgebender Belastbarkeitsbeiwert  $\beta_{qfk} = 0,0865$**

Zur Einschätzung einer möglichen Traglasterrhöhung bei großen Verformungen wird in einem

<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 22</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

zweiten Berechnungsdurchgang der Belastbarkeitsbeiwert bei Ansatz des aktiven Erddruckes bestimmt:

#### Geometrische Kenngrößen

Dicke Stirnwand t	0,60 m
Elastisches Widerstandsmoment Z	60000 cm <sup>3</sup> /m
Maßgebende Höhe Stirnwand	1,426 m
Dicke Belag	0,08 m
Belastungshöhe Erddruck	1,346 m

#### Belastungsannahmen

Wichte Mauerwerk	20,0 kN/m <sup>3</sup>
Wichte Überschüttung	19,0 kN/m <sup>3</sup>
Wichte Belag	25,0 kN/m <sup>3</sup>
Verkehrslast (Geländeauflast)	5,0 kN/m <sup>2</sup>
Erddruckbeiwert $K_{agh}$	0,25

#### Teilsicherheitsbeiwerte

EG (Mauerwerk)	0,95	
Erddruck (Überschüttung)	1,20	
Erddruck (Belag)	1,20	
Erddruck (Verkehrslast)	1,35	
Belastbarkeitsbeiwert $\beta_{qfk}$	<b>0,9576</b>	
Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrtes MW	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.1

#### Widerstandswerte

Mittlere Mindestdruckfestigkeitsklasse $f_{st}$	5,000 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.3 für Mz 4
Druckfestigkeit Mörtel $f_m$	2,500 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.2 für NM II
Beiwert K	0,950	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\alpha$	0,585	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\beta$	0,162	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Charakteristische Druckfestigkeit $f_k$	2,825 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.1
Faktor festigkeitsmindernde Langzeiteinflüsse	0,850	
Bemessungsdruckfestigkeit $f_d$	1,601 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.1
Charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast $f_{vk0}$	0,080 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tabelle NA.11

#### charakteristische Schnittgrößen

Normalkraft (EG Mauerwerk)	17,11 kN/m
Schubkraft (EG Mauerwerk)	0,00 kN/m
Moment (EG Mauerwerk)	0,00 kNm/m
Normalkraft (Überschüttung)	0,00 kN/m
Schubkraft (Überschüttung)	4,30 kN/m
Moment (Überschüttung)	1,93 kNm/m
Normalkraft (Belag)	0,00 kN/m

<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 23</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Schubkraft (Belag)	0,67 kN/m
Moment (Belag)	0,45 kNm/m
Normalkraft (Verkehrslast)	0,00 kN/m
Schubkraft (Verkehrslast)	1,68 kN/m
Moment (Verkehrslast)	1,13 kNm/m

#### **Bemessungsschnittgrößen**

Normalkraft $N_{Ed}$	16,26 kN/m
Schubkraft $V_{Ed}$	8,15 kN/m
Moment $M_{Ed}$	4,32 kNm/m

#### **Nachweis der vertikalen Belastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.1.2**

Ausmitte infolge Exzentrizität der Normalkraft	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 Bild 6.1
Ausmitte infolge horizontaler Lasten $e_{he}$	0,266 m	$M(Ed) / N(Ed)$ nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.1.2.2 (am Wandfuß)
ungewollte Ausmitte $e_{init}$	0,000 m	
Lastexzentrizität am Wandfuß $e_i$	0,266 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.5
Abminderungsfaktor $\phi_i$	0,113	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.4
Bemessungswert des Tragwiderstandes $N_{Rd}$	108,92 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.2
Auslastungsgrad $\eta$	0,149	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.1

#### **Nachweis der Plattenbiegung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.3.1 + 6.4.3**

Der Nachweis nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.3.1 (1)-(3) ist nicht zielführend, da nach DIN EN 1996-1-1 NDP zu 3.6.3 (3) keine Biegefestigkeit in Vertikalrichtung  $f_{xk1}$  angesetzt werden darf.

Nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.3.1 (4) (ii) darf der Nachweis auch mit Gleichung 6.2 geführt werden (s.o.), sofern  $\phi$  unter Berücksichtigung der Biegetragfähigkeit  $f_{xd1}$  zu  $\phi_{fi}$  modifiziert wird, ohne aber ein Verfahren für diese Modifikation zu benennen. Da keine Biegetragfähigkeit angesetzt werden darf, erscheint es sinnvoll auf diese Modifikation zu verzichten. Somit ist der Nachweis mit Erfüllung der Gleichung 6.2 erbracht.

#### **Nachweis der Schubbelastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.2**

In Berechnung anzusetzende überdrückte Wanddicke $t_{c,lin}$	0,102 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.20
rechnerische Wanddicke am Wandfuß $t_{cal}$	0,128 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Normalspannung in überdrückter Querschnittsfläche $\sigma_{Dd}$	0,159 N/mm <sup>2</sup>	
Grenzwert $f_{vit}$ für Plattenschub	0,176 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. NA.7
Charakteristische Schubfestigkeit $f_{vk}$	0,1437 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.5
Bemessungswert Schubfestigkeit $f_{vd}$	0,0958 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.2
Schubspannungsverteilungsfaktor $c$	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Bemessungswert des Tragwiderstandes $V_{Rdlt}$	8,15 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.19
Auslastungsgrad $\eta$	1,000	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.12

Belastbarkeitsbeiwert bei Vergleichsrechnung mit aktiven Erddruck  $\beta_{qfk} = 0,958$

<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 24</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 25</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

## 5.2 Pos. 2 Gewölbe

Bei der Auswertung der FEM-Berechnung zeigt sich, dass in Querrichtung keine nennenswerten Schnittgrößen/Spannungen auftreten und diese, wenn lokal Spannungsspitzen vorhanden sind auf Singularitäten in der Berechnung zurückzuführen sind. Für die Bemessung können die Grundschnittgrößen zugrunde gelegt werden, da sich keine nennenswerte Abweichung zu den Hauptschnittgrößen feststellen lässt (z.B. maßgebendes Moment in Bogenlängsrichtung  $m_y = -18,06 \text{ kNm/m}$ ; maßgebendes Hauptmoment  $m_2 = 18,12 \text{ kNm/m}$ ).

Die Nachweise werden an den Punkten und Kombinationen geführt, an denen sich die maximalen bzw. minimalen Spannungen in Längsrichtung ergeben.

### Nachweise mit $\beta_{\text{qfk}} = 1,0$

Maximale Druckspannung:  $\sigma_{y,+} = -0,60 \text{ N/mm}^2$  (Kämpferfuge belastete Seite, unten, LK2)

Zugehörige Schnittgrößen:

$$m_y = -18,13 \text{ kNm/m} \quad v_y = -6,43 \text{ kN/m} \quad n_y = -211,75 \text{ kN/m}$$

Minimale Druckspannung:  $\sigma_{y,+} = -0,031 \text{ N/mm}^2$  (Scheitel, unten, LK3)

Zugehörige Schnittgrößen:

$$m_y = 8,88 \text{ kNm/m} \quad v_y = 0,52 \text{ kN/m} \quad n_y = -103,36 \text{ kN/m}$$

Aus den ausgegebenen Spannungen geht hervor, dass in Bogenlängsrichtung keine Zugspannungen auftreten. In Bogenquerrichtung treten nur minimale Zugspannungen auf ( $\sigma_x \leq 0,022 \text{ N/mm}^2$ ).

Nachweis mit maximaler Druckspannung:

### Geometrische Kenngrößen

Dicke Gewölbe t	0,64 m
Elastisches Widerstandsmoment Z	68266,7 cm <sup>3</sup> /m

### Teilsicherheitsbeiwerte

Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrtes MW	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.1
---	------	--------------------------------

### Widerstandswerte

Mittlere Mindestdruckfestigkeitsklasse $f_{st}$	5,000 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.3 für Mz 4
Druckfestigkeit Mörtel $f_m$	2,500 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.2 für NM II
Beiwert K	0,950	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\alpha$	0,585	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\beta$	0,162	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Charakteristische Druckfestigkeit $f_k$	2,825 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.1
Faktor festigkeitsmindernde Langzeiteinflüsse	0,850	
Bemessungsdruckfestigkeit $f_d$	1,601 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.1
Charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast $f_{vk0}$	0,080 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tabelle NA.11

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 26</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

### Bemessungsschnittgrößen

Normalkraft $N_{Ed}$	211,75 kN/m	Druckspannung als positiver Wert
Schubkraft $V_{Ed}$	6,43 kN/m	Betrag angesetzt
Moment $M_{Ed}$	18,13 kNm/m	Betrag angesetzt

### Nachweis der Belastung in Längsrichtung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel

#### 6.1.2

Ausmitte infolge Exzentrizität der Normalkraft	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 Bild 6.1
Ausmitte infolge horizontaler Lasten $e_{he}$	0,086 m	$M(Ed) / N(Ed)$
ungewollte Ausmitte $e_{init}$	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.1.2.2
Lastexzentrizität $e_i$	0,086 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.5
Abminderungsfaktor $\phi_i$	0,732	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.4
Bemessungswert des Tragwiderstandes $N_{Rd}$	750,53 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.2
Auslastungsgrad $\eta$	0,282	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.1

### Nachweis der Schubbelastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.2

In Berechnung anzusetzende überdrückte Gewölbedicke $t_{c,lin}$	0,640 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.20
rechnerische Gewölbedicke $t_{cal}$	0,640 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Normalspannung in überdrückter Querschnittsfläche $\sigma_{Dd}$	0,331 N/mm <sup>2</sup>	
Grenzwert $f_{vit}$ für Plattenschub	0,279 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. NA.7
Charakteristische Schubfestigkeit $f_{vk}$	0,2123 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.5
Bemessungswert Schubfestigkeit $f_{vd}$	0,1416 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.2
Schubspannungsverteilungsfaktor $c$	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Bemessungswert des Tragwiderstandes $V_{Rdlit}$	60,40 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.19
Auslastungsgrad $\eta$	0,106	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.12

Nachweis mit minimaler Druckspannung:

### Geometrische Kenngrößen

Dicke Gewölbe $t$	0,64 m
Elastisches Widerstandsmoment $Z$	68266,7 cm <sup>3</sup> /m

### Teilsicherheitsbeiwerte

Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrtes MW	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.1
---	------	--------------------------------

### Widerstandswerte

Mittlere Mindestdruckfestigkeitsklasse $f_{st}$	5,000 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.3 für Mz 4
Druckfestigkeit Mörtel $f_m$	2,500 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.2 für NM II
Beiwert $K$	0,950	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\alpha$	0,585	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\beta$	0,162	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Charakteristische Druckfestigkeit $f_k$	2,825 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.1

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 27</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Faktor festigkeitsmindernde Langzeiteinflüsse	0,850	
Bemessungsdruckfestigkeit $f_d$	1,601 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.1
Charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast $f_{vk0}$	0,080 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tabelle NA.11

#### **Bemessungsschnittgrößen**

Normalkraft $N_{Ed}$	103,36 kN/m	Druckspannung als positiver Wert
Schubkraft $V_{Ed}$	0,52 kN/m	Betrag angesetzt
Moment $M_{Ed}$	8,88 kNm/m	Betrag angesetzt

#### **Nachweis der Belastung in Längsrichtung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel**

##### **6.1.2**

Ausmitte infolge Exzentrizität der Normalkraft	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 Bild 6.1
Ausmitte infolge horizontaler Lasten $e_{he}$	0,086 m	$M(Ed) / N(Ed)$
ungewollte Ausmitte $e_{init}$	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.1.2.2
Lastexzentrizität $e_i$	0,086 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.5
Abminderungsfaktor $\phi_i$	0,732	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.4
Bemessungswert des Tragwiderstandes $N_{Rd}$	749,59 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.2
Auslastungsgrad $\eta$	0,138	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.1

#### **Nachweis der Schubbelastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.2**

In Berechnung anzusetzende überdrückte Gewölbedicke $t_{c,lin}$	0,640 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.20
rechnerische Gewölbedicke $t_{cal}$	0,640 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Normalspannung in überdrückter Querschnittsfläche $\sigma_{Dd}$	0,162 N/mm <sup>2</sup>	
Grenzwert $f_{vit}$ für Plattenschub	0,177 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. NA.7
Charakteristische Schubfestigkeit $f_{vk}$	0,1446 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.5
Bemessungswert Schubfestigkeit $f_{vd}$	0,0964 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.2
Schubspannungsverteilungsfaktor $c$	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Bemessungswert des Tragwiderstandes $V_{Rdl}$	41,13 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.19
Auslastungsgrad $\eta$	0,013	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.12

Minimale Schubspannung:  $T_{yz} = -0,029 \text{ N/mm}^2$  (ca. im Achtelpunkt, in Querrichtung mittig, LK2)

Zugehörige Schnittgrößen:

$$m_y = -7,63 \text{ kNm/m} \quad v_y = -12,31 \text{ kN/m} \quad n_y = -173,62 \text{ kN/m}$$

#### **Geometrische Kenngrößen**

Dicke Gewölbe $t$	0,64 m
Elastisches Widerstandsmoment $Z$	68266,7 cm <sup>3</sup> /m

#### **Teilsicherheitsbeiwerte**

Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrtes MW	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.1
---	------	--------------------------------

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 28</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

### Widerstandswerte

Mittlere Mindestdruckfestigkeitsklasse $f_{st}$	5,000 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.3 für Mz 4
Druckfestigkeit Mörtel $f_m$	2,500 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.2 für NM II
Beiwert K	0,950	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\alpha$	0,585	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\beta$	0,162	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Charakteristische Druckfestigkeit $f_k$	2,825 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.1
Faktor festigkeitsmindernde Langzeiteinflüsse	0,850	
Bemessungsdruckfestigkeit $f_d$	1,601 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.1
Charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast $f_{vk0}$	0,080 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tabelle NA.11

### Bemessungsschnittgrößen

Normalkraft $N_{Ed}$	173,62 kN/m	Druckspannung als positiver Wert
Schubkraft $V_{Ed}$	12,31 kN/m	Betrag angesetzt
Moment $M_{Ed}$	7,63 kNm/m	Betrag angesetzt

### Nachweis der Belastung in Längsrichtung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel

#### 6.1.2

Ausmitte infolge Exzentrizität der Normalkraft	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 Bild 6.1
Ausmitte infolge horizontaler Lasten $e_{he}$	0,044 m	$M(Ed) / N(Ed)$
ungewollte Ausmitte $e_{init}$	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.1.2.2
Lastexzentrizität $e_i$	0,044 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.5
Abminderungsfaktor $\phi_i$	0,863	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.4
Bemessungswert des Tragwiderstandes $N_{Rd}$	883,97 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.2
Auslastungsgrad $\eta$	0,196	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.1

### Nachweis der Schubbelastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.2

In Berechnung anzusetzende überdrückte Gewölbedicke $t_{c,lin}$	0,640 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.20
rechnerische Gewölbedicke $t_{cal}$	0,640 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Normalspannung in überdrückter Querschnittsfläche $\sigma_{Dd}$	0,271 N/mm <sup>2</sup>	
Grenzwert $f_{vit}$ für Plattenschub	0,243 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. NA.7
Charakteristische Schubfestigkeit $f_{vk}$	0,1885 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.5
Bemessungswert Schubfestigkeit $f_{vd}$	0,1257 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.2
Schubspannungsverteilungsfaktor c	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Bemessungswert des Tragwiderstandes $V_{Rdt}$	53,62 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.19
Auslastungsgrad $\eta$	0,230	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.12

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 29</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

### Nachweise mit $\beta_{qfk} = 18,8$

Maximale Druckspannung:  $\sigma_{y,+} = -1,973 \text{ N/mm}^2$  (Kämpferfuge, mittig, LK2)

Zugehörige Schnittgrößen:

$$m_y = -82,22 \text{ kNm/m} \quad v_y = -49,80 \text{ kN/m} \quad n_y = -485,85 \text{ kN/m}$$

#### Geometrische Kenngrößen

Dicke Gewölbe t	-	-	- -
Elastisches Widerstandsmoment Z	68266,7	cm <sup>3</sup> /m	

#### Teilsicherheitsbeiwerte

Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrtes MW	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.1
---	------	--------------------------------

#### Widerstandswerte

Mittlere Mindestdruckfestigkeitsklasse $f_{st}$	5,000	N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.3 für Mz 4
Druckfestigkeit Mörtel $f_m$	2,500	N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.2 für NM II
Beiwert K	0,950		nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\alpha$	0,585		nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\beta$	0,162		nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Charakteristische Druckfestigkeit $f_k$	2,825	N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.1
Faktor festigkeitsmindernde Langzeiteinflüsse	0,850		
Bemessungsdruckfestigkeit $f_d$	1,601	N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.1
Charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast $f_{vk0}$	0,080	N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tabelle NA.11

#### Bemessungsschnittgrößen

Normalkraft $N_{Ed}$	485,85	kN/m	Druckspannung als positiver Wert
Schubkraft $V_{Ed}$	49,80	kN/m	Betrag angesetzt
Moment $M_{Ed}$	82,22	kNm/m	Betrag angesetzt

#### Nachweis der Belastung in Längsrichtung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.1.2

Ausmitte infolge Exzentrizität der Normalkraft	0,000	m	nach DIN EN 1996-1-1 Bild 6.1
Ausmitte infolge horizontaler Lasten $e_{he}$	0,169	m	$M(Ed) / N(Ed)$
ungewollte Ausmitte $e_{init}$	0,000	m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.1.2.2
Lastexzentrizität $e_i$	0,169	m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.5
Abminderungsfaktor $\phi_i$	0,471		nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.4
Bemessungswert des Tragwiderstandes $N_{Rd}$	482,79	kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.2
Auslastungsgrad $\eta$	1,006		nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.1

#### Nachweis der Schubbelastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.2

In Berechnung anzusetzende überdrückte Gewölbedicke $t_{c,lin}$	0,452	m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.20
rechnerische Gewölbedicke $t_{cal}$	0,565	m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Normalspannung in überdrückter Querschnittsfläche $\sigma_{Dd}$	1,074	N/mm <sup>2</sup>	

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 30</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Grenzwert $f_{vit}$ für Plattenschub	0,724 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. NA.7
Charakteristische Schubfestigkeit $f_{vk}$	0,5097 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.5
Bemessungswert Schubfestigkeit $f_{vd}$	0,3398 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.2
Schubspannungsverteilungsfaktor $c$	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Bemessungswert des Tragwiderstandes $V_{Rdl}$	128,07 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.19
Auslastungsgrad $\eta$	0,389	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.12

Maximale rechnerische Zugspannung:  $\sigma_{y,+} = 0,471 \text{ N/mm}^2$  (Kämpferfuge, mittig, LK3)

Zugehörige Schnittgrößen:

$$m_y = -79,18 \text{ kNm/m} \quad v_y = -49,08 \text{ kN/m} \quad n_y = -444,88 \text{ kN/m}$$

#### Geometrische Kenngrößen

Dicke Gewölbe $t$	0,64 m	-
Elastisches Widerstandsmoment $Z$	68266,7 cm <sup>3</sup> /m	-

#### Teilsicherheitsbeiwerte

Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrtes MW	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.1
---	------	--------------------------------

#### Widerstandswerte

Mittlere Mindestdruckfestigkeitsklasse $f_{st}$	5,000 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.3 für Mz 4
Druckfestigkeit Mörtel $f_m$	2,500 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.2 für NM II
Beiwert $K$	0,950	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\alpha$	0,585	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\beta$	0,162	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Charakteristische Druckfestigkeit $f_k$	2,825 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.1
Faktor festigkeitsmindernde Langzeiteinflüsse	0,850	
Bemessungsdruckfestigkeit $f_d$	1,601 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.1
Charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast $f_{vk0}$	0,080 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tabelle NA.11

#### Bemessungsschnittgrößen

Normalkraft $N_{Ed}$	444,88 kN/m	Druckspannung als positiver Wert
Schubkraft $V_{Ed}$	49,08 kN/m	Betrag angesetzt
Moment $M_{Ed}$	79,18 kNm/m	Betrag angesetzt

#### Nachweis der Belastung in Längsrichtung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel

##### 6.1.2

Ausmitte infolge Exzentrizität der Normalkraft	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 Bild 6.1
Ausmitte infolge horizontaler Lasten $e_{he}$	0,178 m	$M(Ed) / N(Ed)$
ungewollte Ausmitte $e_{init}$	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.1.2.2
Lastexzentrizität $e_i$	0,178 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.5
Abminderungsfaktor $\phi_i$	0,444	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.4
Bemessungswert des Tragwiderstandes $N_{Rd}$	454,77 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.2

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 31</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Auslastungsgrad  $\eta$  **0,978** nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.1

**Nachweis der Schubbelastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.2**

In Berechnung anzusetzende überdrückte Gewölbe-

dicke  $t_{c,lin}$  0,426 m nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.20

rechnerische Gewölbedicke  $t_{cal}$  0,533 m nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2

Normalspannung in überdrückter Querschnittsfläche

$\sigma_{Dd}$  1,044 N/mm<sup>2</sup>

Grenzwert  $f_{vit}$  für Plattenschub 0,707 N/mm<sup>2</sup> nach DIN EN 1996-1-1 Gl. NA.7

Charakteristische Schubfestigkeit  $f_{vk}$  0,4977 N/mm<sup>2</sup> nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.5  
nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.2

Bemessungswert Schubfestigkeit  $f_{vd}$  0,3318 N/mm<sup>2</sup>

Schubspannungsverteilungsfaktor  $c$  1,50 nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2

Bemessungswert des Tragwiderstandes  $V_{Rdt}$  117,80 kN/m nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.19

Auslastungsgrad  $\eta$  **0,417** nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.12

Minimale Schubspannung:  $T_{yz} = -0,152 \text{ N/mm}^2$  (ca. im Achtelspankt, in Querrichtung mittig, LK2)

Zugehörige Schnittgrößen:

$m_y = -21,60 \text{ kNm/m}$     $v_y = -64,57 \text{ kN/m}$     $n_y = -395,04 \text{ kN/m}$

**Geometrische Kenngrößen**

Dicke Gewölbe  $t$  0,64 m

Elastisches Widerstandsmoment  $Z$  68266,7 cm<sup>3</sup>/m

**Teilsicherheitsbeiwerte**

Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrtes MW 1,50 nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.1

**Widerstandswerte**

Mittlere Mindestdruckfestigkeitsklasse  $f_{st}$  5,000 N/mm<sup>2</sup> nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.3 für Mz 4

Druckfestigkeit Mörtel  $f_m$  2,500 N/mm<sup>2</sup> nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.2 für NM II

Beiwert  $K$  0,950 nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6

Beiwert  $\alpha$  0,585 nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6

Beiwert  $\beta$  0,162 nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6

Charakteristische Druckfestigkeit  $f_k$  2,825 N/mm<sup>2</sup> nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.1

Faktor festigkeitsmindernde Langzeiteinflüsse 0,850

Bemessungsdruckfestigkeit  $f_d$  1,601 N/mm<sup>2</sup> nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.1

Charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast 0,080 nach DIN EN 1996-1-1 Tabelle NA.11

$f_{vk0}$  N/mm<sup>2</sup>

**Bemessungsschnittgrößen**

Normalkraft  $N_{Ed}$  395,04 kN/m Druckspannung als positiver Wert

Schubkraft  $V_{Ed}$  64,57 kN/m Betrag angesetzt

Moment  $M_{Ed}$  21,60 kNm/m Betrag angesetzt

**Nachweis der Belastung in Längsrichtung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel**

**6.1.2**

<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 32</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Ausmitte infolge Exzentrizität der Normalkraft	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 Bild 6.1
Ausmitte infolge horizontaler Lasten $e_{he}$	0,055 m	M(Ed) / N(Ed)
ungewollte Ausmitte $e_{init}$	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.1.2.2
Lastexzentrizität	0,055 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.5
Abminderungsfaktor $\phi_i$	0,829	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.4
Bemessungswert des Tragwiderstandes $N_{Rd}$	849,61 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.2
Auslastungsgrad $\eta$	0,465	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.1

#### **Nachweis der Schubbelastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.2**

In Berechnung anzusetzende überdrückte Gewölbedicke $t_{c,lin}$	0,640 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.20
rechnerische Gewölbedicke $t_{cal}$	0,640 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Normalspannung in überdrückter Querschnittsfläche $\sigma_{Dd}$	0,617 N/mm <sup>2</sup>	
Grenzwert $f_{vit}$ für Plattenschub	0,450 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. NA.7
Charakteristische Schubfestigkeit $f_{vk}$	0,3269 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.5
Bemessungswert Schubfestigkeit $f_{vd}$	0,2179 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.2
Schubspannungsverteilungsfaktor $c$	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Bemessungswert des Tragwiderstandes $V_{Rdt}$	92,98 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.19
Auslastungsgrad $\eta$	0,694	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.12

Maximale Schubspannung:  $\tau_{yz} = 0,140 \text{ N/mm}^2$  (im Scheitel, in Querrichtung mittig, LK3)

Zugehörige Schnittgrößen:

$$m_y = 23,66 \text{ kNm/m} \quad v_y = -59,10 \text{ kN/m} \quad n_y = -246,78 \text{ kN/m}$$

#### **Geometrische Kenngrößen**

Dicke Gewölbe $t$	0,64 m
Elastisches Widerstandsmoment $Z$	68266,7 cm <sup>3</sup> /m

#### **Teilsicherheitsbeiwerte**

Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrtes MW	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.1
---	------	--------------------------------

#### **Widerstandswerte**

Mittlere Mindestdruckfestigkeitsklasse $f_{st}$	5,000 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.3 für Mz 4
Druckfestigkeit Mörtel $f_m$	2,500 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.2 für NM II
Beiwert $K$	0,950	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\alpha$	0,585	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\beta$	0,162	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Charakteristische Druckfestigkeit $f_k$	2,825 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.1
Faktor festigkeitsmindernde Langzeiteinflüsse	0,850	
Bemessungsdruckfestigkeit $f_d$	1,601 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.1

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 33</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast  $f_{vk0}$  0,080 N/mm<sup>2</sup> nach DIN EN 1996-1-1 Tabelle NA.11

### **Bemessungsschnittgrößen**

Normalkraft  $N_{Ed}$  246,78 kN/m Druckspannung als positiver Wert  
 Schubkraft  $V_{Ed}$  59,10 kN/m Betrag angesetzt  
 Moment  $M_{Ed}$  23,66 kNm/m Betrag angesetzt

### **Nachweis der Belastung in Längsrichtung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel**

#### **6.1.2**

Ausmitte infolge Exzentrizität der Normalkraft 0,000 m nach DIN EN 1996-1-1 Bild 6.1  
 Ausmitte infolge horizontaler Lasten  $e_{he}$  0,096 m  $M(Ed) / N(Ed)$   
 ungewollte Ausmitte  $e_{init}$  0,000 m nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.1.2.2  
 Lastexzentrizität  $e_i$  0,096 m nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.5  
 Abminderungsfaktor  $\phi_i$  0,700 nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.4  
 Bemessungswert des Tragwiderstandes  $N_{Rd}$  717,69 kN/m nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.2  
 Auslastungsgrad  $\eta$  0,344 nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.1

### **Nachweis der Schubbelastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.2**

In Berechnung anzusetzende überdrückte Gewölbedicke  $t_{c,lin}$  0,640 m nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.20  
 rechnerische Gewölbedicke  $t_{cal}$  0,640 m nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2  
 Normalspannung in überdrückter Querschnittsfläche  $\sigma_{Dd}$  0,386 N/mm<sup>2</sup>  
 Grenzwert  $f_{vit}$  für Plattenschub 0,311 N/mm<sup>2</sup> nach DIN EN 1996-1-1 Gl. NA.7  
 Charakteristische Schubfestigkeit  $f_{vk}$  0,2342 N/mm<sup>2</sup> nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.5  
 Bemessungswert Schubfestigkeit  $f_{vd}$  0,1562 N/mm<sup>2</sup> nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.2  
 Schubspannungsverteilungsfaktor  $c$  1,50 nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2  
 Bemessungswert des Tragwiderstandes  $V_{Rdlt}$  66,63 kN/m nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.19  
 Auslastungsgrad  $\eta$  0,887 nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.12

### **Einführung von „Fließgelenken“ – Nachweis als Dreigelenkbogen**

Bei einer weiteren Laststeigerung bildet sich an den Stellen, an welchen die Ausmitte der Normalkraft am größten ist, durch die Rotationsfähigkeit infolge der Rissbildung (klaffende Fuge) eine Art Fließgelenk aus [12.]. Da es sich bei dem Bogen um ein statisch überbestimmtes System handelt, können sich an mehreren Stellen solche „Fließgelenke“ ausbilden bis das statisch bestimmte System eines Dreigelenkbogens erreicht ist und der Bogen bei Bildung des vierten „Fließgelenkes“ infolge der statischen Unbestimmtheit versagt. Auf eine Berücksichtigung dieser Fließgelenke in der Modellierung wird verzichtet, da auch ohne Berücksichtigung dieser Lastreserven eine mehr als ausreichende Tragfähigkeit nachgewiesen werden kann ( $\beta_{qfk} = 18,8$ ). Zudem ist der Nachweis als Dreigelenkbogen gemäß Ril 805 [1.] Modul 805.0203 Kapitel 5 (2) nur für die Bewertungsstufe 2 und für ein Verhältnis von

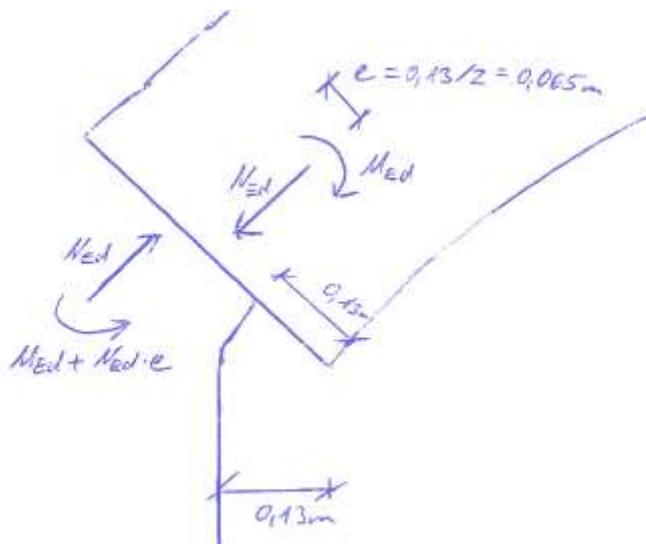
<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 34</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.:</b> 219/067
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Stichmaß zur lichten Bogenweite  $f / L \leq 0,25$  (vorhandenes Verhältnis  $f / L = 0,266$ ) zugelassen.

### Nachweis Kämpferfuge mit Nettoquerschnitt

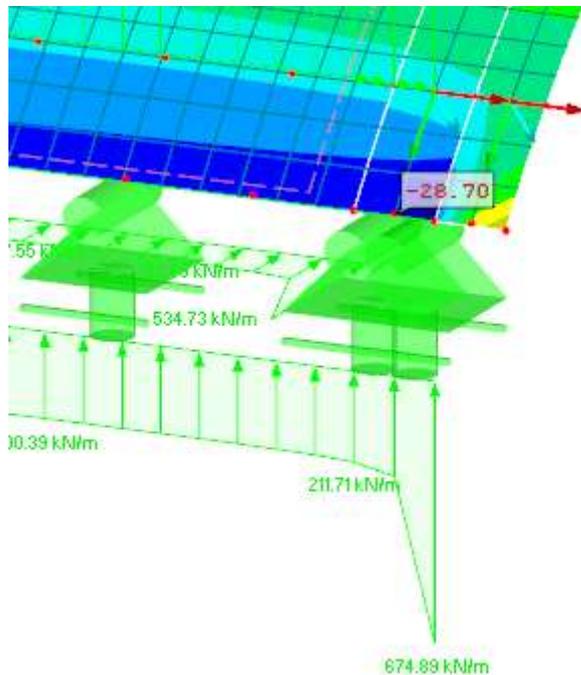
Aufgrund der hohen Querschnittsverluste der Pfeiler muss davon ausgegangen werden, dass an den Pfeilern die äußere bzw. stirnseitig die äußeren beiden Steinreihen fehlen oder statisch nicht mehr wirksam sind. Damit fehlt dem Gewölbe in der Kämpferfuge am Intrados das Auflager, sodass hier das Gewölbe nicht über die volle Gewölbedicke mitträgt und zudem ein Moment aus dem Versatz der Normalkraft entsteht.



Weiterhin fehlt dem Gewölbe in den Eckbereichen auf bis zu 0,26 m Breite (also auf der Breite von zwei Steinreihen) das Auflager, wodurch in der Kämpferfuge im anschließenden Bereich höhere Spannungen auftreten. In der FE-Berechnung wird dies durch die Wegnahme der Linienlager in den 0,28 m breiten Randstreifen simuliert. Es entstehen Spannungsspitzen an den Enden der Linienlager, welche in der FE-Berechnung deutlich überschätzt werden, da die Kämpferfuge im Modell als unverschieblich angesetzt wird, das elasto-plastische Materialverhalten des Mauerwerks [12.] und die damit verbundene Möglichkeit zur Lastumlagerung also nicht berücksichtigt wird. Außerdem bleibt die mittragende Wirkung der Stirnwände im Modell unberücksichtigt. Für den Nachweis werden daher nicht die Schnittgrößen am Ende der Linienlager sondern im Abstand von 0,16 m von diesem angesetzt.

<b>Bauteil:</b>	Standortsicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite:</b> 35
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020



Die Ermittlung der Schnittgrößen erfolgt in einer Nebenrechnung durch eine Variation des Grundmodells mit der oben beschriebenen Anpassung der Linienlagerlänge sowie dem iterativ angepassten Belastbarkeitsbeiwert  $\beta_{qfk} = 3,47$ .

#### Geometrische Kenngrößen

Dicke Gewölbe $t$	0,51 m
Elastisches Widerstandsmoment $Z$	43350 cm <sup>3</sup> /m
Versatz in Kämpferfuge	0,065 m

#### Teilsicherheitsbeiwerte

Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrtes MW	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.1
---	------	--------------------------------

#### Widerstandswerte

Mittlere Mindestdruckfestigkeitsklasse $f_{st}$	5,000 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.3 für Mz 4
Druckfestigkeit Mörtel $f_m$	2,500 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.2 für NM II
Beiwert $K$	0,950	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\alpha$	0,585	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\beta$	0,162	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Charakteristische Druckfestigkeit $f_k$	2,825 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.1
Faktor festigkeitsmindernde Langzeiteinflüsse	0,850	
Bemessungsdruckfestigkeit $f_d$	1,601 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.1
Charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast $f_{vk0}$	0,080 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tabelle NA.11

#### Bemessungsschnittgrößen

<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 36</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Normalkraft $N_{Ed}$	278,52 kN/m	Druckspannung als positiver Wert
Schubkraft $V_{Ed}$	18,16 kN/m	Betrag angesetzt
Moment aus RFEM-Berechnung	28,70 kNm/m	Betrag angesetzt
Moment aus Versatz Normalkraft	18,10 kNm/m	Betrag angesetzt
Moment $M_{Ed}$	46,80 kNm/m	Betrag angesetzt

#### **Nachweis der Belastung in Längsrichtung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel**

##### **6.1.2**

Ausmitte infolge Exzentrizität der Normalkraft	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 Bild 6.1
Ausmitte infolge horizontaler Lasten $e_{he}$	0,168 m	$M(Ed) / N(Ed)$
ungewollte Ausmitte $e_{init}$	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.1.2.2 (am Wandfuß)
Lastexzentrizität $e_i$	0,168 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.5
Abminderungsfaktor $\phi_i$	0,341	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.4
Bemessungswert des Tragwiderstandes $N_{Rd}$	278,45 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.2
Auslastungsgrad $\eta$	1,000	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.1

#### **Nachweis der Schubbelastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.2**

In Berechnung anzusetzende überdrückte Gewölbedicke $t_{c,lin}$	0,261 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.20
rechnerische Gewölbedicke $t_{cal}$	0,326 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Normalspannung in überdrückter Querschnittsfläche $\sigma_{Dd}$	1,068 N/mm <sup>2</sup>	
Grenzwert $f_{vit}$ für Plattenschub	0,721 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. NA.7
Charakteristische Schubfestigkeit $f_{vk}$	0,5071 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.5
Bemessungswert Schubfestigkeit $f_{vd}$	0,3380 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.2
Schubspannungsverteilungsfaktor $c$	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Bemessungswert des Tragwiderstandes $V_{Rdlt}$	73,49 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.19
Auslastungsgrad $\eta$	0,247	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.12

### **Vergleichsrechnung mit Lastfall „Außerplanmäßiges Fahrzeug“**

Nachweis in der Kämpferfuge (maßgebendes „Stützmoment“):

#### **Geometrische Kenngrößen**

Dicke Gewölbe $t$	0,64 m
Elastisches Widerstandsmoment $Z$	68266,7 cm <sup>3</sup> /m

#### **Teilsicherheitsbeiwerte**

Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrtes MW	1,30	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.1
---	------	--------------------------------

#### **Widerstandswerte**

Mittlere Mindestdruckfestigkeitsklasse $f_{st}$	5,000 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.3 für Mz 4
Druckfestigkeit Mörtel $f_m$	2,500 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.2 für NM II
Beiwert $K$	0,950	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 37</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Beiwert $\alpha$	0,585	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\beta$	0,162	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Charakteristische Druckfestigkeit $f_k$	2,825 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.1
Faktor festigkeitsmindernde Langzeiteinflüsse	0,850	
Bemessungsdruckfestigkeit $f_d$	1,847 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.1
Charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast $f_{vk0}$	0,080 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tabelle NA.11

### **Bemessungsschnittgrößen**

Normalkraft $N_{Ed}$	189,05 kN/m	Druckspannung als positiver Wert
Schubkraft $V_{Ed}$	8,94 kN/m	Betrag angesetzt
Moment $M_{Ed}$	20,61 kNm/m	Betrag angesetzt

### **Nachweis der Belastung in Längsrichtung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel**

#### **6.1.2**

Ausmitte infolge Exzentrizität der Normalkraft	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 Bild 6.1
Ausmitte infolge horizontaler Lasten $e_{he}$	0,109 m	$M(Ed) / N(Ed)$
ungewollte Ausmitte $e_{init}$	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.1.2.2 (am Wandfuß)
Lastexzentrizität $e_i$	0,109 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.5
Abminderungsfaktor $\phi_i$	0,659	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.4
Bemessungswert des Tragwiderstandes $N_{Rd}$	779,54 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.2
Auslastungsgrad $\eta$	0,243	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.1

### **Nachweis der Schubbelastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.2**

In Berechnung anzusetzende überdrückte Gewölbedicke $t_{c,lin}$	0,633 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.20
rechnerische Gewölbedicke $t_{cal}$	0,640 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Normalspannung in überdrückter Querschnittsfläche $\sigma_{Dd}$	0,299 N/mm <sup>2</sup>	
Grenzwert $f_{vit}$ für Plattenschub	0,259 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. NA.7
Charakteristische Schubfestigkeit $f_{vk}$	0,1995 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.5
Bemessungswert Schubfestigkeit $f_{vd}$	0,1534 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.2
Schubspannungsverteilungsfaktor $c$	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Bemessungswert des Tragwiderstandes $V_{Rdt}$	65,47 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.19
Auslastungsgrad $\eta$	0,137	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.12

Nachweis bei 3/8 der Bogenlänge (maßgebendes „Feldmoment“):

### **Geometrische Kenngrößen**

Dicke Gewölbe $t$	0,64 m
Elastisches Widerstandsmoment $Z$	68266,7 cm <sup>3</sup> /m

### **Teilsicherheitsbeiwerte**

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 38</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrtes MW	1,30	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.1
<b><u>Widerstandswerte</u></b>		
Mittlere Mindestdruckfestigkeitsklasse $f_{st}$	5,000 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.3 für Mz 4
Druckfestigkeit Mörtel $f_m$	2,500 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.2 für NM II
Beiwert K	0,950	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\alpha$	0,585	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\beta$	0,162	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Charakteristische Druckfestigkeit $f_k$	2,825 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.1
Faktor festigkeitsmindernde Langzeiteinflüsse	0,850	
Bemessungsdruckfestigkeit $f_d$	1,847 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.1
Charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast $f_{vk0}$	0,080 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tabelle NA.11

#### **Bemessungsschnittgrößen**

Normalkraft $N_{Ed}$	114,59 kN/m	Druckspannung als positiver Wert
Schubkraft $V_{Ed}$	3,60 kN/m	Betrag angesetzt
Moment $M_{Ed}$	10,51 kNm/m	Betrag angesetzt

#### **Nachweis der Belastung in Längsrichtung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel**

##### **6.1.2**

Ausmitte infolge Exzentrizität der Normalkraft	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 Bild 6.1
Ausmitte infolge horizontaler Lasten $e_{he}$	0,092 m	$M(Ed) / N(Ed)$
ungewollte Ausmitte $e_{init}$	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.1.2.2 (am Wandfuß)
Lastexzentrizität $e_i$	0,092 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.5
Abminderungsfaktor $\phi_i$	0,713	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.4
Bemessungswert des Tragwiderstandes $N_{Rd}$	843,46 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.2
Auslastungsgrad $\eta$	0,136	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.1

#### **Nachweis der Schubbelastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.2**

In Berechnung anzusetzende überdrückte Gewölbedicke $t_{c,lin}$		
	0,640 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.20
rechnerische Gewölbedicke $t_{cal}$		
	0,640 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Normalspannung in überdrückter Querschnittsfläche $\sigma_{Dd}$		
	0,179 N/mm <sup>2</sup>	
Grenzwert $f_{vt}$ für Plattenschub		
	0,187 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. NA.7
Charakteristische Schubfestigkeit $f_{vk}$		
	0,1516 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.5
Bemessungswert Schubfestigkeit $f_{vd}$		
	0,1166 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.2
Schubspannungsverteilungsfaktor c		
	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Bemessungswert des Tragwiderstandes $V_{Rdlt}$		
	49,76 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.19
Auslastungsgrad $\eta$		
	0,072	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.12

<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 39</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Nachweis an der Stelle mit maximaler Schubspannung:

**Geometrische Kenngrößen**

Dicke Gewölbe $t$	0,64 m
Elastisches Widerstandsmoment $Z$	68266,7 cm <sup>3</sup> /m

**Teilsicherheitsbeiwerte**

Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrtes MW	1,30	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.1
---	------	--------------------------------

**Widerstandswerte**

Mittlere Mindestdruckfestigkeitsklasse $f_{st}$	5,000 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.3 für Mz 4
Druckfestigkeit Mörtel $f_m$	2,500 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.2 für NM II
Beiwert $K$	0,950	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\alpha$	0,585	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\beta$	0,162	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Charakteristische Druckfestigkeit $f_k$	2,825 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.1
Faktor festigkeitsmindernde Langzeiteinflüsse	0,850	
Bemessungsdruckfestigkeit $f_d$	1,847 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.1
Charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast $f_{vk0}$	0,080 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tabelle NA.11

**Bemessungsschnittgrößen**

Normalkraft $N_{Ed}$	158,48 kN/m	Druckspannung als positiver Wert
Schubkraft $V_{Ed}$	17,57 kN/m	Betrag angesetzt
Moment $M_{Ed}$	6,69 kNm/m	Betrag angesetzt

**Nachweis der Belastung in Längsrichtung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.1.2**

Ausmitte infolge Exzentrizität der Normalkraft	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 Bild 6.1
Ausmitte infolge horizontaler Lasten $e_{he}$	0,042 m	$M(Ed) / N(Ed)$
ungewollte Ausmitte $e_{init}$	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.1.2.2 (am Wandfuß)
Lastexzentrizität $e_i$	0,042 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.5
Abminderungsfaktor $\phi_i$	0,868	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.4
Bemessungswert des Tragwiderstandes $N_{Rd}$	1026,37 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.2
Auslastungsgrad $\eta$	0,154	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.1

**Nachweis der Schubbelastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.2**

In Berechnung anzusetzende überdrückte Gewölbedicke $t_{c,lin}$	0,640 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.20
rechnerische Gewölbedicke $t_{cal}$	0,640 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Normalspannung in überdrückter Querschnittsfläche $\sigma_{Dd}$	0,248 N/mm <sup>2</sup>	
Grenzwert $f_{vit}$ für Plattenschub	0,229 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. NA.7
Charakteristische Schubfestigkeit $f_{vk}$	0,1791 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.5
Bemessungswert Schubfestigkeit $f_{vd}$	0,1377 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.2

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 40</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Schubspannungsverteilungsfaktor $c$	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Bemessungswert des Tragwiderstandes $V_{Rdl}$	58,77 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.19
Auslastungsgrad $\eta$	0,299	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.12

Der maximale Ausnutzungsgrad des Lastfalls „außerplanmäßiges Fahrzeug“ beträgt  $\eta = 0,299$  und ist somit lokal leicht höher als in der ständig/vorübergehenden Bemessungssituation ( $\eta = 0,282$ ). Die Auflagerreaktionen sind kleiner als in der ständig/vorübergehenden Bemessungssituation, daher wird der Lastabtrag nicht weiterverfolgt.

<b>Bauteil:</b>	Standortsicherheitsnachweise Überbau	<b>Seite: 41</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.:</b> 219/067
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

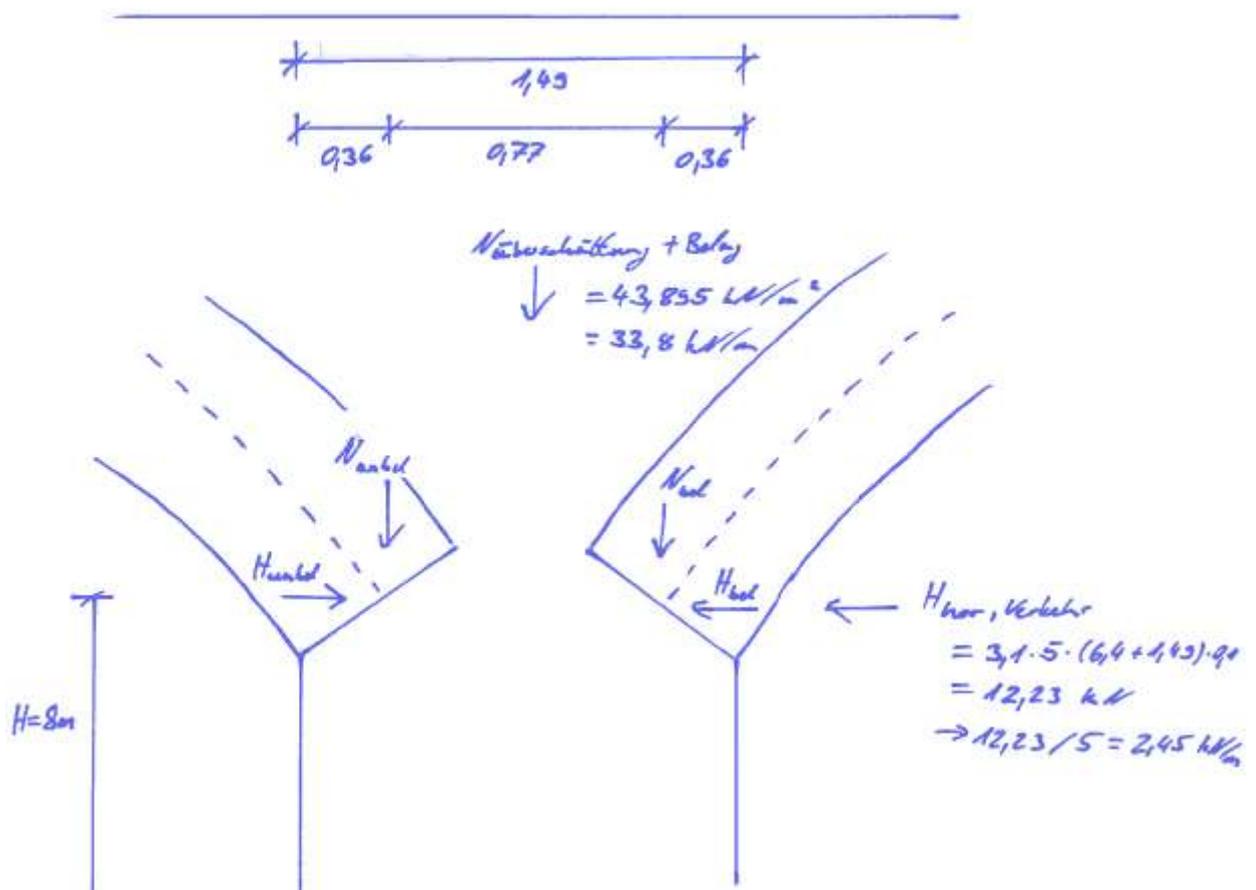
## 6. Standsicherheitsnachweise Unterbau

### 6.1 Pos. 3 Pfeiler

#### Nachweis mit dem Bruttoquerschnitt

Die Berechnung erfolgt pro laufenden Meter Pfeilerbreite. Die Pfeiler werden hierbei wie eine Mauerwerkswand mit horizontaler und vertikaler Belastung nach DIN EN 1996-1-1 bemessen. Aufgrund des nahezu linearen Verlaufs der Auflagerkräfte aus den Gewölben können die Schnittgrößen in der Brückenlängsachse als Bemessungsschnittgrößen über die gesamte Brückenbreite angesetzt werden. Diese werden in einer Nebenrechnung (zuvor beschriebenes RFEM-Modell mit dem Belastbarkeitsbeiwert  $\beta_{qfk} = 1,88$ ) ermittelt.

Es werden nur Normalkräfte und Horizontallasten in Brückenlängsrichtung sowie die zugehörigen Momente nachgewiesen. Horizontallasten in Brückenquerrichtung (z.B. aus Wind) und die zugehörigen Momente (z.B. auch aus der ausmittigen Lage der Leitungen) sind so gering, dass sie statisch nicht berücksichtigt werden müssen, vgl. auch deutlich größere Abmessungen der Pfeiler in Brückenquerrichtung.



<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite:</b> 42
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

### Geometrische Kenngrößen

Dicke Pfeiler	1,49 m
Elastisches Widerstandsmoment Z	370017 cm <sup>3</sup> /m
Maßgebende Höhe	8,0 m

### Belastungsannahmen

Wichte Mauerwerk	20,0 kN/m <sup>3</sup>
------------------	------------------------

### Teilsicherheitsbeiwerte

EG (Mauerwerk)	0,95	
EG (Überschüttung + Belag)	0,95	
Horizontale Verkehrslast	1,35	
Belastbarkeitsbeiwert $\beta_{qfk}$	<b>1,88</b>	
Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrtes MW	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.1

### Widerstandswerte

Mittlere Mindestdruckfestigkeitsklasse $f_{st}$	5,000 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.3 für Mz 4
Druckfestigkeit Mörtel $f_m$	2,500 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.2 für NM II
Beiwert K	0,950	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\alpha$	0,585	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\beta$	0,162	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Charakteristische Druckfestigkeit $f_k$	2,825 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.1
Faktor festigkeitsmindernde Langzeiteinflüsse	0,850	
Bemessungsdruckfestigkeit $f_d$	1,601 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.1
Charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast $f_{vk0}$	0,080 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tabelle NA.11

### charakteristische Schnittgrößen

Normalkraft (EG Pfeiler)	238,40 kN/m
Normalkraft (Überschüttung + Belag)	33,80 kN/m
Horizontale Verkehrslast	2,45 kN/m

### zusätzliche Bemessungsschnittgrößen (Höhe Kämpferfuge)

Normalkraft (aus belasteten Bogen)	153,98 kN/m
Schubkraft (aus belasteten Bogen)	124,34 kN/m
Moment (aus belasteten Bogen)	13,51 kNm/m
Normalkraft (aus unbelasteten Bogen)	122,83 kN/m
Schubkraft (aus unbelasteten Bogen)	95,96 kN/m
Moment (aus unbelasteten Bogen)	11,60 kNm/m

### Bemessungsschnittgrößen (Höhe Pfeilerfuß)

Normalkraft $N_{Ed}$	535,40 kN/m
Schubkraft $V_{Ed}$	34,60 kN/m
Moment $M_{Ed}$	266,70 kNm/m

### Nachweis der vertikalen Belastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.1.2

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite: 43</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Ausmitte infolge Exzentrizität der Normalkraft	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 Bild 6.1
Ausmitte infolge horizontaler Lasten $e_{he}$	0,498 m	M(Ed) / N(Ed)
ungewollte Ausmitte $e_{init}$	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.1.2.2 (am Pfeilerfuß)
Lastexzentrizität am Pfeilerfuß $e_i$	0,498 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.5
Abminderungsfaktor $\phi_i$	0,331	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.4
Bemessungswert des Tragwiderstandes $N_{Rd}$	790,50 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.2
Auslastungsgrad $\eta$	0,677	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.1

#### **Nachweis der Schubbelastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.2**

In Berechnung anzusetzende überdrückte Pfeilerdicke $t_{c,lin}$	0,741 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.20
rechnerische Pfeilerdicke am Pfeilerfuß $t_{cal}$	0,926 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Normalspannung in überdrückter Querschnittsfläche $\sigma_{Dd}$	0,723 N/mm <sup>2</sup>	
Grenzwert $f_{vit}$ für Plattenschub	0,514 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. NA.7
Charakteristische Schubfestigkeit $f_{vk}$	0,3692 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.5
Bemessungswert Schubfestigkeit $f_{vd}$	0,2461 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.2
Schubspannungsverteilungsfaktor $c$	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Bemessungswert des Tragwiderstandes $V_{Rdlt}$	151,89 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.19
Auslastungsgrad $\eta$	0,228	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.12

#### **Nachweis der klaffenden Fuge gemäß Ril 805 Modul 805.02.03 Kapitel 7 (6)**

Zulässige Ausmitte $e/3$	0,497 m
Auslastungsgrad $\eta$	1,003

#### **Ergänzend: Nachweis nicht waagrecht verlaufende klaffenden Fuge gemäß Holzer Kapitel 6.2.4**

Zulässige Horizontalkraft	42,92 kN/m
Auslastungsgrad $\eta$	0,806

### **Nachweis mit dem Nettoquerschnitt**

Nachweis mit reduzierten Querschnittswerten gemäß Anhang B.3. Die Berechnung erfolgt analog zur Berechnung mit Bruttoquerschnittswerten, der Belastbarkeitsbeiwert  $\beta_{qfk} = 1,33$  wurde zuvor iterativ durch Variation des RFEM-Grundmodells ermittelt.

#### **Geometrische Kenngrößen**

Dicke Pfeiler	1,23 m
Elastisches Widerstandsmoment $Z$	252150 cm <sup>3</sup> /m
Maßgebende Höhe	8,0 m

#### **Belastungsannahmen**

Wichte Mauerwerk	20,0 kN/m <sup>3</sup>
------------------	------------------------

#### **Teilsicherheitsbeiwerte**

EG (Mauerwerk)	0,95
----------------	------

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite: 44</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

EG (Überschüttung + Belag)	0,95	
Horizontale Verkehrslast	1,35	
Belastbarkeitsbeiwert $\beta_{qfk}$	<b>1,33</b>	
Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrtes MW	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.1

#### Widerstandswerte

Mittlere Mindestdruckfestigkeitsklasse $f_{st}$	5,000 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.3 für Mz 4
Druckfestigkeit Mörtel $f_m$	2,500 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.2 für NM II
Beiwert K	0,950	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\alpha$	0,585	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\beta$	0,162	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Charakteristische Druckfestigkeit $f_k$	2,825 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.1
Faktor festigkeitsmindernde Langzeiteinflüsse	0,850	
Bemessungsdruckfestigkeit $f_d$	1,601 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.1
Charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast $f_{vk0}$	0,080 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tabelle NA.11

#### charakteristische Schnittgrößen

Normalkraft (EG Pfeiler)	196,80 kN/m
Normalkraft (Überschüttung + Belag)	33,80 kN/m
Horizontale Verkehrslast	2,45 kN/m

#### zusätzliche Bemessungsschnittgrößen (Höhe Kämpferfuge) - angegeben für 5 m Pfeilerbreite

Normalkraft (aus belasteten Bogen)	144,87 kN/m
Schubkraft (aus belasteten Bogen)	116,04 kN/m
Moment (aus belasteten Bogen)	12,95 kNm/m
Normalkraft (aus unbelasteten Bogen)	122,83 kN/m
Schubkraft (aus unbelasteten Bogen)	95,96 kN/m
Moment (aus unbelasteten Bogen)	11,60 kNm/m

#### Bemessungsschnittgrößen (Höhe Pfeilerfuß) - umgerechnet auf 4,48 m Pfeilerbreite

Normalkraft $N_{Ed}$	521,57 kN/m
Schubkraft $V_{Ed}$	27,32 kN/m
Moment $M_{Ed}$	213,80 kNm/m

#### Nachweis der vertikalen Belastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.1.2

Ausmitte infolge Exzentrizität der Normalkraft	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 Bild 6.1
Ausmitte infolge horizontaler Lasten $e_{he}$	0,410 m	$M(Ed) / N(Ed)$
ungewollte Ausmitte $e_{init}$	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.1.2.2 (am Pfeilerfuß)
Lastexzentrizität am Pfeilerfuß $e_i$	0,410 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.5
Abminderungsfaktor $\phi_i$	0,333	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.4
Bemessungswert des Tragwiderstandes $N_{Rd}$	656,73 kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.2
Auslastungsgrad $\eta$	<b>0,794</b>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.1

#### Nachweis der Schubbelastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.2

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite: 45</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

In Berechnung anzusetzende überdrückte Pfeilerdicke $t_{c,lin}$	0,615	m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.20
rechnerische Pfeilerdicke am Pfeilerfuß $t_{cal}$	0,769	m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Normalspannung in überdrückter Querschnittsfläche $\sigma_{dd}$	0,848	N/mm <sup>2</sup>	
Grenzwert $f_{vlt}$ für Plattenschub	0,589	N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. NA.7
Charakteristische Schubfestigkeit $f_{vk}$	0,4191	N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.5
Bemessungswert Schubfestigkeit $f_{vd}$	0,2794	N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.2
Schubspannungsverteilungsfaktor c	1,50		nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.2
Bemessungswert des Tragwiderstandes $V_{RdlT}$	143,25	kN/m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6 NA.19
Auslastungsgrad $\eta$	0,191		nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.12

**Nachweis der klaffenden Fuge gemäß Ril 805 Modul 805.02.03 Kapitel 7 (6)**

Zulässige Ausmitte $e/3$	0,410	m
Auslastungsgrad $\eta$	1,000	

**Ergänzend: Nachweis nicht waagrecht verlaufende klaffenden Fuge gemäß Holzer Kapitel 6.2.4**

Zulässige Horizontalkraft	34,73	kN/m
Auslastungsgrad $\eta$	0,787	

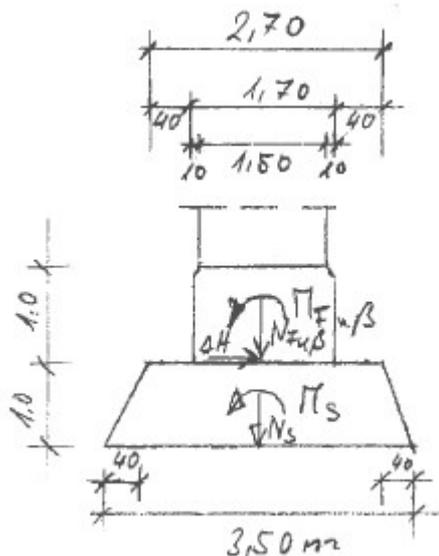
## **6.2 Pos. 4 Einzelfundamente**

### **Nachweis mit dem Pfeiler als Bruttoquerschnitt**

Zunächst werden die Nachweise unter der Annahme geführt, dass die Pfeiler im vollen Querschnitt erhalten bleiben (Auflagerkraft aus EG Pfeiler). Da keine anderen Unterlagen über dem Zustand der Fundamente vorliegen und diese in der Örtlichkeit nicht überprüft werden konnten werden die Abmessungen und Materialien gemäß der letzten Nachrechnung [14.] angesetzt. Es wird darauf hingewiesen, dass in der übernommenen Skizze die Maßketten nicht vollkommen stimmig sind. Wenn bei 1,70 m Sockelbreite der beidseitige Überstand 0,4 m beträgt, müsste die obere Breite des Fundamentes 2,50 m betragen und nicht wie angegeben 2,70 m. Es wird angenommen, dass der beidseitige Überstand 0,5 m beträgt und die obere Fundamentbreite und die Sockelbreite richtig angegeben sind. Die Breite des Fundaments in Brückenquerrichtung wird identisch zur Pfeilerbreite mit 5,0 m angenommen.

<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite: 46</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.:</b> 219/067
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020



Die Nachweise werden mit einem iterativ ermittelten Belastbarkeitsbeiwert von  $\beta_{qfk} = 2,04$  geführt.

Für den Nachweis des unbewehrten Betons ist die Fuge zwischen Fundamentsockel und Sockel maßgebend. Ein Nachweis in der Fuge zwischen Pfeiler und Fundamentsockel ist nicht notwendig, da dieser Schnitt in der Pos. 3 nachgewiesen wurde und die Tragfähigkeit des Betons größer ist als die des Mauerwerks.

#### Geometrische Kenngrößen

Dicke Sockel h	1,70 m
Flächenmoment ersten Grades S	481667 cm <sup>3</sup> /m
Flächenträgheitsmoment I	4,1E+07 cm <sup>4</sup> /m
Höhe Pfeiler	8,0 m
Höhe Sockel	1,0 m

#### Belastungsannahmen

Wichte Beton	24,0 kN/m <sup>3</sup>
--------------	------------------------

#### Teilsicherheitsbeiwerte

EG (Mauerwerkspfeiler)	0,95	
EG (Überschüttung + Belag)	0,95	
EG (Sockel)	0,95	
Horizontale Verkehrslast	1,35	
Belastbarkeitsbeiwert $\beta_{qfk}$	<b>2,04</b>	
Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrten Beton $\gamma_c$	1,50	nach DIN EN 1992-1-1 NA 2.4.2.4

#### Widerstandswerte

Beiwert zur Berücksichtigung der Langzeitauswirkungen auf die Betondruckfestigkeit $\alpha_{cc,pl}$	0,70	nach DIN EN 1992-1-1 NDP zu 12.3.1 (1)
charakteristische Betondruckfestigkeit $f_{ck}$	8,00 N/mm <sup>2</sup>	

<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite:</b> 47
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

mittlere Betonzugfestigkeit $f_{ctm}$	1,20 N/mm <sup>2</sup>	$0,30 * f_{ck}^{2/3}$
charakteristische Betonzugfestigkeit $f_{ctk,0,05}$	0,84 N/mm <sup>2</sup>	$0,7 * f_{ctm}$
Bemessungswert Betondruckfestigkeit $f_{cd,pl}$	3,73 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1992-1-1 Gl. 3.15
Beiwert $\eta$	1,00	nach DIN EN 1992-1-1 Gl. 3.21
$\eta * f_{cd,pl}$	3,73 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1992-1-1 3.1.7 (3)
Beiwert zur Berücksichtigung der Langzeitauswirkungen auf die Betonzugfestigkeit $\alpha_{ct,pl}$	0,70	nach DIN EN 1992-1-1 NDP zu 12.3.1 (1)
Bemessungswert Betonzugfestigkeit $f_{ctd,pl}$	0,39 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1992-1-1 Gl. 12.1

#### **charakteristische Schnittgrößen**

Normalkraft (EG Pfeiler)	238,40 kN/m
Normalkraft (Überschüttung + Belag)	33,80 kN/m
Normalkraft (EG Sockel)	40,80 kN/m
Horizontale Verkehrslast	2,45 kN/m

#### **zusätzliche Bemessungsschnittgrößen (Höhe Kämpferfuge)**

Normalkraft (aus belasteten Bogen)	156,64 kN/m
Schubkraft (aus belasteten Bogen)	126,76 kN/m
Moment (aus belasteten Bogen)	13,68 kNm/m
Normalkraft (aus unbelasteten Bogen)	122,83 kN/m
Schubkraft (aus unbelasteten Bogen)	95,96 kN/m
Moment (aus unbelasteten Bogen)	11,60 kNm/m

#### **Bemessungsschnittgrößen (Höhe Sockelfuß)**

Normalkraft $N_{Ed}$	576,82 kN/m
Schubkraft $V_{Ed}$	37,55 kN/m
Moment $M_{Ed}$	326,99 kNm/m

#### **Nachweis der vertikalen Belastung nach DIN EN 1992-1-1 Kapitel 12.6.1**

Ausmitte $e$	0,567 m	
Bemessungswert des Tragwiderstandes $N_{Rd}$	2113,95 kN/m	nach DIN EN 1992-1-1 Gl. 12.2
Auslastungsgrad $\eta$	0,273	
Nachweis Ausmitte $e \leq 0,4 h$	0,834	Nach DIN EN 1992-1-1 NCI zu 12.6.2 (1)P

#### **Nachweis der Schubbelastung nach DIN EN 1992-1-1 Kapitel 12.6.3**

Ungerissene bzw. überdrückte Fläche $A_{cc}$	5662,4 cm <sup>2</sup>	Nach DIN EN 1992-1-1 12.6.3 (2)
Beiwert $k$	0,666	Nach DIN EN 1992-1-1 NDP zu 12.6.3 (3)
$\sigma_{cp}$	1,019 N/mm <sup>2</sup>	Nach DIN EN 1992-1-1 Gl. 12.3
$\tau_{cp}$	0,044 N/mm <sup>2</sup>	Nach DIN EN 1992-1-1 Gl. 12.4
$\sigma_{c,lim}$	1,190 N/mm <sup>2</sup>	Nach DIN EN 1992-1-1 Gl. 12.7
Bemessungswert Betonfestigkeit bei Querkraft und Druck $f_{cvd}$	0,744 N/mm <sup>2</sup>	Nach DIN EN 1992-1-1 Gl. 12.5 + 12.6
Auslastungsgrad $\eta$	0,059	nach DIN EN 1992-1-1 Kapitel 12.6.3

#### **Nachweis der klaffenden Fuge gemäß Ril 805 Modul 805.02.03 Kapitel 7 (6)**

Zulässige Ausmitte $e/3$	0,567 m
Auslastungsgrad $\eta$	1,000

Im Beton kann eine Lastausbreitung unter 45° angesetzt werden. Daher kann davon ausgegangen werden, dass das Fundament in der Sohlfuge über die die gesamte Fundament-

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite: 48</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

breite statisch mitwirkt.

#### Geometrische Kenngrößen

Breite Fundament Sohlfuge	3,50 m
Breite Fundament OK Fundament	2,70 m
Flächenmoment ersten Grades S	2,0E+06 cm <sup>3</sup> /m
Flächenträgheitsmoment I	3,6E+08 cm <sup>4</sup> /m
Höhe Fundament (unterer Bereich)	1,0 m

#### Belastungsannahmen

Wichte Beton	24,0 kN/m <sup>3</sup>
--------------	------------------------

#### Teilsicherheitsbeiwerte

EG (Fundament)	0,95
Teilsicherheitsbeiwert Gleitwiderstand $\gamma_{R,h}$	1,10

#### charakteristische Schnittgrößen

Normalkraft (EG Fundament)	74,40 kN/m
----------------------------	------------

#### Bemessungsschnittgrößen (Höhe Sohlfuge)

Normalkraft $N_{Ed}$	647,50 kN/m
Schubkraft $V_{Ed}$	37,55 kN/m
Moment $M_{Ed}$	364,54 kNm/m
Ausmitte e	0,563 m

#### Kippsicherheit unter ständigen Lasten

Unter ständigen Lasten (gleichmäßige Belastung aller Gewölbe) treten keine planmäßigen Horizontalkräfte und Momente auf. Ein Nachweis nach Ril 805 Modul 805.0203 Kapitel 8 (3) 1. kann daher entfallen.

#### Resultierende unter Gesamtlast gemäß Ril 805 Modul 805.0203 Kapitel 8 (3) 2.

Zulässige Ausmitte $e = h/3$	1,17 kN/m
Auslastungsgrad $\eta$	0,483

#### Nachweis der Sohlpressung nach Ril 805 Modul 805.0203 Kapitel 8 (3) 3.

maximale Sohlspannung unter Annahme einer geradlinigen Spannungsverteilung  $\sigma(1)$  bzw.  $\sigma(\max)$  **363,55 kN/m<sup>2</sup>** Nach SBT 23. Auflage Tafel 11.42 Zeile 2

#### Gleitnachweis nach Ril 805 Modul 805.0203 Kapitel 8 (4), DIN EN 1997-1 Kapitel 6.5.3 und DIN 1054 Kapitel 6.5.3

Sohlreibungswinkel $\delta$	30 °	Nach DIN 1054 Kapitel 6.5.3 A (10)
Gleitwiderstand $R(d)$	339,85 kN/m	Nach DIN 1054 Gleichung A (6.3c)
Auslastungsgrad $\eta$	0,110	

Der Belastbarkeitsbeiwert wurde bis zur vollen Ausnutzung der Tragfähigkeit auf  $\beta_{qfk} = 2,04$  gesteigert. In diesem Fall muss eine Sohlpressung (Kantenpressung) von 365 kN/m<sup>2</sup> aufgenommen werden.

Für die Berechnung wurde das Eigengewicht als günstig wirkend angesetzt. In einer Nebenrechnung wurde die Berechnung mit dem Eigengewicht als ungünstig durchgeführt. Hierbei ergibt sich bei gleichen Belastbarkeitsbeiwert eine maximale Auslastung von  $\eta = 0,80$  und eine maximale Sohlpressung von 404 kN/m<sup>2</sup>. Bei Ansatz zwei voll belasteter Gewölbe ergibt sich eine maximale Auslastung von  $\eta = 0,28$  und eine maximale Sohlpressung von 302 kN/m<sup>2</sup>.

Auch ohne genauere Kenntnisse des Baugrundes werden die oben genannten Sohlpres-

<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite: 49</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

sungen nach eigener Einschätzung als vertretbar angesehen, da aufgrund der großen Fundamentabmessungen, der großen Einbindetiefe und der über 100-jährigen Baugrunderkonsolidierung das Setzungsverhalten weitgehend zum Abschluss gekommen sein dürfte und ein Grundbruch aufgrund der genannten Umstände ausgeschlossen werden kann.

### Nachweis mit dem Pfeiler als Nettoquerschnitt

Die Berechnung erfolgt analog zur Berechnung mit dem Pfeiler als Bruttoquerschnitt. Der Belastbarkeitsbeiwert wurde mit  $\beta_{qfk} = 1,82$  ermittelt.

Nachweis der inneren Standsicherheit in der Fuge zwischen Fundamentsockel und Fundament:

#### Geometrische Kenngrößen

Dicke Sockel h	1,70 m
Flächenmoment ersten Grades S	481667 cm <sup>3</sup> /m
Flächenträgheitsmoment I	4,1E+07 cm <sup>4</sup> /m
Höhe Pfeiler	8,0 m
Höhe Sockel	1,0 m

#### Belastungsannahmen

Wichte Beton	24,0 kN/m <sup>3</sup>
--------------	------------------------

#### Teilsicherheitsbeiwerte

EG (Mauerwerkspfeiler)	0,95	
EG (Überschüttung + Belag)	0,95	
EG (Sockel)	0,95	
Horizontale Verkehrslast	1,35	
Belastbarkeitsbeiwert $\beta_{qfk}$	<b>1,82</b>	
Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrten Beton $\gamma_c$	1,50	nach DIN EN 1992-1-1 NA 2.4.2.4

#### Widerstandswerte

Beiwert zur Berücksichtigung der Langzeitauswirkungen auf die Betondruckfestigkeit $\alpha_{cc,pl}$	0,70	nach DIN EN 1992-1-1 NDP zu 12.3.1 (1)
charakteristische Betondruckfestigkeit $f_{ck}$	8,00 N/mm <sup>2</sup>	
mittlere Betonzugfestigkeit $f_{ctm}$	1,20 N/mm <sup>2</sup>	$0,30 * f_{ck}^{2/3}$
charakteristische Betonzugfestigkeit $f_{ctk,0,05}$	0,84 N/mm <sup>2</sup>	$0,7 * f_{ctm}$
Bemessungswert Betondruckfestigkeit $f_{cd,pl}$	3,73 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1992-1-1 Gl. 3.15
Beiwert $\eta$	1,00	nach DIN EN 1992-1-1 Gl. 3.21
$\eta * f_{cd,pl}$	3,73 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1992-1-1 3.1.7 (3)
Beiwert zur Berücksichtigung der Langzeitauswirkungen auf die Betonzugfestigkeit $\alpha_{ct,pl}$	0,70	nach DIN EN 1992-1-1 NDP zu 12.3.1 (1)
Bemessungswert Betonzugfestigkeit $f_{ctd,pl}$	0,39 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1992-1-1 Gl. 12.1

<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite: 50</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

### charakteristische Schnittgrößen

Normalkraft (EG Pfeiler)	176,33 kN/m
Normalkraft (Überschüttung + Belag)	33,80 kN/m
Normalkraft (EG Sockel)	40,80 kN/m
Horizontale Verkehrslast	2,45 kN/m

### zusätzliche Bemessungsschnittgrößen (Höhe Kämpferfuge)

Normalkraft (aus belasteten Bogen)	152,99 kN/m
Schubkraft (aus belasteten Bogen)	123,42 kN/m
Moment (aus belasteten Bogen)	13,46 kNm/m
Normalkraft (aus unbelasteten Bogen)	122,83 kN/m
Schubkraft (aus unbelasteten Bogen)	95,96 kN/m
Moment (aus unbelasteten Bogen)	11,60 kNm/m

### Bemessungsschnittgrößen (Höhe Sockelfuß)

Normalkraft $N_{Ed}$	514,21 kN/m
Schubkraft $V_{Ed}$	33,48 kN/m
Moment $M_{Ed}$	291,57 kNm/m

### Nachweis der vertikalen Belastung nach DIN EN 1992-1-1 Kapitel 12.6.1

Ausmitte e	0,567 m	
Bemessungswert des Tragwiderstandes $N_{Rd}$	2112,92 kN/m	nach DIN EN 1992-1-1 Gl. 12.2
Auslastungsgrad $\eta$	0,243	
Nachweis Ausmitte $e \leq 0,4 h$	0,834	Nach DIN EN 1992-1-1 NCI zu 12.6.2 (1)P

### Nachweis der Schubbelastung nach DIN EN 1992-1-1 Kapitel 12.6.3

Ungerissene bzw. überdrückte Fläche $A_{cc}$	5659,6 cm <sup>2</sup>	Nach DIN EN 1992-1-1 12.6.3 (2)
Beiwert k	0,666	Nach DIN EN 1992-1-1 NDP zu 12.6.3 (3)
$\sigma_{cp}$	0,909 N/mm <sup>2</sup>	Nach DIN EN 1992-1-1 Gl. 12.3
$\tau_{cp}$	0,039 N/mm <sup>2</sup>	Nach DIN EN 1992-1-1 Gl. 12.4
$\sigma_{c,lim}$	1,190 N/mm <sup>2</sup>	Nach DIN EN 1992-1-1 Gl. 12.7
Bemessungswert Betonfestigkeit bei Querkraft und Druck $f_{c,vd}$	0,714 N/mm <sup>2</sup>	Nach DIN EN 1992-1-1 Gl. 12.5 + 12.6
Auslastungsgrad $\eta$	0,055	nach DIN EN 1992-1-1 Kapitel 12.6.3

### Nachweis der klaffenden Fuge gemäß Ril 805 Modul 805.02.03 Kapitel 7 (6)

Zulässige Ausmitte e/3	0,567 m
Auslastungsgrad $\eta$	1,001

Geotechnische Nachweise in der Sohlfuge:

### Geometrische Kenngrößen

Breite Fundament Sohlfuge	3,50 m
Breite Fundament OK Fundament	2,70 m
Flächenmoment ersten Grades S	2,0E+06 cm <sup>3</sup> /m
Flächenträgheitsmoment I	3,6E+08 cm <sup>4</sup> /m
Höhe Fundament (unterer Bereich)	1,0 m

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite: 51</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

### Belastungsannahmen

Wichte Beton 24,0 kN/m<sup>3</sup>

### Teilsicherheitsbeiwerte

EG (Fundament) 0,95

Teilsicherheitsbeiwert Gleitwiderstand  $\gamma_{R,h}$  1,10

### charakteristische Schnittgrößen

Normalkraft (EG Fundament) 74,40 kN/m

### Bemessungsschnittgrößen (Höhe Sohlfuge)

Normalkraft  $N_{Ed}$  584,89 kN/m

Schubkraft  $V_{Ed}$  33,48 kN/m

Moment  $M_{Ed}$  325,04 kNm/m

Ausmitte e 0,556 m

### Kippsicherheit unter ständigen Lasten

Unter ständigen Lasten (gleichmäßige Belastung aller Gewölbe) treten keine planmäßigen Horizontalkräfte und Momente auf. Ein Nachweis nach Ril 805 Modul 805.0203 Kapitel 8 (3) 1. kann daher entfallen.

### Resultierende unter Gesamtlast gemäß Ril 805 Modul 805.0203 Kapitel 8 (3) 2.

Zulässige Ausmitte  $e = h/3$  1,17 kN/m

Auslastungsgrad  $\eta$  0,476

### Nachweis der Sohlspannung nach Ril 805 Modul 805.0203 Kapitel 8 (3) 3.

maximale Sohlspannung unter Annahme einer geradlinigen Spannungsverteilung  $\sigma(1)$  bzw.  $\sigma(\max)$  326,316 kN/m<sup>2</sup> Nach SBT 23. Auflage Tafel 11.42 Zeile 2

### Gleitnachweis nach Ril 805 Modul 805.0203 Kapitel 8 (4), DIN EN 1997-1 Kapitel 6.5.3 und DIN 1054 Kapitel 6.5.3

Sohlreibungswinkel  $\delta$  30 ° Nach DIN 1054 Kapitel 6.5.3 A (10)

Gleitwiderstand  $R(d)$  306,99 kN/m Nach DIN 1054 Gleichung A (6.3c)

Auslastungsgrad  $\eta$  0,109

Bei einem Belastbarkeitsbeiwert von  $\beta_{qfk} = 1,82$  muss eine Kantenpressung von 326 kN/m<sup>2</sup> aufgenommen werden. Bei Ansatz des Eigengewichts als ungünstig wirkend erhöht sich die Kantenpressung auf 363 kN/m<sup>2</sup>

<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite:</b> 52
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

### **6.3 Pos. 5 Flügelwände**

Die Flügelwände werden analog zur Nachrechnung der Stirnwände nachgerechnet, die Angaben in Pos. 1 zu den Lastansätzen und dem Ansatz der Stirnwand- bzw. Flügelwanddicke gelten auch für diese Position.

Wie bei der Pos. 1 ist es entscheidend die Kraghöhe im maßgebenden Bemessungsschnitt zu bestimmen. Direkt am Widerlager wird die Flügelwand mehrachsig gehalten und ggf. unplanmäßig aber günstig wirkend mit Normalkräften aus dem Bogenschub belastet, sodass dieser Schnitt nicht maßgebend wird. In der Nachrechnung [14.] wurde die maßgebende Kraghöhe mit 1,40 m angesetzt, was nach eigener Einschätzung zu günstig gewählt ist, vgl. auch Schnitt C-C im Anhang A.

Daher wird die maßgebende Kraghöhe im Folgenden anhand der in der Örtlichkeit beobachteten Rissbildung bestimmt. Dies erfolgt exemplarisch anhand der Risse an der Süd-Ostwand des südwestlichen Widerlagers und anhand der Süd-Ostwand des nordöstlichen Widerlagers.



**Abbildung 6: Riss auf der Süd-Ostwand des südwestlichen Widerlagers: Maßgebende Kraghöhe Flügelwand**

Höhe: 15 Steinreihen zzgl. Gesims entspricht einer Höhe von: (vgl. Anhang B.1 und B.2)

$$15/20 \times 1,56 \text{ m} + 0,1 \text{ m} = 1,27 \text{ m}$$

<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite: 53</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.:</b> 219/067
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020



**Abbildung 7: Riss auf der Süd-Ostwand des nordöstlichen Widerlagers: Maßgebende Kraghöhe Flügelwand**

Höhe: 34 Steinreihen zzgl. Gesims entspricht einer Höhe von: (vgl. Anhang B.1 und B.2)

$$34/20 \times 1,56 \text{ m} + 0,1 \text{ m} = 2,75 \text{ m}$$

Die Berechnung erfolgt mit der größeren und somit maßgebenden Kraghöhe von 2,75 m.

#### Geometrische Kenngrößen

Dicke Stirnwand t	0,60 m
Elastisches Widerstandsmoment Z	60000 cm <sup>3</sup> /m
Maßgebende Höhe Stirnwand	2,75 m
Dicke Belag	0,08 m
Belastungshöhe Erddruck	2,67 m

#### Belastungsannahmen

Wichte Mauerwerk	20,0 kN/m <sup>3</sup>
Wichte Überschüttung	19,0 kN/m <sup>3</sup>
Wichte Belag	25,0 kN/m <sup>3</sup>
Verkehrslast (Geländeauflast)	5,0 kN/m <sup>2</sup>
Erddruckbeiwert $K_{agh}$	0,355

#### Teilsicherheitsbeiwerte

EG (Mauerwerk)	0,95	
Erddruck (Überschüttung)	1,20	
Erddruck (Belag)	1,20	
Erddruck (Verkehrslast)	1,35	
Belastbarkeitsbeiwert $\beta_{qfk}$	<b>0,0000</b>	
Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrtes MW	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.1

#### Widerstandswerte

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite:</b> 54
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Mittlere Mindestdruckfestigkeitsklasse $f_{st}$	5,000	N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.3 für Mz 4
Druckfestigkeit Mörtel $f_m$	2,500	N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.2 für NM II
Beiwert K	0,950		nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\alpha$	0,585		nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\beta$	0,162		nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Charakteristische Druckfestigkeit $f_k$	2,825	N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.1
Faktor festigkeitsmindernde Langzeiteinflüsse	0,850		
Bemessungsdruckfestigkeit $f_d$	1,601	N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.1
Charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast $f_{vk0}$	0,080	N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tabelle NA.11

#### **charakteristische Schnittgrößen**

Normalkraft (EG Mauerwerk)	33,00	kN/m
Schubkraft (EG Mauerwerk)	0,00	kN/m
Moment (EG Mauerwerk)	0,00	kNm/m
Normalkraft (Überschüttung)	0,00	kN/m
Schubkraft (Überschüttung)	24,04	kN/m
Moment (Überschüttung)	21,40	kNm/m
Normalkraft (Belag)	0,00	kN/m
Schubkraft (Belag)	1,90	kN/m
Moment (Belag)	2,53	kNm/m
Normalkraft (Verkehrslast)	0,00	kN/m
Schubkraft (Verkehrslast)	4,74	kN/m
Moment (Verkehrslast)	6,33	kNm/m

#### **Bemessungsschnittgrößen**

Normalkraft $N_{Ed}$	31,35	kN/m
Schubkraft $V_{Ed}$	31,13	kN/m
Moment $M_{Ed}$	28,71	kNm/m

#### **Nachweis der vertikalen Belastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.1.2**

Ausmitte infolge Exzentrizität der Normalkraft	0,000	m	nach DIN EN 1996-1-1 Bild 6.1
Ausmitte infolge horizontaler Lasten $e_{ne}$	0,916	m	$M(Ed) / N(Ed)$
ungewollte Ausmitte $e_{init}$	0,000	m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.1.2.2 (am Wandfuß)
Lastexzentrizität am Wandfuß $e_i$	0,916	m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.5

**Die Lastresultierende liegt außerhalb des Mauerwerksquerschnittes. Da dem Mauerwerk keine Zugkräfte zugewiesen dürfen, sind keine Querschnittsnachweise möglich. Die Berechnung wird an dieser Stelle abgebrochen.**

Aufgrund der vorhandenen Schäden, also der in der Örtlichkeit dokumentierten Rissbildung, sind die Flügelwände als ein nachgiebiges Bauteil anzusehen, sodass der Ansatz des akti-

<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite: 55</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

ven Erddruckes sinnvoll erscheint:

### Geometrische Kenngrößen

Dicke Stirnwand t	0,60 m
Elastisches Widerstandsmoment Z	60000 cm <sup>3</sup> /m
Maßgebende Höhe Stirnwand	2,75 m
Dicke Belag	0,08 m
Belastungshöhe Erddruck	2,67 m

### Belastungsannahmen

Wichte Mauerwerk	20,0 kN/m <sup>3</sup>
Wichte Überschüttung	19,0 kN/m <sup>3</sup>
Wichte Belag	25,0 kN/m <sup>3</sup>
Verkehrslast (Geländeauflast)	5,0 kN/m <sup>2</sup>
Erddruckbeiwert $K_{agh}$	0,25

### Teilsicherheitsbeiwerte

EG (Mauerwerk)	0,95	
Erddruck (Überschüttung)	1,20	
Erddruck (Belag)	1,20	
Erddruck (Verkehrslast)	1,35	
Belastbarkeitsbeiwert $\beta_{qfk}$	<b>0,0000</b>	
Teilsicherheitsbeiwert für unbewehrtes MW	1,50	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.1

### Widerstandswerte

Mittlere Mindestdruckfestigkeitsklasse $f_{st}$	5,000 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.3 für Mz 4
Druckfestigkeit Mörtel $f_m$	2,500 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.2 für NM II
Beiwert K	0,950	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\alpha$	0,585	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Beiwert $\beta$	0,162	nach DIN EN 1996-1-1 Tab. NA.6
Charakteristische Druckfestigkeit $f_k$	2,825 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 3.1
Faktor festigkeitsmindernde Langzeiteinflüsse	0,850	
Bemessungsdruckfestigkeit $f_d$	1,601 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Kap. 2.4.1 und 3.6.1
Charakteristische Haftscherfestigkeit ohne Auflast $f_{vk0}$	0,080 N/mm <sup>2</sup>	nach DIN EN 1996-1-1 Tabelle NA.11

### charakteristische Schnittgrößen

Normalkraft (EG Mauerwerk)	33,00 kN/m
Schubkraft (EG Mauerwerk)	0,00 kN/m
Moment (EG Mauerwerk)	0,00 kNm/m
Normalkraft (Überschüttung)	0,00 kN/m
Schubkraft (Überschüttung)	16,93 kN/m
Moment (Überschüttung)	15,07 kNm/m
Normalkraft (Belag)	0,00 kN/m

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite: 56</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Schubkraft (Belag)	1,34 kN/m
Moment (Belag)	1,78 kNm/m
Normalkraft (Verkehrslast)	0,00 kN/m
Schubkraft (Verkehrslast)	3,34 kN/m
Moment (Verkehrslast)	4,46 kNm/m

#### **Bemessungsschnittgrößen**

Normalkraft $N_{Ed}$	31,35 kN/m
Schubkraft $V_{Ed}$	21,92 kN/m
Moment $M_{Ed}$	20,22 kNm/m

#### **Nachweis der vertikalen Belastung nach DIN EN 1996-1-1 Kapitel 6.1.2**

Ausmitte infolge Exzentrizität der Normalkraft	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 Bild 6.1
Ausmitte infolge horizontaler Lasten $e_{he}$	0,645 m	$M(Ed) / N(Ed)$
ungewollte Ausmitte $e_{init}$	0,000 m	nach DIN EN 1996-1-1 NCI zu 6.1.2.2 (am Wandfuß)
Lastexzentrizität am Wandfuß $e_i$	0,645 m	nach DIN EN 1996-1-1 Gl. 6.5

Die Lastresultierende liegt außerhalb des Mauerwerksquerschnittes. Da dem Mauerwerk keine Zugkräfte zugewiesen dürfen, sind keine Querschnittsnachweise möglich. Die Berechnung wird an dieser Stelle abgebrochen.

Auch bei Ansatz des aktiven Erddruckes ist eine deutliche rechnerische Überschreitung der Tragfähigkeit festzustellen. In einer genaueren Berechnung könnte anstelle des aktiven Erddruckes der Siloerddruck nach Kapitel 12 der DIN 4085 [8.] angesetzt werden. In einer Vergleichsrechnung ergibt sich bei Ansatz des Siloerddruckes am Wandfuß ein Erddruck von  $12,16 \text{ kN/m}^2$  anstelle von  $13,06 \text{ kN/m}^2$  bei Ansatz des aktiven Erddruckes, also eine Lastreduktion um 7,4 %. Aufgrund des unterlinearen Verlaufs des Silodrucks, fällt die Lastreduktion im oberen Bereich der Wand, also dort wo der Erddruck mit einem nennenswerten Hebelarm wirkt, geringer aus. Aufgrund der Lage der Lastresultierenden weit außerhalb des Mauerwerksquerschnittes, wird deutlich, dass auch bei Ansatz des Silodrucks keine Nachweisführung möglich ist.

Mit den getroffenen Ansätzen können die Flügelwände nicht nachgewiesen werden. Dieser Umstand wird im Kapitel 9.1 bewertet.

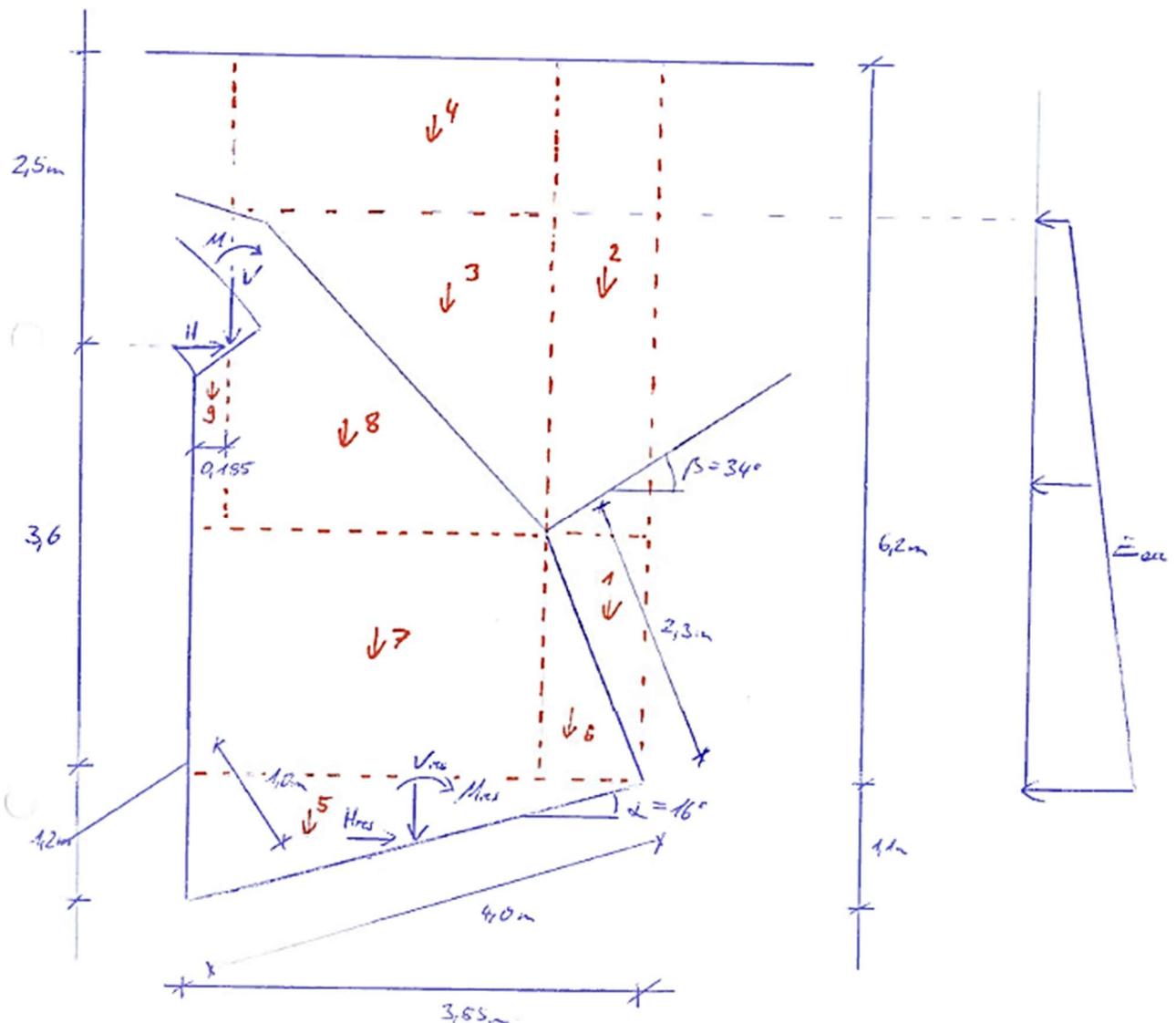
<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite: 57</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.:</b> 219/067
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

#### 6.4 Pos. 6 Widerlager

Da wie bei den Fundamenten keine weiteren Erkenntnisse über die Geometrie und das Material der Widerlager vorhanden sind, werden die Werte der letzten Nachrechnung [14.] übernommen. Schon aus dem Schnitt wird ersichtlich, dass die maßgebenden Spannungen in der Kämpferfuge auftreten, welche bereits in der Pos. 2 nachgewiesen wurden.

Daher werden ausschließlich die Grundbaunachweise in der Sohlfuge geführt.



#### Lastfall Moment „rechtsdrehend“

In diesem Fall wird die Verkehrslast auf den Bogen angesetzt. Auf die Hinterfüllung wird keine Verkehrslast angesetzt. Der Ansatz der Eigengewichtslasten als ungünstige Einwirkung wird maßgebend, auf der sicheren Seite wird das Widerlager als komplett aus Beton bestehend ange-

<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite:</b> 58
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

setzt.

**Teilsicherheitsbeiwerte**

EG (Widerlager)	1,20
EG (Überschüttung + Belag)	1,20
Horizontaler Erddruck aus EG Boden	1,20
Horizontale Erddruck aus Verkehrslast	1,35
Belastbarkeitsbeiwert $\beta_{qfk}$	<b>1,29</b>
Teilsicherheitsbeiwert Gleitwiderstand $\gamma_{R,h}$	1,10

**Einwirkungen aus Gewölbe (Bemessungswerte)**

Normalkraft	176,53	kN/m
Hebelarm Normalkraft	-1,83	m
Schubkraft	140,70	kN/m
Hebelarm Schubkraft	4,25	m
Moment	-15,97	kNm/m

**Horizontaler Erddruck (Ansatz erhöht-aktiver Erddruck wg. geringen Verformungen)**

Erddruck oben (z=1,3 m)	8,77	kN/m <sup>2</sup>
Erddruck unten (z=6,2 m)	41,82	kN/m <sup>2</sup>
Resultierender Erddruck	123,95	kN/m
Hebelarm Resultierende	-3,53	m
Erddruck aus Verkehrslast	0,00	kN/m <sup>2</sup>
Resultierender Erddruck aus Verkehrslast	0,00	kN/m
Hebelarm Resultierende aus Verkehrslast	-3,00	m

**Eigengewicht Überschüttung**

Wichte Überschüttung	19,0	kN/m <sup>3</sup>
Wichte Mauerwerk / Magerbeton	24,0	kN/m <sup>3</sup>

**Eigengewicht Überschüttung + Belag**

Bereich 1	16,96	kN/m
Hebelarm Bereich 1	1,64	m
Bereich 2	66,22	kN/m
Hebelarm Bereich 2	1,50	m
Bereich 3	74,48	kN/m
Hebelarm Bereich 3	0,19	m
Bereich 4	69,16	kN/m
Hebelarm Bereich 4	-0,28	m

**Eigengewicht Widerlager**

Bereich 5	50,82	kN/m
Hebelarm Bereich 5	-0,64	m
Bereich 6	21,42	kN/m
Hebelarm Bereich 6	1,36	m
Bereich 7	151,20	kN/m

<b>Bauteil:</b>	Standsicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite: 59</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Hebelarm Bereich 7	-0,43 m
Bereich 8	94,08 kN/m
Hebelarm Bereich 8	-0,79 m
Bereich 9	5,77 kN/m
Hebelarm Bereich 9	-1,83 m

#### **Bemessungslasten in Sohlfuge**

V(Res,Ed)	836,66 kN/m
H(Res,Ed)	-8,03 kN/m
M(Res,Ed)	-303,54 kNm/m

#### **Bemessungslasten in Sohlfuge rechtwinkelig/parallel zur Sohlfuge**

N(Res,Ed)	802,03 kN/m
H(Res,Ed)	-238,34 kN/m
M(Res,Ed)	-303,54 kNm/m

#### **Kippsicherheit unter ständigen Lasten (auf der sicheren Seite mit Gesamtlasten geführt)**

Vorhandene Ausmitte e	0,378 m
Zulässige Ausmitte e = h/6	0,67 m
Auslastungsgrad $\eta$	0,568

#### **Resultierende unter Gesamtlast gemäß Ril 805 Modul 805.0203 Kapitel 8 (3) 2.**

Vorhandene Ausmitte e	0,378 m
Zulässige Ausmitte e = h/3	1,33 m
Auslastungsgrad $\eta$	0,284

#### **Nachweis der Sohlpressung nach Ril 805 Modul 805.0203 Kapitel 8 (3)**

##### **3.**

maximale Sohlspannung unter Annahme einer geradlinigen Spannungsverteilung $\sigma(1)$ bzw. $\sigma(\max)$	314,33 kN/m <sup>2</sup>	Nach SBT 23. Auflage Tafel 11.42 Zeile 2
--	--------------------------	--

#### **Gleitnachweis nach Ril 805 Modul 805.0203 Kapitel 8 (4), DIN EN 1997-1 Kapitel 6.5.3 und DIN 1054 Kapitel 6.5.3**

Sohlrreibungswinkel $\delta$	30 °	Nach DIN 1054 Kapitel 6.5.3 A (10)
Gleitwiderstand R(d)	420,96 kN/m	Nach DIN 1054 Gleichung A (6.3c)
Auslastungsgrad $\eta$	0,721	

### **Lastfall Moment „linksdrehend“**

In diesem Fall wird die Verkehrslast auf die Hinterfüllung angesetzt. Auf der sicheren Seite wird keine Lastausbreitung der Lasten angesetzt, bzw. die Lasten werden als großflächige Geländeaufasten angesetzt. Auf das Gewölbe wird keine Verkehrslast angesetzt. Der Ansatz der Eigenlasten als günstige Einwirkung wird maßgebend, auf der sicheren Seite wird das Widerlager als komplett aus Mauerwerk bestehend angesetzt.

#### **Teilsicherheitsbeiwerte**

EG (Widerlager)	0,95
EG (Überschüttung + Belag)	0,95
Horizontaler Erddruck aus EG Boden	0,95

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite: 60</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Horizontale Erddruck aus Verkehrslast	1,35
Belastbarkeitsbeiwert $\beta_{qfk}$	<b>1,29</b>
Teilsicherheitsbeiwert Gleitwiderstand $\gamma_{R,h}$	1,10

**Einwirkungen aus Gewölbe (Bemessungswerte)**

Normalkraft	122,83 kN/m
Hebelarm Normalkraft	-1,83 m
Schubkraft	95,96 kN/m
Hebelarm Schubkraft	4,25 m
Moment	-11,60 kNm/m

**Horizontaler Erddruck (Ansatz erhöht-aktiver Erddruck wg. geringen Verformungen)**

Erddruck oben (z=1,3 m)	8,77 kN/m <sup>2</sup>
Erddruck unten (z=6,2 m)	41,82 kN/m <sup>2</sup>
Resultierender Erddruck	123,95 kN/m
Hebelarm Resultierende	-3,53 m
Erddruck aus Verkehrslast	1,78 kN/m <sup>2</sup>
Resultierender Erddruck aus Verkehrslast	8,70 kN/m
Hebelarm Resultierende aus Verkehrslast	-3,00 m

**Eigengewicht Überschüttung**

Wichte Überschüttung	19,0 kN/m <sup>3</sup>
Wichte Mauerwerk / Magerbeton	20,0 kN/m <sup>3</sup>

**Eigengewicht Überschüttung + Belag**

Bereich 1	16,96 kN/m
Hebelarm Bereich 1	1,64 m
Bereich 2	66,22 kN/m
Hebelarm Bereich 2	1,50 m
Bereich 3	74,48 kN/m
Hebelarm Bereich 3	0,19 m
Bereich 4	69,16 kN/m
Hebelarm Bereich 4	-0,28 m

**Eigengewicht Widerlager**

Bereich 5	42,35 kN/m
Hebelarm Bereich 5	-0,64 m
Bereich 6	17,85 kN/m
Hebelarm Bereich 6	1,36 m
Bereich 7	126,00 kN/m
Hebelarm Bereich 7	-0,43 m
Bereich 8	78,40 kN/m
Hebelarm Bereich 8	-0,79 m
Bereich 9	4,81 kN/m
Hebelarm Bereich 9	-1,83 m

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite:</b> 61
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

#### Bemessungslasten in Sohlfuge

V(Res,Ed)	594,24	kN/m
H(Res,Ed)	-33,53	kN/m
M(Res,Ed)	-295,06	kNm/m

#### Bemessungslasten in Sohlfuge rechtwinkelig/parallel zur Sohlfuge

N(Res,Ed)	561,98	kN/m
H(Res,Ed)	-196,03	kN/m
M(Res,Ed)	-295,06	kNm/m

#### Kippsicherheit unter ständigen Lasten (auf der sicheren Seite mit Gesamtlasten geführt)

Vorhandene Ausmitte e	0,525	m
Zulässige Ausmitte $e = h/6$	0,67	m
Auslastungsgrad $\eta$	0,788	

#### Resultierende unter Gesamtlast gemäß Ril 805 Modul 805.0203 Kapitel 8 (3) 2.

Vorhandene Ausmitte e	0,525	m
Zulässige Ausmitte $e = h/3$	1,33	m
Auslastungsgrad $\eta$	0,394	

#### Nachweis der Sohlpressung nach Ril 805 Modul 805.0203 Kapitel 8 (3)

##### 3.

maximale Sohlspannung unter Annahme einer geradlinigen Spannungsverteilung $\sigma(1)$ bzw. $\sigma(\max)$	251,14	kN/m <sup>2</sup>	Nach SBT 23. Auflage Tafel 11.42 Zeile 2
--	--------	-------------------	--

#### Gleitnachweis nach Ril 805 Modul 805.0203 Kapitel 8 (4), DIN EN 1997-1 Kapitel 6.5.3 und DIN 1054 Kapitel 6.5.3

Sohlreibungswinkel $\delta$	30	°	Nach DIN 1054 Kapitel 6.5.3 A (10)
Gleitwiderstand R(d)	294,96	kN/m	Nach DIN 1054 Gleichung A (6.3c)
Auslastungsgrad $\eta$	1,000		

<b>Bauteil:</b>	Stand sicherheitsnachweise Unterbau	<b>Seite:</b> 62
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

## **7. Ausstattung**

Die einzigen statische relevanten Ausstattungselemente sind die Geländer. Hier sind gemäß Prüfbericht [15.] und eigenem Ortstermin nur kleinere Schäden ohne wesentlichen Einfluss auf die Tragsicherheit, wie fehlendem Gewindeüberstand der Verankerungsbolzen und kleinere Abplatzungen der Mörtelunterfütterung der Fußplatten, vorhanden. Daher bestehen keine Zweifel an der Standsicherheit der Geländer, sodass auf eine Nachrechnung verzichtet wird.

Die Leitungen und deren Auflagerkonsolen sind teilweise in einem sehr schlechten Zustand, tragen aber nur sich selbst und werden daher nicht nachgerechnet.

<b>Bauteil:</b>	Ausstattung	<b>Seite: 63</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

## 8. Bestimmung des Belastbarkeitsbeiwertes $\beta_{qfk}$

Der Belastbarkeitsbeiwert für das Gesamtbauwerk ergibt sich aus dem kleinsten ermittelten Belastbarkeitsbeiwert für die Einzelpositionen. Der Belastbarkeitsbeiwert  $\beta_{qfk}$  bezieht sich nur auf die Möglichkeit die großflächigen Verkehrslasten zu steigern. Da bei manchen Positionen die Lasten aus den großflächigen Verkehrslasten nur einen geringen Teil der Gesamtlast ausmachen, wird in der nachfolgenden Tabelle auch der Auslastungsgrad für  $\beta_{qfk} = 1,0$  ausgegeben, welcher die aktuelle Ausnutzung des Bauteils ausweist. Dieser Ausnutzungsgrad wurde in Nebenrechnungen bestimmt, die zugehörigen Berechnungen zugunsten der besseren Übersicht meist nicht mit ausgegeben.

Nr.	Position	$\eta$ ( $\beta_{qfk} = 1,0$ )	$\beta_{qfk}$
1	Stirnwand	Nicht nachweisbar	0,0865
2a	Gewölbe (Bruttoquerschnitt)	$\eta = 0,299$ *	$\geq 18,8$ *
2b	Gewölbe (Nettoquerschnitt)	$\eta = 0,723$ *	3,47 *
3a	Pfeiler (Bruttoquerschnitt)	$\eta = 0,548$	1,88
3b	Pfeiler (Nettoquerschnitt)	$\eta = 0,760$	1,33
4a	Einzelfundament (Bruttoquerschnitt)	$\eta = 0,505$ mit $\sigma_{Ed} = 308 \text{ kN/m}^2$	2,04 mit $\sigma_{Ed} = 404 \text{ kN/m}^2$
4b	Einzelfundament (Nettoquerschnitt)	$\eta = 0,564$ mit $\sigma_{Ed} = 287 \text{ kN/m}^2$	1,82 mit $\sigma_{Ed} = 363 \text{ kN/m}^2$
5	Flügelwände	Nicht nachweisbar	Nicht nachweisbar
6	Widerlager	$\eta = 0,966$ mit $\sigma_{Ed} = 308 \text{ kN/m}^2$	1,29 mit $\sigma_{Ed} = 314 \text{ kN/m}^2$

\* Bei den Gewölben sind zwei statische Problemstellungen maßgebend, welche rechnerisch nicht quantifiziert werden können aber dringend sanierungsbedürftig sind, vgl. Kapitel 9.2.

Die Stirn- und Flügelwände sind unter dem horizontalen Erddruck nicht nachweisbar. Als nächste Bauteile werden die Widerlager und die Mauerwerkspfeiler rechnerisch maßgebend.

Die rechnerischen Ausnutzungsgrade sind im vorliegenden Fall aufgrund der deutlichen Schadenszunahme aufgrund der Frosteinwirkung sehr kritisch zu hinterfragen, siehe nachfolgendes Kapitel. Auch für rechnerisch tragfähige Bauteile sind u.U. Sanierungsmaßnahmen dringend angeraten.

<b>Bauteil:</b>	Bestimmung des Belastbarkeitsbeiwertes $\beta_{qfk}$	<b>Seite: 64</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

## **9. Bewertung der Berechnungsergebnisse**

Für eine abschließende Bewertung der Berechnungsergebnisse sind diese teils noch mit den Beobachtungen in der Örtlichkeit abzugleichen und in Verbindung zu bringen. Auch bei Bauteilen, welche rechnerisch tragfähig sind, können aufgrund der Schadenszunahme oder rechnerisch nicht erfassbaren Effekten dringender Sanierungsbedarf ergeben, siehe Unterkapitel zu den Gewölben und Pfeilern.

Generell und zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Bauwerk als für eine Sanierung ausreichend tragfähig angesehen werden kann. Die globale Standsicherheit ist gegeben. Die lokale Standsicherheit ist jedoch nicht gegeben, dies insbesondere betreffend die Stirn- und Flügelwände und die Auflagerung der Stirnwände auf den Pfeilern. Die Verkehrssicherheit auf dem Bauwerk kann aus statischer Sicht als gerade noch in vertretbarem Rahmen gegeben angesehen werden (Sollte eine Flügelwand versagen, kann man von einem ausreichenden Ankündungsverhalten und einer Erkennbarkeit ausgehen.) Die Verkehrssicherheit *unter* dem Bauwerk ist nicht gegeben. Hier sind Betretungen zu vermeiden und zu untersagen.

### **9.1 Zu Pos. 1 Stirnwand und Pos. 5 Flügelwände**

In der Örtlichkeit konnte die Wanddicke der Stirn- und Flügelwände nicht festgestellt werden, weshalb die Berechnungsannahmen aus [14.] übernommen wurden. Sofern bei Sanierungsmaßnahmen oder anderweitig in der Örtlichkeit die Mauerwerksdicken der Stirn- und Flügelwände festgestellt werden können, sind diese zu überprüfen. Bei einer merklichen Abweichung von den Berechnungsannahmen sind die Berechnungen anzupassen.

In der letzten Nachrechnung [14.] konnten die Stirn- und Flügelwände noch mit sehr geringen Ausnutzungsgraden nachgewiesen werden, während in dieser Nachrechnung keine ausreichende Tragsicherheit nachgewiesen werden konnte (Stirnwände) bzw. der Berechnungsvorgang aufgrund von zu großen Ausmitten abgebrochen werden musste (Flügelwände). Diese Unterschiede können auf mehrere Gründe zurückgeführt werden:

- In [14.] wurde lediglich der aktive Erddruck angesetzt, während für die unbeschädigten/ungerissenen Stirn- und Flügelwände nach Ansicht des Aufstellers aufgrund der hohen Steifigkeit zumindest der erhöht-aktive Erddruck anzusetzen ist.
- In [14.] wurde teilweise eine deutlich geringere Kraghöhe angesetzt. Die angesetzte Kraghöhe wurde unter Beachtung des vorhandenen Rissbildes in der Örtlichkeit, vgl. auch Kapitel 6.3, zu günstig angesetzt.
- In dieser Nachrechnung wurde das Teilsicherheitskonzept angewendet. Durch Belegung von günstig und ungünstig wirkenden Einwirkungen mit unterschiedlichen Sicherheitsbeiwerten ergibt sich eine größere Ausmitte der Belastung.
- Wenn die Ausmitte der Belastung in die Nähe des Querschnittsrandes rückt nehmen die Spannungen in der überdrückten Querschnittsfläche und somit die Auslastung nichtlinear zu. Dadurch können sich bei geringen Steigerungen der Horizontallast deutliche

<b>Bauteil:</b>	Bewertung der Berechnungsergebnisse	<b>Seite: 65</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Vergrößerungen des Ausnutzungsgrades ergeben.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass nach Ansicht des Aufstellers dieser Nachrechnung die Berechnungsansätze für die Stirn- und Flügelwände in [14.] zu günstig angesetzt wurden. Insbesondere die Flügelwände lassen sich rechnerisch nicht nachweisen. Diese Tatsache deckt sich mit den Beobachtungen in der Örtlichkeit, wo die Flügelwände unter dem seitlichen Erddruck versagt haben und sich durch Rissbildung und Verdrehung der Last teilweise entzogen haben.

Bei den Stirnwänden wurden in der Örtlichkeit noch keine nennenswerten Schäden festgestellt, was vermuten lässt, dass Lastreserven vorhanden sind die rechnerisch nicht erfasst werden können oder dürfen (Streuung der Einwirkungen und Materialeigenschaften, erforderliche Sicherheiten). Durch Vergleichsrechnungen mit Ansatz des aktiven Erddruckes konnte gezeigt werden, dass die Stirnwände sich bei Einstellung von geringen Verformungen und dem dann gerechtfertigten Ansatz des aktiven Erddruckes nachweisen lassen ( $\beta_{qfk} = 0,96 \approx 1,0$ ). Somit würde sich bei den Stirnwänden vor einem völligen Versagen durch das Kippen der Stirnwände ein stabiler Gleichgewichtszustand einstellen.

Die Flügelwände haben sich durch Verformungen teilweise der Belastung durch den Erddruck entzogen. Momentan scheinen sich die Flügelwände in einem halbwegs stabilen Gleichgewichtszustand zu befinden, da eine merkliche Schadenzunahme in den letzten Jahren gemäß [15.] und [16.] nicht feststellbar ist.

Eine Sperrung des Bauwerks ist daher gemäß eigener Einschätzung derzeit noch nicht erforderlich, es muss aber eine regelmäßige Kontrolle der Schäden (Kontrollrhythmus etwa 2-monatlich, Rissmonitore?) vorgenommen werden. Bei einer Schadenserweiterung ist die Situation neu zu bewerten und ggf. eine Sperrung des Bauwerks anzuordnen. Zudem ist eine zeitnahe Sanierung/Ertüchtigung der Stirn- und Flügelwände unbedingt erforderlich (Baubeginn binnen 15 – 18 Monaten).

## **9.2 Zu Pos. 2 Gewölbe**

Die Gewölbe weisen rechnerisch noch deutliche Reserven auf, die Kämpferfuge kann auch unter Ansatz eines reduzierten Pfeilerquerschnittes und somit einer reduzierten Auflagerbreite mit ausreichenden Reserven nachgewiesen werden. Diese rechnerisch hohe Tragfähigkeit ist aber aufgrund des vorhandenen Schadenbildes deutlich kritisch zur bewerten:

In den Berechnungen wurden die Gewölbe als ungerissen angenommen. Tatsächlich sind in der Örtlichkeit aber breite Stirnringrisse zu beobachten (Schaden Nr. [3] in [15.]). Hierbei reißt der Gewölbebereich unterhalb der Stirnwände infolge des seitlichen Schubes aus horizontalen Erddruck auf die Stirnwand vom restlichen Gewölbe ab. Dieser Effekt wird vermutlich durch die Schädigung des Mauerwerks infolge Frosteinwirkung verstärkt. Da dem Mauerwerk rechnerisch keine Zugkräfte zugewiesen werden dürfen, ist eine rechnerische Erfassung der Lastabtragung dieser in Brückenquerrichtung wirkenden Horizontalkräfte nicht möglich, wenn auch, wie alle alten Gewölbe zeigen, bei ausreichender und *intakter* Ver-

<b>Bauteil:</b>	Bewertung der Berechnungsergebnisse	<b>Seite: 66</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

zahnung des Mauerwerks wohl gegeben.

Infolge der Stirnringrisse ist auch die quer gerichtete Lastausbreitung von Lasten für den Lastabtrag in Bogenlängsrichtung gestört. Dies wurde in den Nachweisen des Gewölbes nicht berücksichtigt, da sich das Ausmaß dieser Störung der Lastausbreitung schlecht quantifizieren lässt und „global“ betrachtet ausreichende Tragfähigkeiten vorhanden sind. Für den Nachweis der mittleren Gewölbebereiche hat dies zudem nur einen geringen Einfluss, da nur schmale Randbereiche wegfallen, der große Mittelbereich aber weiter für den Lastabtrag zur Verfügung steht. Auch für die Randbereiche des Gewölbes wird der Lastabtrag in Bogenlängsrichtung nicht als gefährdet angesehen, da durch die rechnerisch nicht angesetzte Mitwirkung der Stirnwände beim Lastabtrag noch nicht erfasste Reserven zur Verfügung stehen.

Besondere Aufmerksamkeit verdient die Kämpferfuge der teilweise abgerissenen seitlichen Gewölbebereiche. Da der Querschnitt der Mauerwerkspfeiler in diesen Punkten stark reduziert ist, fehlt dem abgerissenen Gewölbebereich in der Kämpferfuge sowohl ein Teil der Auflagerbreite, als auch ein Teil der Auflagerhöhe, was zudem zu einer doppelt exzentrischen Wirkung der Normalkraft aus dem Gewölbe auf den Auflagerbereich führt.

Weiterhin wurden in der Örtlichkeit Risse in Bogenlängsrichtung in der Kämpferfuge beobachtet. Diese sind vermutlich auf Querkzugspannungen und Frosteinwirkungen zurückzuführen. Eine Gefährdung der Standsicherheit aufgrund dieses Schadensbildes wird noch nicht gesehen.

Der Lastabtrag in Bogenlängsrichtung in den Gewölben kann zwar mit ausreichenden Lastreserven nachgewiesen werden, mit dem Abreißen der seitlichen Gewölbebereiche infolge Horizontallschub und den seitlichen Eckbereichen der Kämpferfuge sind aber zwei statische Problemstellungen vorhanden, welche dringend saniert werden müssen.

Eine Sperrung des Bauwerks ist im Hinblick auf die Ringrisse und die dort auch stark beeinträchtigten Auflagerbereiche u.E. derzeit dann vermeidbar, wenn eine Abstützung in den nächsten ca. 5 Monaten gegen mindestens Eigengewichtslasten auf der Süd-Ostseite an beiden Pfeilern erfolgt und regelmäßige Kontrollen der Schäden (Kontrollrhythmus etwa 2-monatlich, elektronische Aufnehmer?) vorgenommen werden. Bei einer Schadenserweiterung ist die Situation neu zu bewerten und ggf. eine Sperrung des Bauwerks anzuordnen. Zudem ist eine zeitnahe Sanierung/Ertüchtigung unbedingt erforderlich (Baubeginn binnen 15 – 18 Monaten).

### **9.3 Zu Pos. 3 Pfeiler**

Die Mauerwerkspfeiler weisen eine deutliche Querschnittsminderung infolge Frosteinwirkung auf. Durch eine offensichtlich nicht funktionierende Abdichtung sickert Wasser im Bereich der Kämpfer in die Pfeilerköpfe und schädigt diese in Kombination mit Frost. Im Bereich der Pfeilerköpfe lösen sich in vielen Bereichen die äußere oder sogar die beiden äußeren Steinreihen vom restlichen Mauerwerksquerschnitt ab oder sind schon heruntergefallen.

<b>Bauteil:</b>	Bewertung der Berechnungsergebnisse	<b>Seite: 67</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

Zudem nimmt die Mauerwerksfestigkeit infolge der Frosteinwirkung ab [13.]. In [13.] wurde auch die starke Durchfeuchtung sowie überhöhte Salzgehalte in den Pfeilerköpfen dokumentiert.

Ein ähnliches, wenn auch nicht so stark ausgeprägtes, Schadensbild ist an den Mauerwerkspfeilern in Höhe der Geländeoberkante feststellbar. Hier schädigt die Frosteinwirkung aufgrund von Feuchtigkeit aus dem Baugrund.

Für die Berechnungen wurde auf der sicheren Seite liegend ein stark reduzierter Nettoquerschnitt angesetzt. Auch mit diesem Nettoquerschnitt können die Mauerwerkspfeiler noch rechnerisch mit ausreichenden Lastreserven nachgewiesen werden, wobei nochmals auf die kritischen Eckbereiche mit den dort auflagernden Stirnwandgewölben verwiesen wird.

Da die Schadensentwicklung eigentlich schon als dramatisch zu bezeichnen ist, muss zeitnah (im vorgenannten Zeitraum) eine Sanierung vorgesehen werden.

#### **9.4 Zu Pos. 4 Einzelfundamente und zu Pos. 6 Widerlager**

Geometrie, Materialgüten und Erhaltungszustand der Fundamente und Widerlager sind in der Örtlichkeit nur teilweise oder gar nicht ohne größere Maßnahmen (Abgrabungen) feststellbar. Daher musste bei der Berechnung auf die in [14.] angesetzten Annahmen zurückgegriffen werden. Es sind allerdings keine Schäden bekannt, welche auf eine fehlende Standsicherheit der Fundamente und Widerlager schließen lassen, sodass nach Ansicht des Aufstellers dieser Nachrechnung vorerst kein Bedarf für eine umfassende Bestandserkundung von Fundamenten und Widerlagern besteht.

Beim rechnerischen Nachweis der Fundamente wurden noch deutliche Lastreserven festgestellt. Bei den Widerlagern ist die Tragfähigkeit unter Beachtung der erforderlichen Sicherheiten nahezu voll ausgeschöpft. Der maßgebende Nachweis ist hierbei aber der Gleitsicherheitsnachweis, welcher relativ unabhängig vom Bauwerkszustand ist.

Aufgrund des hohen Bauwerksalters ist davon auszugehen, dass der Setzungsvorgang abgeschlossen ist und keine nennenswerten weiteren Setzungen auftreten.

Die Standsicherheit der Fundamente und Widerlager ist unter den derzeitigen Lasten mit den erforderlichen Sicherheiten gegeben. Bei anderen Belastungszuständen, z.B. Bauzustände mit Abgrabung der Überschüttung oder schweren Einzelfahrzeugen, ist die Standsicherheit insbesondere der Widerlager neu zu untersuchen.

<b>Bauteil:</b>	Bewertung der Berechnungsergebnisse	<b>Seite: 68</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

## **10. Sanierungsempfehlungen**

Die nachfolgend genannten Sanierungsempfehlungen geben die nach Ansicht des Verfassers dieser Nachrechnung notwendigen Sanierungsmaßnahmen an. Es wird davon ausgegangen, dass ein Ersatzneubau infolge Denkmalschutzaufgaben nicht infrage kommt. Es erfolgt lediglich eine Skizzierung der Maßnahmen. Die nachfolgenden Sanierungsempfehlungen ersetzen kein umfassend ausgearbeitetes Sanierungskonzept mit Gegenüberstellung verschiedener Sanierungsvarianten, Kostenschätzungen sowie Betrachtung von Detailfragen und Bauzuständen. Die Sanierungsmaßnahmen sind noch mit anderen Beteiligten, wie zum Beispiel dem Gutachter für Mauerwerk und insbesondere mit dem Denkmalschutz abzustimmen.

### **10.1 Abdichtung/Entwässerung**

Eine Vielzahl der zu beobachtenden Schäden geht auf eine Schädigung infolge von Durchfeuchtung mit Frosteinwirkung zurück. Insbesondere die Querschnittsminderung an den Pfeilerköpfen und die Festigkeitsminderung des Mauerwerks sind auf diesen sprengenden Angriff zurückzuführen. Begleitet wird das Schadensbild von Aussinterungen, erhöhten Salzkonzentrationen in den Mauerwerkspfeylern, Abplatzungen, ausgebrochener Fugenvermörtelung, Rissen, Hohlstellen, Bewuchs mit Algen und Moosen und ähnlichen Schäden. Um eine weitere Schadenszunahme aufzuhalten und das sanierte Bauwerk lange zu erhalten, ist die Schadensursache, also die Durchfeuchtung des Mauerwerks, zu beheben. Hierzu sind auf dem Bauwerk eine funktionierende Entwässerung und Abdichtung herzustellen.

Dafür ist das Überfüllungsmaterial auszubaggern und die Entwässerungsrohre im Bereich der Kämpfer/Pfeilerköpfe sind zu überprüfen und ggf. zu erneuern. Es ist sicherzustellen, dass in diesem Bereich das gesamte anfallende Wasser den Entwässerungsrohren zugeführt wird und nicht in die Kämpfer und Pfeilerköpfe einsickern kann. Die Abdichtung auf dem gesamten Bauwerk ist zu erneuern wie auch die Abdeckbleche der Gesimse.

Da eine Entfernung des gesamten Überfüllungsmaterials aufgrund der Zugänglichkeit des Bauwerkes aufwendig und teuer wird, könnte in einer Variantenuntersuchung im Zuge eines Sanierungskonzeptes untersucht werden, ob es möglich ist die Abdichtungsebene höher anzusetzen.

Da auch an den Pfeilerfußpunkten Schäden infolge einer Durchfeuchtung festzustellen sind, sind auch hier Maßnahmen zur Fernhaltung von Feuchtigkeit vorzusehen.

### **10.2 Mauerwerk allgemein**

Das Mauerwerk ist in vielen Bereichen stark geschädigt. Im Zuge einer umfassenden Sanierungsmaßnahme sollten die üblichen Maßnahmen eine Mauerwerkssanierung vorgenommen werden. Unvermörtelte Fugen und Risse sind zu verpressen oder neu zu vermörteln,

<b>Bauteil:</b>	Sanierungsempfehlungen	<b>Seite: 69</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

ggf. zu verdübeln.

Lose und lockere oder herausgefallene Steine sind zu ersetzen. Graffiti, Bewuchs und Ausblühungen sind, wo möglich, zu entfernen.

Es sollte der Gutachter für das Mauerwerk hinsichtlich der Frage konsultiert werden, ob infolge der erhöhten Salzkonzentrationen zusätzlich zur Herstellung einer funktionierenden Abdichtung weitere Maßnahmen erforderlich sind.

### **10.3 Zu Pos. 1 Stirnwand und Pos. 5 Flügelwände**

Zur Ertüchtigung der Stirn- und Flügelwände erscheint es am sinnvollsten die Schubkräfte aus beiden Seiten kurzuschließen. Dies könnte mittels durchgeführten Ankern geschehen, die in den Stirn- und Flügelwände auf geeignete Weise zu verankern sind. Die Verankerung ist mit dem Denkmalschutz abzustimmen. Denkbar wäre die Nachbildung historischer Mauerwerksanker (z.B. Kreuzanker). Alternativ sind die Anker in den Mauerwerkswänden einzukleben, wobei zu prüfen ist, ob die Lasteinleitungslänge zur ausreichenden Kraftübertragung ausreicht.

Erforderlichenfalls sind die Flügelwände in Bereichen, in denen es bereits zu großen Verformungen und Verdrehungen gekommen ist neu aufzumauern. Vorhandene Risse sind zu verpressen oder neu zu verfugen.

### **10.4 Zu Pos. 2 Gewölbe**

Bei einer Sanierung der Gewölbe sollten die durch die Stirnringrisse teilweise abgetrennten Gewölbebereiche wieder mit dem mittigen Gewölbebereich verbunden werden. Hierzu sind die Risse zunächst zu verpressen bzw. neu zu verfugen. Anschließend sollten beide Gewölbeteile durch das Einkleben von Ankern konstruktiv miteinander verbunden werden. Diese Anker sind mindestens darauf auszulegen, dass sie die Schubkräfte aus horizontalen Erddruck auf die Stirnwände durch den Riss übertragen und auf beiden Seiten verankern können. Zur Erstellung der Anker könnte in regelmäßigen Abständen Kernbohrungen in die Stirnseite des Gewölbes gesetzt, die mit einer ausreichenden Verankerungslänge durch den Riss geführt werden. Anschließend werden die beiden Gewölbeteile mit für Mauerwerk zugelassene Anker und zugehörigen Injektionsmörtel miteinander verbunden. Die stirnseitige Öffnung der Kernbohrungen könnte mit den ausgebohrten Steinen verschlossen werden, wodurch sich ein minimaler Eingriff in das Erscheinungsbild ergibt.

### **10.5 Zu Pos. 3 Pfeiler**

Für die Erhaltung der Mauerwerkspfeiler ist die oben beschriebene Herstellung einer funktionierenden Bauwerksabdichtung besonders wichtig. Weiterhin gelten die Sanierungsempfehlungen für das Mauerwerk für die Pfeiler im besonderen Maße, da hier vermutlich großflächig der Abtrag der sich ablösenden äußeren Steinreihen erforderlich ist, um die Gefahr durch herabfallende Steine zu beheben. Das abgetragene Material ist anschließend

<b>Bauteil:</b>	Sanierungsempfehlungen	<b>Seite: 70</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

neu herzustellen, wobei auf einen ausreichenden Verbund mit dem Bestandsmauerwerk zu achten ist. Hinsichtlich der gleichmäßigen Belastung des Mauerwerksquerschnittes wäre es vorteilhaft, wenn die Erstellung des neuen Mauerwerks vorgenommen wird, während das Überschüttungsmaterial abgetragen ist. Bei dem anschließenden Wiederauftrag der Überschüttung würde der gesamte Mauerwerksquerschnitt, d.h. Bestandsmauerwerk wie neues Mauerwerk belastet.

### **10.6 Zu Pos. 4 Einzelfundamente und zu Pos. 6 Widerlager**

Bei den Fundamenten und Widerlagern, wird abgesehen von ggf. lokal notwendiger Sanierung des Widerlagermauerwerks, vgl. oben, kein Sanierungsbedarf gesehen. Insbesondere, wenn ohnehin lokal Abgrabungen für andere Sanierungsmaßnahmen erforderlich werden, sollte der Zustand der Einzelfundamente und Widerlager stichprobenartig überprüft werden.

### **10.7 Weitere Sanierungsmaßnahmen**

Im Zuge einer umfassenden Sanierungsmaßnahme sollten auch diverse andere Maßnahmen mit umgesetzt werden, welche zumeist auch schon in [15.] benannt wurden:

- Herstellung eines Kolksschutzes / Erneuerung der Sohlbefestigung
- Instandsetzung der Böschung
- Erneuerung oder Instandsetzung der Leitungen und deren Auflagerkonsolen wo erforderlich
- Eine Erneuerung des Belages ist vermutlich infolge der Grundinstandsetzung der Bauwerksabdichtung ohnehin unumgänglich
- Aufstellen von Pollern und einer Absturzsicherung im Böschungsbereich, Ersatz herausgebrochener Mörtelunterfütterung der Geländerfußplatten

### **10.8 Bauzustände**

Infolge der vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahmen treten diverse Lastzustände auf, welche in dieser Nachrechnung nicht betrachtet wurden und daher sorgfältig zu untersuchen sind. Insbesondere der Wegfall des günstig wirkenden Eigenwichts der Überschüttung und die Lastaufnahme von konzentrierten Einzellasten, beispielsweise aus Baufahrzeugen, auf welche Gewölbe sehr empfindlich reagieren, sind zu untersuchen.

<b>Bauteil:</b>	Sanierungsempfehlungen	<b>Seite: 71</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

<b>Bauwerk:</b>	Dreifeldbogenbrücke Röpersberg	<b>Projekt-Nr.: 219/067</b>
<b>Straßenbauverwaltung:</b>	Stadt Ratzeburg	
<b>Verfasser:</b>	<b>KSK INGENIEURE</b> Dipl.-Ing. Horstmann – Dr.-Ing. Scheele – Dr.-Ing. Vogt GmbH & Co. KG	<b>Datum:</b> 03 / 2020

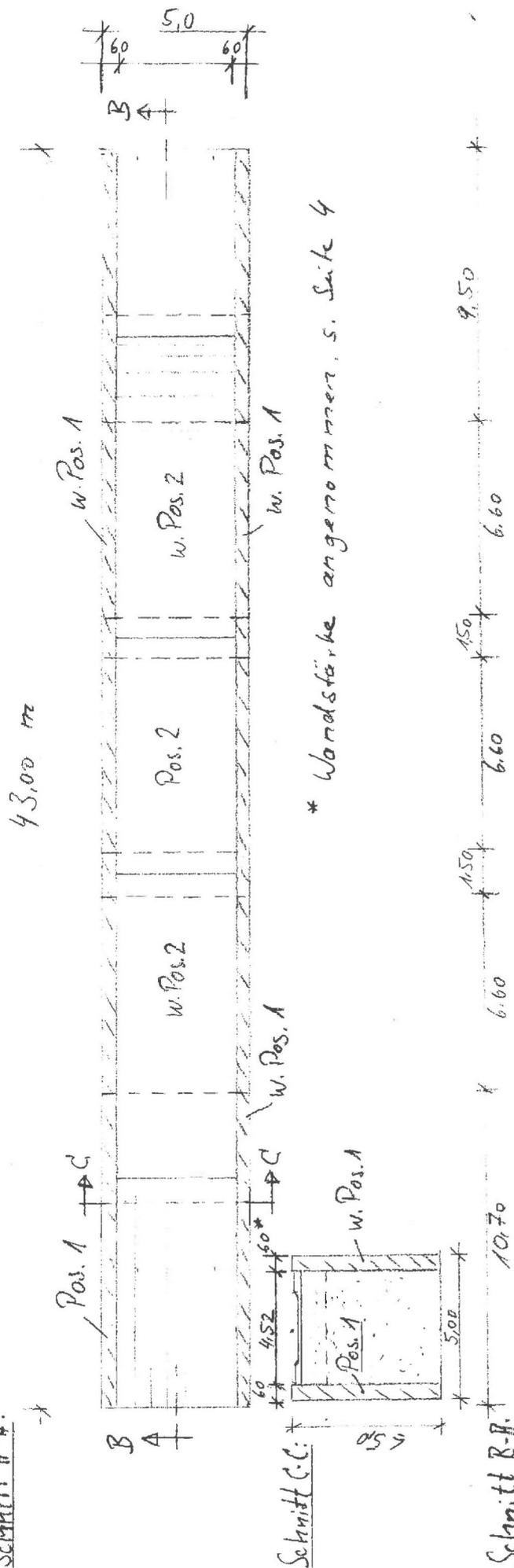
## **Anhang A: Geometrie gemäß Bestandsunterlagen**

Geometrische Angaben sind in [14.] vorhanden, welche weitgehend aus älteren nicht mehr vorliegenden Unterlagen übernommen wurden.

Die geometrischen Angaben finden sich zusammengefasst im Positionsplan auf Seite 4 der Berechnung von Hertel + Stünckel, welcher auf der nachfolgenden Seite beigefügt wird.

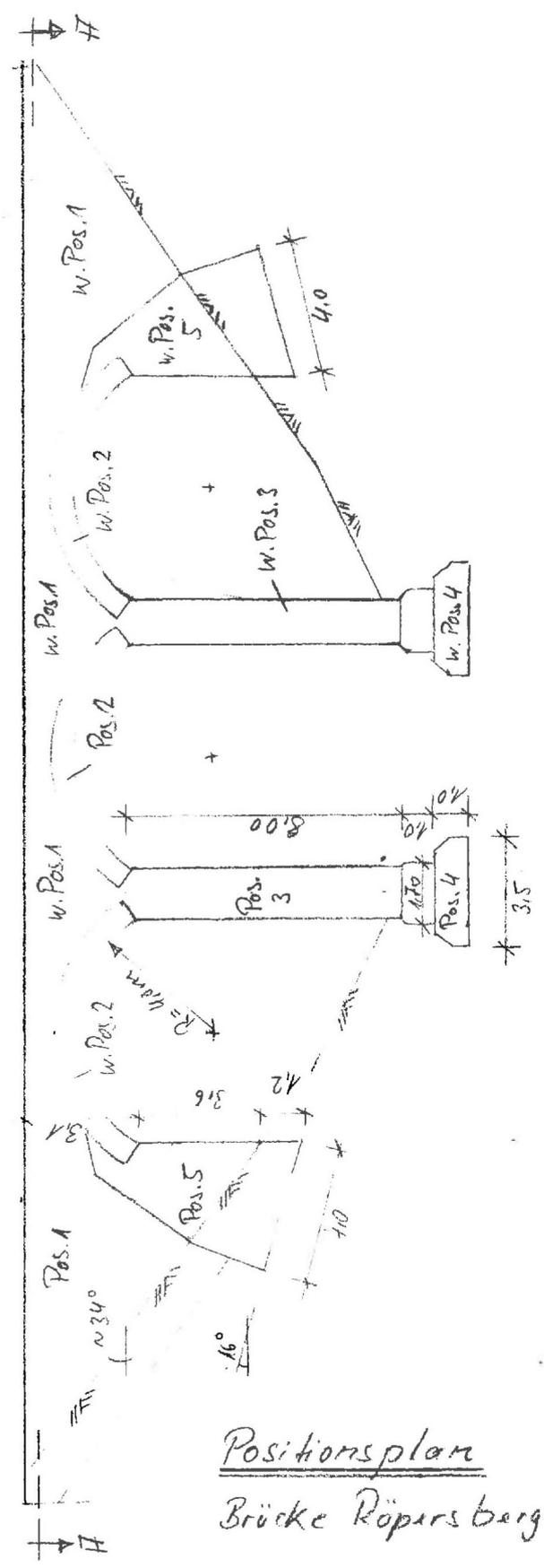
<b>Bauteil:</b>	Anhang A: Geometrie gemäß Bestandsunterlagen	<b>Seite: A-1</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

Schnitt A-V:



\* Wandstärke angenommen, s. Seite 4

Schnitt B-H:



Positionsplan  
Brücke Röparsberg

Proj.-Nr. 9239  
Maßst.: 1:200

## Anhang B: Dokumentation Ortstermin

### Anhang B.1: Allgemeines

Der Ortstermin fand am 21.02.2020 von ca. 9.00 Uhr bis 12.45 Uhr statt, anwesend waren Herr Sönke Müller und Herr Jonas Nütz, beide KSK Ingenieure. Ziel war hierbei zum einen die Kontrolle der Hauptmaße aus den Bestandsunterlagen in der Örtlichkeit sowie die Abschätzung der Nettoquerschnittswerte. Außerdem sollte sich ein eigener Eindruck von den vorhandenen Schäden, vgl. auch aktueller Prüfbericht 2018 H [15.], und der Örtlichkeit verschafft werden.

Da zum Zeitpunkt der Besichtigung Gerüste aufgebaut wurden, konnten viele Bauteile handnah begutachtet werden.

Die Ermittlung der geometrischen Abmessungen erfolgt mit der für die Berechnung erforderlichen und der aufgrund der unebenen Oberflächen möglichen Genauigkeit.

Aufgrund der vielen Fotos, wird nur eine repräsentative Auswahl in diese Dokumentation aufgenommen. Weitere Fotos stehen dem Aufsteller dieser Unterlage digital zur Verfügung.

#### Prüfrichtung:

Von Süd-Westen nach Nord-Osten

#### Wetter:

Ca. 8° C, zunächst regnerisch, später teilweise aufklarend

#### Referenzmaße:

Zur Ermittlung von Maßen anhand der Fotodokumentation wurden einige Referenzmaße aufgenommen, die als Anhaltswerte verwendet werden können:

Abstand Geländerpfosten: 2,45 m

Höhe von 20 Steinreihen: 1,56 m

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite: B-1</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

## Anhang B.2: Kontrolle Hauptmaße und Bruttoquerschnittswerte

### Brückengesamtlänge:

Aufgrund fehlender Übergangskonstruktionen nicht genau definierbar:

Anhaltswert 18 Geländerfelder à 2,45 m:  $L = 44,10 \text{ m}$

(Gemäß Bestandsunterlage [14.]: 43,0 m)

### Querschnitt Pfeiler

Gemessen: Pfeiler vorne: 1,49 m x 5,02 m

Pfeiler hinten: 1,49 m x 5,01 m

Gemäß Bestandsunterlage [14.]: 1,50 m x 5,00 m

Angesetzt: 1,49 m x 5,00 m

### Pfeilerhöhe / Brückenhöhe



**Abbildung 8: Ansicht von Süd-Ost - Brückenhöhe**

Höhe Pfeiler 1 (GOK bis Kämpfer):

Messwerte: 6,956 m; 7,014 m; 6,962 m

Angesetzt: 6,96 m (Der mittlere Wert ist vmtl. leicht verrutscht)

Gemäß Bestandsunterlage [14.]: 8,0 m

Höhe Brücke 1:

Messwerte: 9,654 m; 9,622 m; 9,785 m, 9,690 m

Die dritte Wert von GOK bis UK Gesims, die anderen Werte von GOK bis UK Leitung

Angesetzt: 9,785 m von GOK bis UK Gesims

Höhe Brücke 2:

Messwerte: 10,132 m; 10,06 m; 10,07 m

Angesetzt: 10,087 m von GOK bis UK Leitung

### Lichte Spannweite Gewölbe

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite: B-2</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

Gewölbe 1: Messwerte links: 6,62 m; 6,60 m; 6,60 m  
 Messwerte rechts: 6,58 m; 6,55 m; 6,55 m  
 Gewölbe 2: Messwerte: 6,591 m; 6,590 m; 6,586 m  
 Gewölbe 3: Messwerte: 6,651 m; 6,619 m; 6,650 m  
 Gemäß Bestandsunterlage [14.]: 6,60 m

Alle gemessenen Werte liegen sehr dicht am Wert aus den Bestandsunterlagen. Dieser wird für die Berechnungen angesetzt.

Angesetzt: 6,60 m

Stichmaß Bogen:

Ermittlung mit waagrecht gespannter Schnur und Messwerten (Laser) am Kämpfer und Scheitel:

Gewölbe 1: Messwerte Kämpfer: 3,451 m; 3,501 m; 3,525 m

Bei den letzten beiden Werten werden 5 cm abgezogen, da nicht genau im Kämpfer gemessen wurde

Ø 3,459 m

Messwerte Scheitel: 5,074 m; 5,075 m; 5,078 m

Ø 5,076 m

Stichmaß: 1,617 m

Gewölbe 2: Messwerte Kämpfer: 7,064 m; 7,055 m; 7,004 m

Bei den ersten beiden Werten werden 5 cm abgezogen, da nicht genau im Kämpfer gemessen wurde

Ø 7,008 m

Messwerte Scheitel: 8,70 m; 8,68 m; 8,69 m

Ø 8,69 m

Stichmaß: 1,682 m

Gewölbe 3: Messwerte Kämpfer: 4,571 m; 4,571 m; 4,573 m

Ø 4,572 m

Messwerte Scheitel: 6,164 m; 6,187 m; 6,177 m

Ø 6,176 m

Stichmaß: 1,604 m

Aus Fotos ermittelter Wert: 1,694 m

Aus Bestandsunterlage [14.]: lichte Weite 6,60 m, Radius Bogen: 4,0 m

→ Stichmaß: 1,739 m

Angesetzt: Stichmaß: 1,70 m

Alle ermittelten Werte schwanken um ein Stichmaß von 1,70 m. Dieser Wert wird für die

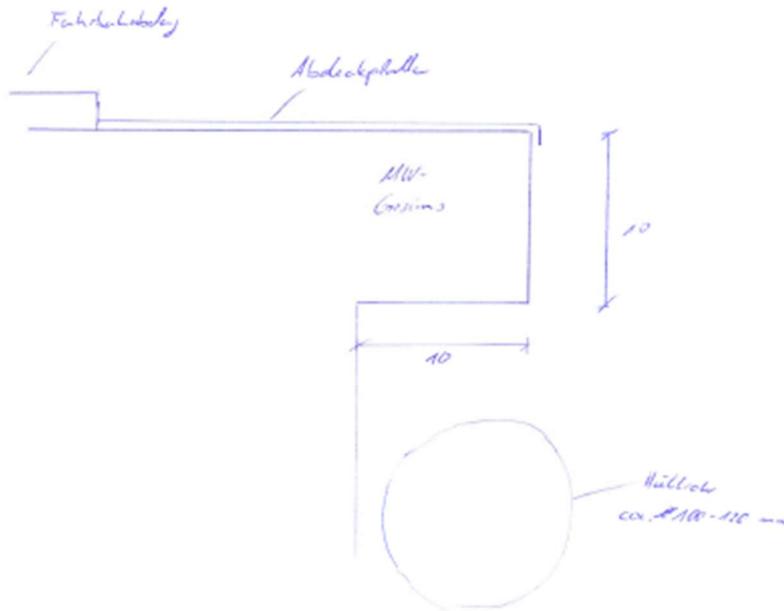
<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite: B-3</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

Berechnungen angesetzt.

Dicke Gewölbe:

Die Dicke des Gewölbes beträgt auf den Fotos ca. der Höhe von 8-9 Steinreihen. Dies entspricht einer Dicke von 62,4 cm bis 70,2 cm. Somit kann die in [14.] genannte Dicke von 64 cm bestätigt werden.

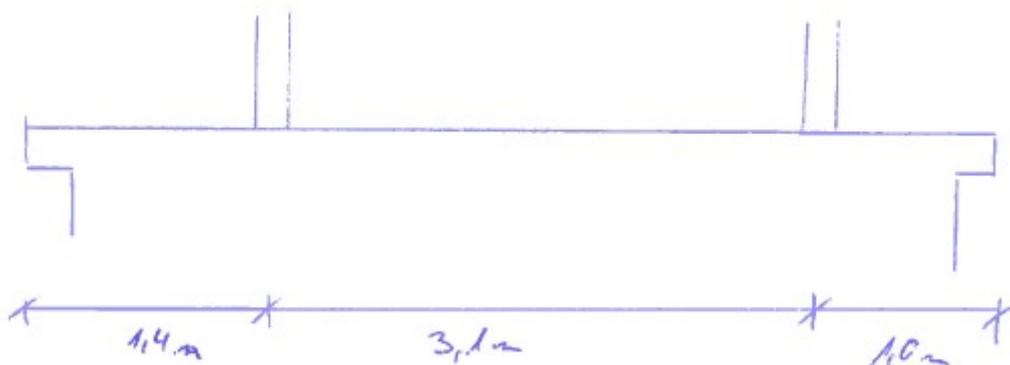
Gesims:



Breite metallische Abdeckplatte: ca. 42 cm

Abstand Geländer (Achismaß) ab AK Brücke: ca. 1,0 m, vgl. auch unten.

Fußwegbreite:



Hinweis: Die gemessenen Breiten zwischen AK Brücke und den Achsen der Geländer ergeben eine Breite der Brücke von 5,50 m. Bei Addition von zweimal 10 cm Gesimsbreite zu der Pfeilerbreite von 5,0 m ergibt sich eine Brückenbreite von 5,2 m. Die Differenz ergibt sich vermutlich aus Messungenauigkeiten, einen weiteren Überstand der metallischen Abdeckplatte, einer leichten Aufweitung im Bereich der Flügelwände (wo die oben genannten Breiten gemessen wurden) und den Verformungen der Flügelwände.

Auf der sicheren Seite wird die Fußwegbreite von 3,1 m als Belastungsbreite angesetzt.

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite:</b> B-4
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

Leitungen:



**Abbildung 9: Leitungen Süd-Ost-Seite**

Hüllrohr:  $\varnothing$  ca. 100-120 mm, im Böschungsbereich vollständig korrodiert



**Abbildung 10: Leitungen Nord-West-Seite**

Rohr unten:  $\varnothing$  ca. 40 cm, lichter Abstand ca. 15 cm

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite: B-5</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

Konsolen aus 2 liegenden U-Profilen (Höhe ca. 140mm, Breite ca. 60 mm, lichter Abstand ca. 260mm)

Doppelleitung oben Ø ca. 20 cm, lichte Abstände ≤5 cm

Weitere Maße:

Da insgesamt eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den Messwerten in der Örtlichkeit und den in [14.] genannten Maßen festgestellt wurde, erscheint die Annahme gerechtfertigt, dass weitere in der Örtlichkeit nicht feststellbare Maße aus [14.] übernommen werden können.

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite: B-6</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

### **Anhang B.3: Schadensbeschreibung / Abschätzung Nettoquerschnittswerte**

Bei der Begutachtung in der Örtlichkeit wurde der Fokus auf Schäden mit Auswirkungen auf die Standsicherheit und die Dauerhaftigkeit gelegt. Schäden mit nur geringen Auswirkungen oder mit Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit wurden nur am Rande betrachtet. Besonders hervorzuheben sind folgende Schadensbilder:

- **Nettoquerschnittsverluste der MW-Pfeiler:** Besonders im oberen Bereich der beiden Mauerwerkspfeiler löst sich die äußere Steinreihe, vereinzelt auch die beiden äußeren Steinreihen, durch Frosteinwirkung ab. In einigen Bereichen sind die Steine schon großflächig herausgebrochen, in anderen lose und ohne Krafteinwirkung von Hand herausnehmbar, in weiteren kündigt sich das Ablösen durch Risse an. Es ist davon auszugehen, dass die äußere Steinreihe im oberen Bereich großflächig fehlt oder nicht mehr als tragend angesetzt werden kann bzw. dies zeitnah der Fall ist. Auf den Stirnseiten werden zwei Steinreihen als fehlend angesetzt. Damit ergeben sich folgende Nettoquerschnittswerte der MW-Pfeiler:

$$B \times L = (1,49 \text{ m} - 2 \times 0,13 \text{ m}) \times (5,0 \text{ m} - 4 \times 0,13 \text{ m}) = 1,23 \text{ m} \times 4,48 \text{ m}$$

- **Längsrisse Gewölbe:** Die größten Risse treten in Längsrichtung der Gewölbe im Abstand von ca. 0,5 m ab den Außenkanten der Brücke über die gesamte Gewölbelänge auf (im 1. Feld beidseitig, im 2. Feld auf der Süd-Ost-Seite). Diese haben Rissweiten bis zu 1-2 cm, im 1. Feld sind die Rissufer vertikal um ca. 3 mm versetzt (Äußerer Gewölbestreifen tiefer liegend). Teilweise verlaufen kleinere Risse parallel zu diesen. Außerdem treten kleinere Längsrisse im Bereich der Kämpfer über die gesamte Gewölbbebreite auf und setzen sich teilweise in die Pfeiler fort. Im 3. Feld ist das Rissbild zwar ähnlich aber deutlich weniger ausgeprägt.

Als Ursache für die Risse wird eine Kombination aus einer Frostschädigung mit einer Schubbeanspruchung aus den Stirnwänden (Im Falle der großen Längsrisse) bzw. mit Querspannungen in den hoch-belasteten Kämpfern vermutet.

- **Verschiebung/Verdrehung Flügelwände:** Durch Schrägrisse im Bereich der Flügelwände zeichnet sich ab, dass diese vom Erddruck nach außen gedrückt und sich daher zu den Widerlagern verschieben. Ggf. werden diese Schrägrisse auch durch eine stärkere Setzung der Widerlager als die der Flügelwände mitverursacht. Eine Verdrehung/Verschiebung des Kopfbereichs der Flügelwände nach außen deutet ebenfalls auf eine Überlastung dieser hin.

Weitere Schäden unterstreichen die schlechte Mauerwerksqualität und die langfristige Schädigung des Mauerwerks durch Feuchtigkeit und Frost:

- Großflächige Abplatzungen im Bereich von 1-3 cm
- Aussinterungen, verstärkt im Bereich der Kämpfer
- Diverse, teilweise auch großflächige Hohlstellen
- Herausgebrochener Fugenmörtel
- Vereinzelt lose Steine
- Verschiedentlich kleinere Risse
- Bewuchs mit Moose, Algen und Flechten, besonders der Widerlager

Als weitere Schäden sind zu nennen:

- Auskolkung
- Schäden im Belag

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite: B-7</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

- Korrosion der Hüllrohre und Konsolen
- Fehlstellen in der metallischen Abdeckplatte
- Unverschlossene Kernbohröffnungen
- Diverse weitere Schäden (z.B. Schmutzablagerungen, Geländerfußpunkte, Graffiti, etc.) siehe Prüfbericht nach DIN 1076 [15.]

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite: B-8</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

## Anhang B.4: Fotodokumentation / Skizzen



**Abbildung 11: Gesamtansicht von Süd-Ost**



**Abbildung 12: Gesamtansicht von Nord-West**

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite: B-9</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

Gewölbe 1. Feld

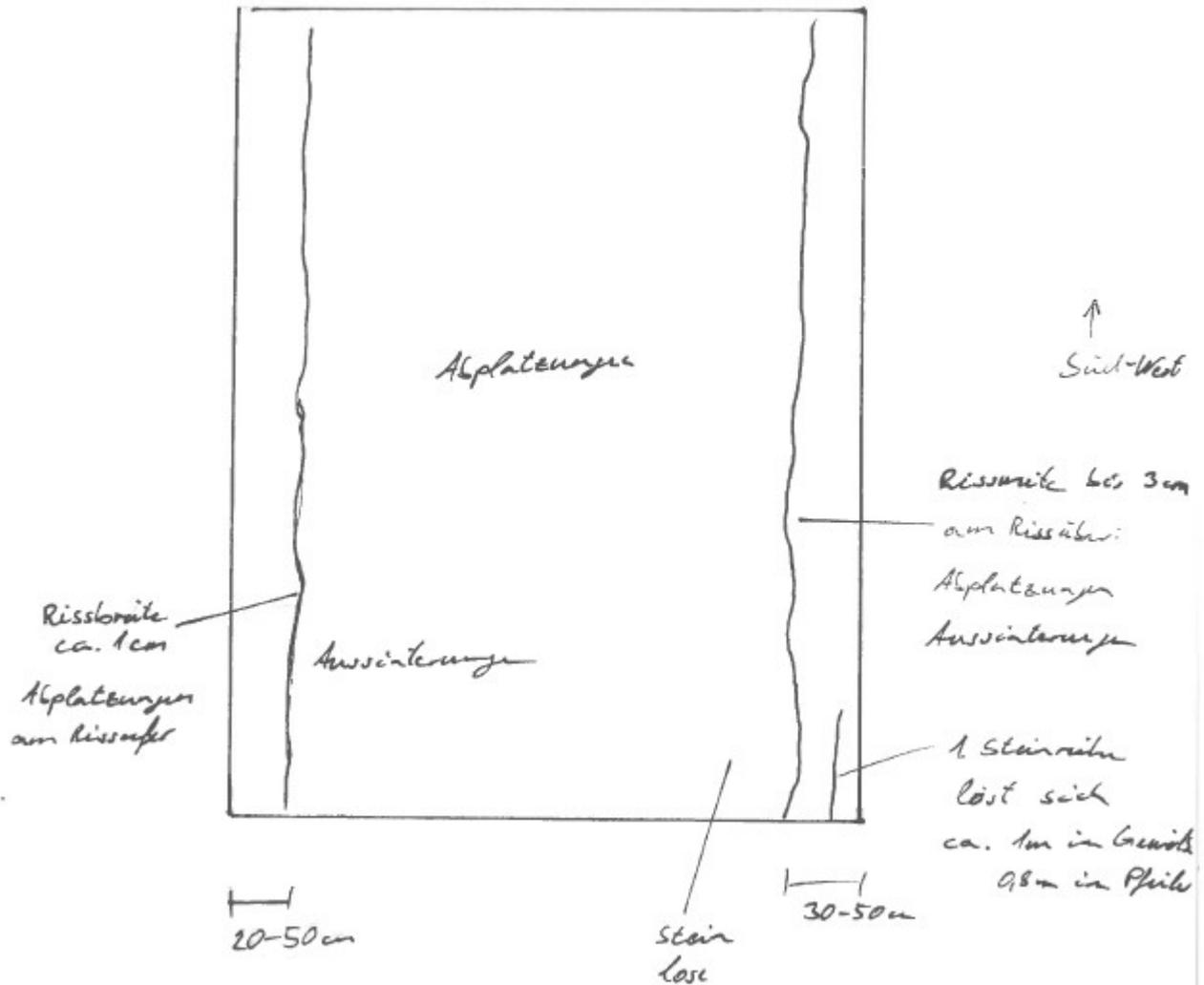


Abbildung 13: Skizzierung Schäden Gewölbe 1. Feld



Abbildung 14: Riss mit Abplatzungen

Bauteil:	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	Seite: B-10
Kapitel / Vorgang:	Nachrechnung Bestandsbauwerk	Archiv-Nr.

Gewölbe 2. Feld

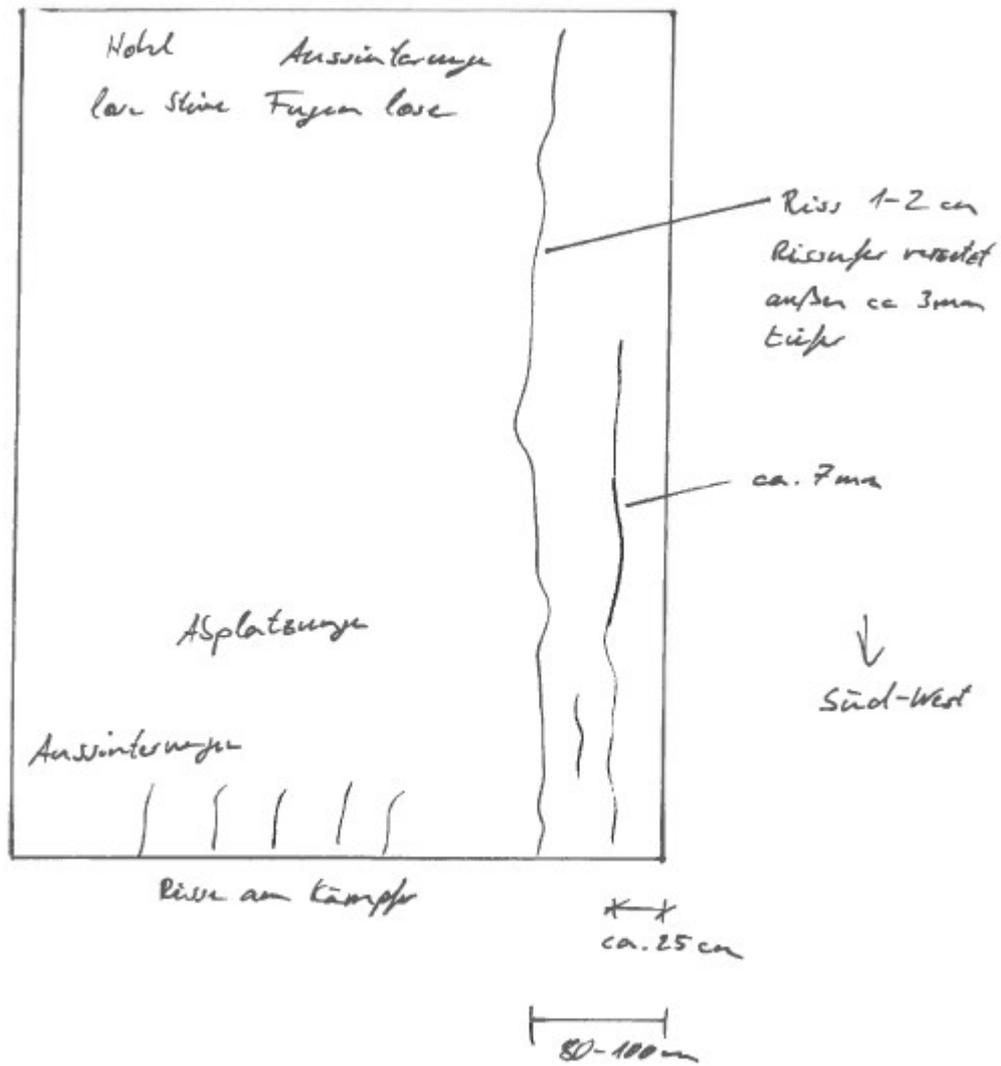
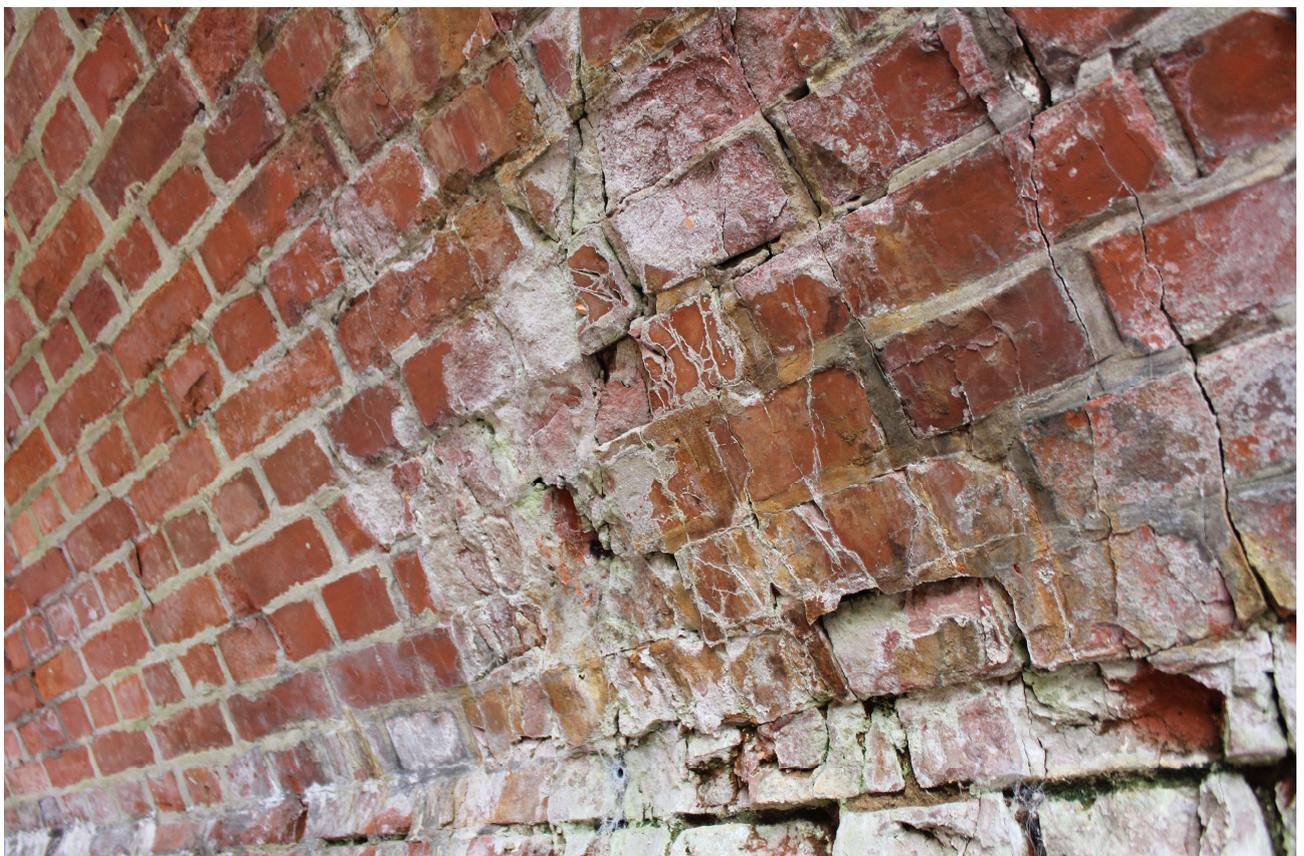


Abbildung 15: Skizzierung Schäden Gewölbe 2. Feld

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite:</b> B-11
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>



**Abbildung 16: Gewölbe 2. Feld Unterseite**



**Abbildung 17: Nahaufnahme Kämpfer - Gewölbe 2. Feld Nord-Ostseite**

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite: B-12</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

Gewölbe 3. Feld

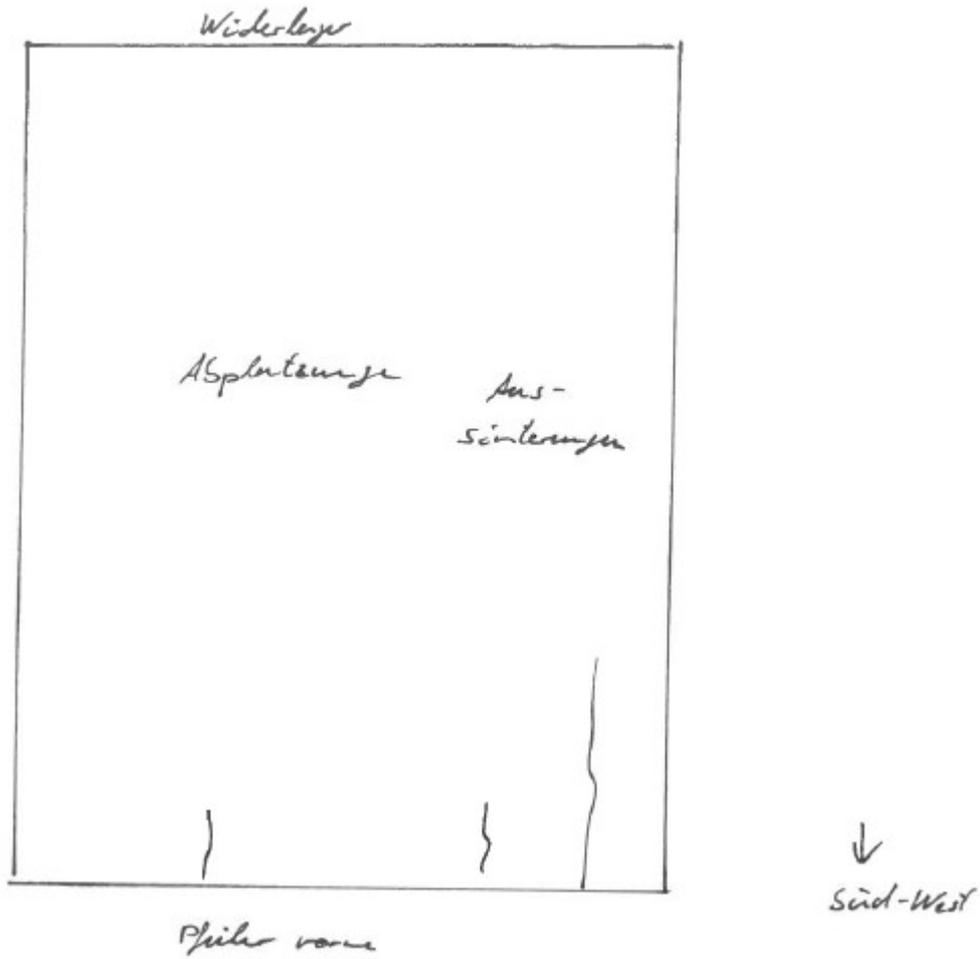


Abbildung 18: Skizzierung Schäden Gewölbe 3. Feld

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite:</b> B-13
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>



**Abbildung 19: Gewölbe 3. Feld Untersicht (Blickrichtung nach Süd-West)**



**Abbildung 20: Nahaufnahme Abplatzungen/Aussinterungen**

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite:</b> B-14
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

Widerlager/Flügelwände vorne:

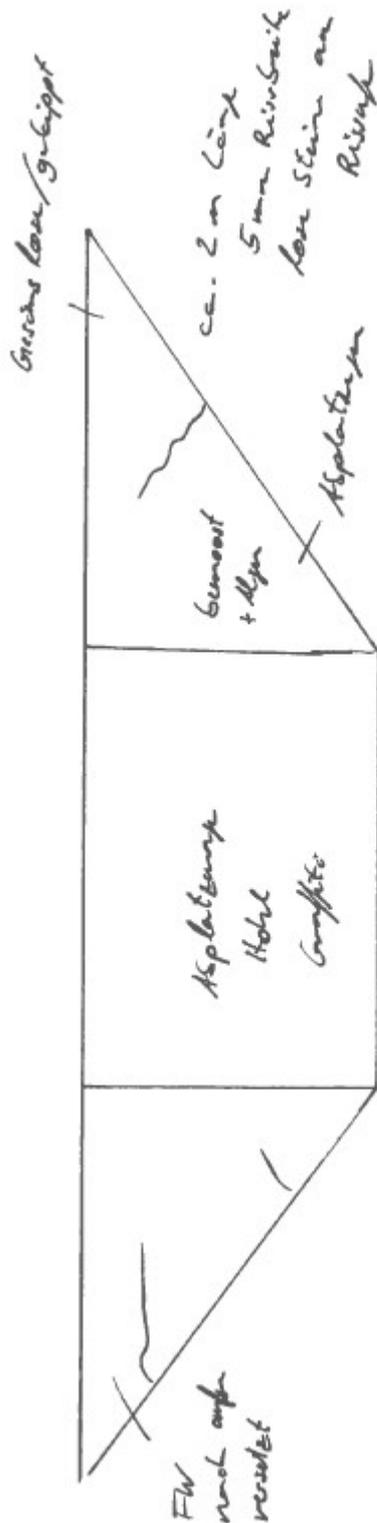


Abbildung 21: Skizzierung Schäden Widerlager/Flügelwände vorne

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite:</b> B-15
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>



**Abbildung 22: Riss / Verschiebung FW auf Süd-Ostseite**



**Abbildung 23: Schäden Gesims/FW-Kopfbereich auf Nord-Westseite**

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite:</b> B-16
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

Mauerwerkspfeiler vorne:

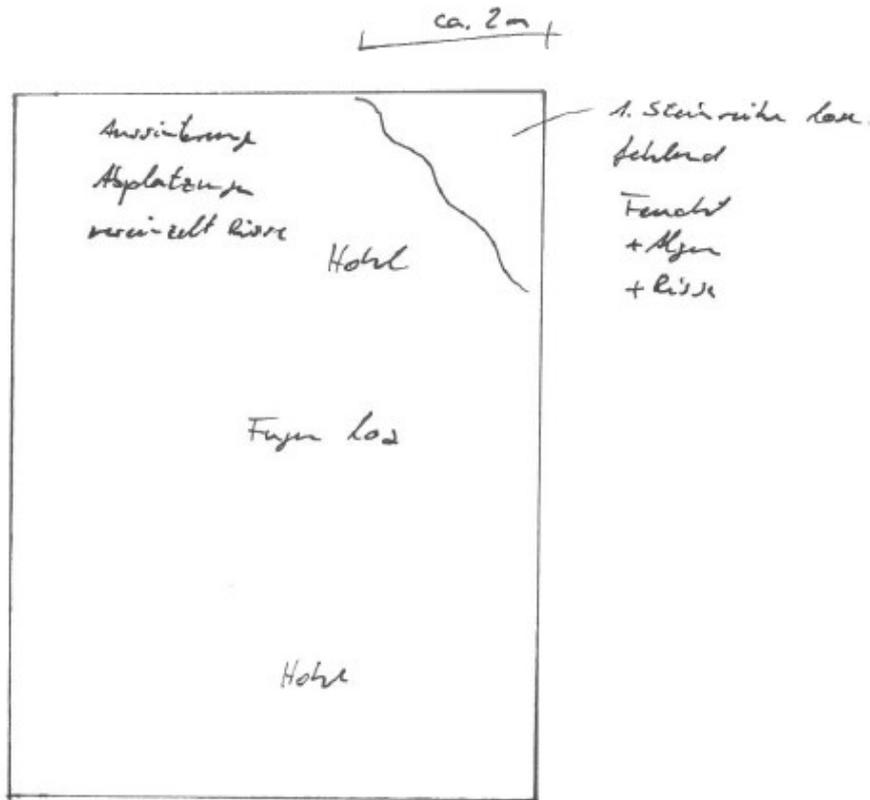


Abbildung 24: Skizzierung Schäden MW-Pfeiler vorne - Ansicht vom 1. Feld

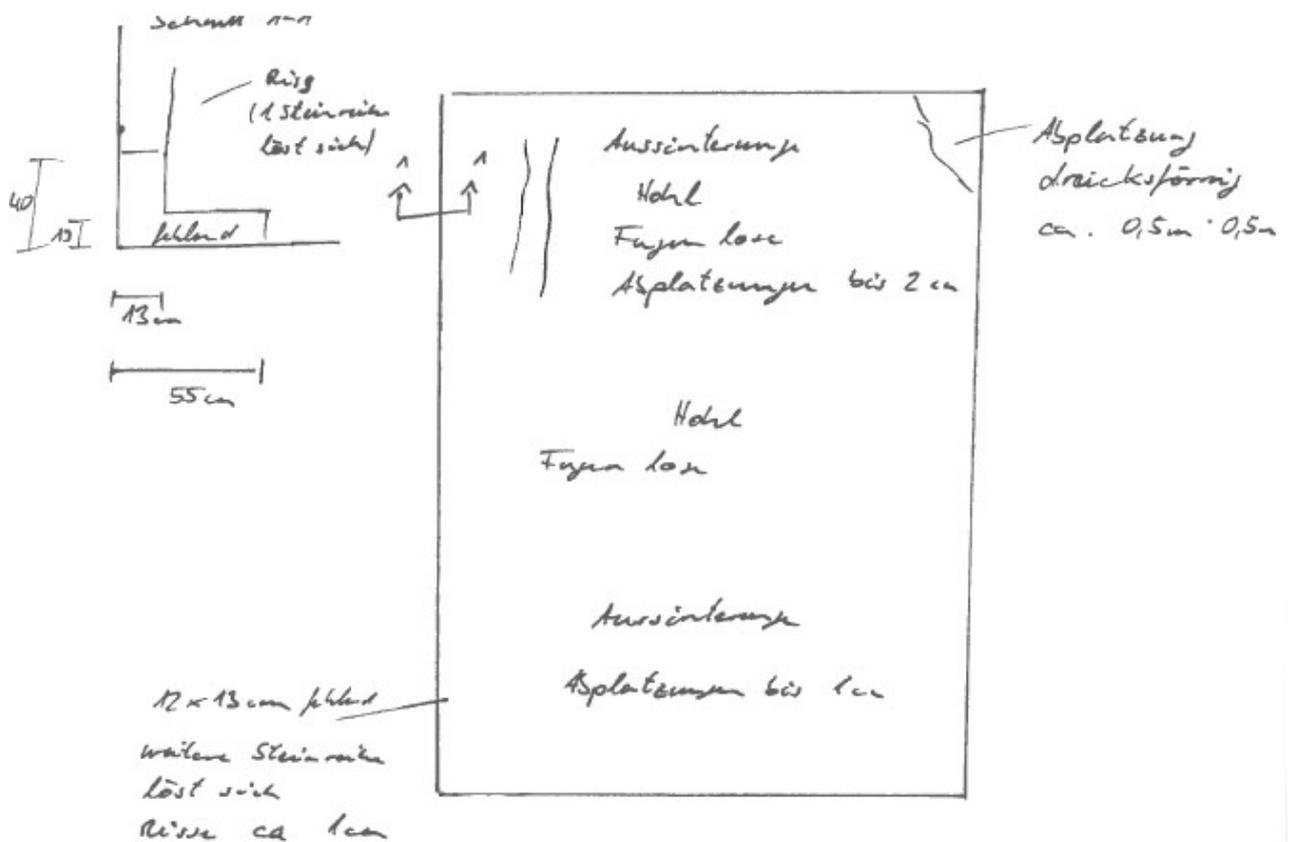


Abbildung 25: Skizzierung Schäden MW-Pfeiler vorne - Ansicht vom 2. Feld

Bauteil:	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	Seite: B-17
Kapitel / Vorgang:	Nachrechnung Bestandsbauwerk	Archiv-Nr.



**Abbildung 26: Pfeiler vorne Ansicht Süd-Ostseite**



**Abbildung 27: Pfeiler vorne Ansicht vom 1. Feld**

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite: B-18</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

Mauerwerkspfeiler hinten:

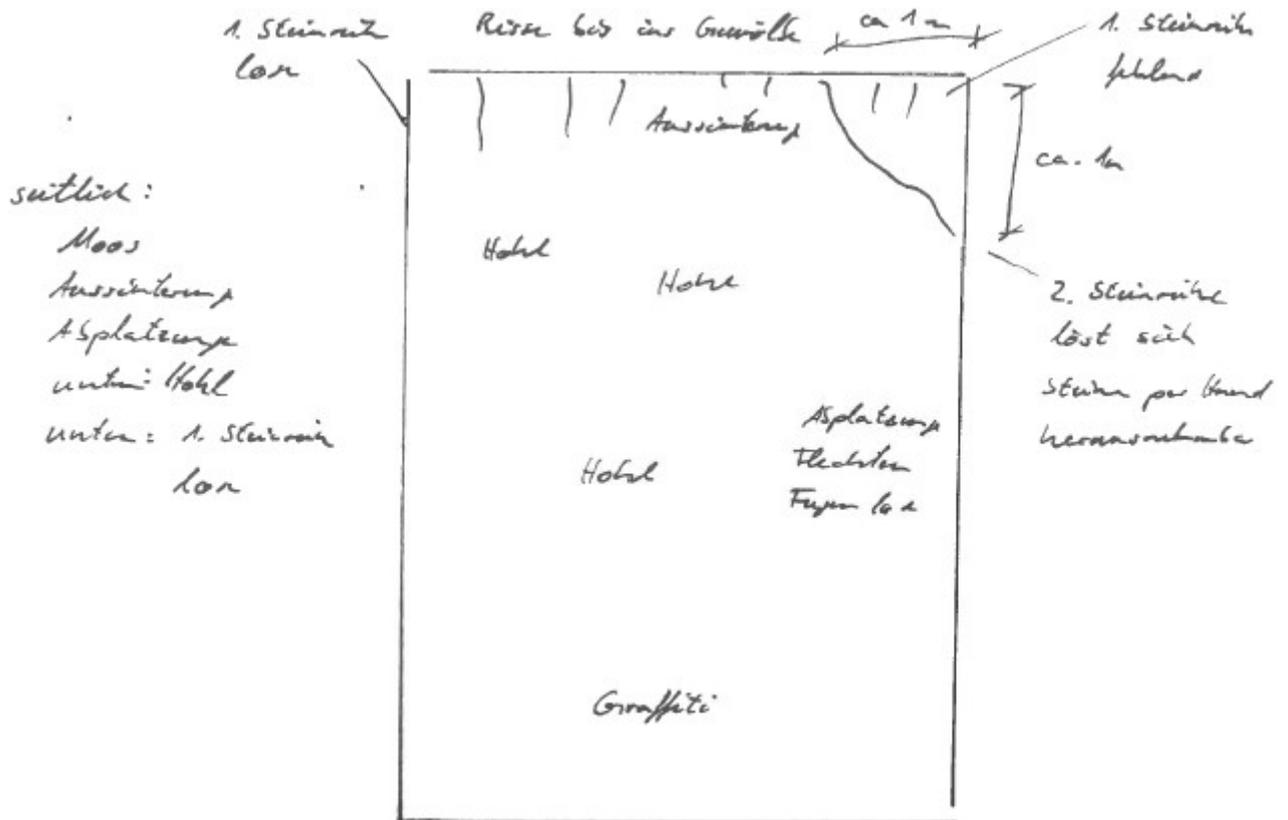


Abbildung 28: Skizzierung Schäden MW-Pfeiler hinten - Ansicht vom 2. Feld

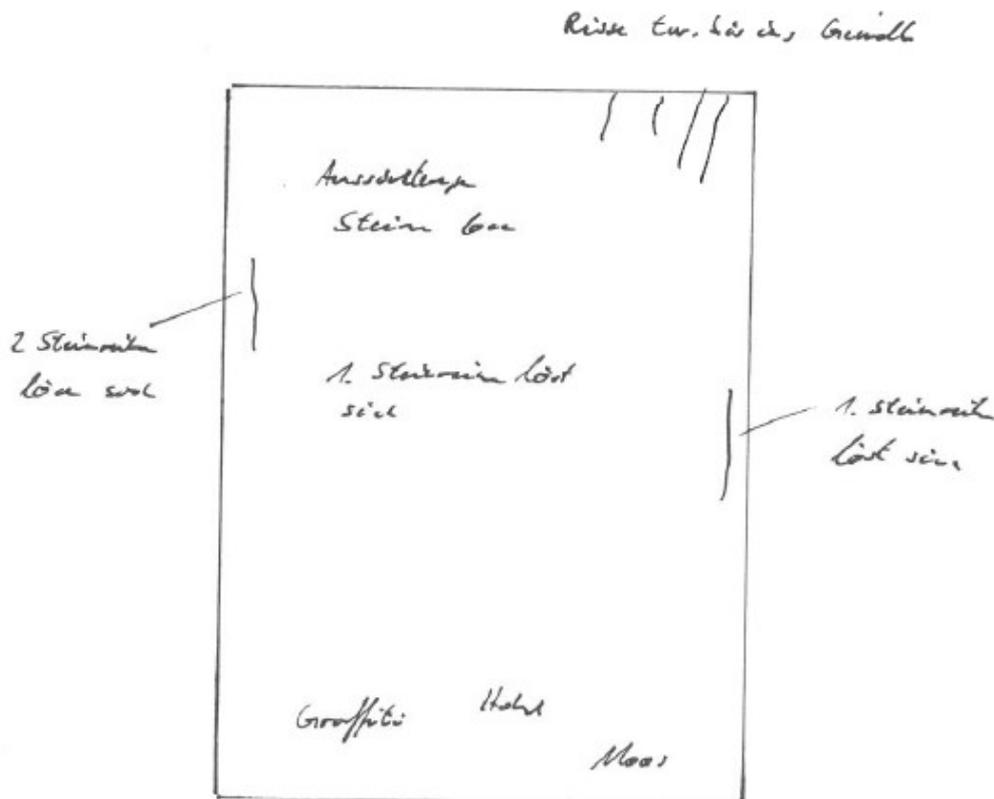


Abbildung 29: Skizzierung Schäden MW-Pfeiler hinten - Ansicht vom 3. Feld

Bauteil:	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	Seite: B-19
Kapitel / Vorgang:	Nachrechnung Bestandsbauwerk	Archiv-Nr.



**Abbildung 30: MW-Pfeiler hinten - Ansicht vom 2. Feld**

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite: B-20</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>



**Abbildung 31: 2 Steinreihen lösen sich stirnseitig ab**



**Abbildung 32: Querschnittsminderung Fußbereich**

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite:</b> B-21
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

Gewölbe hinten:

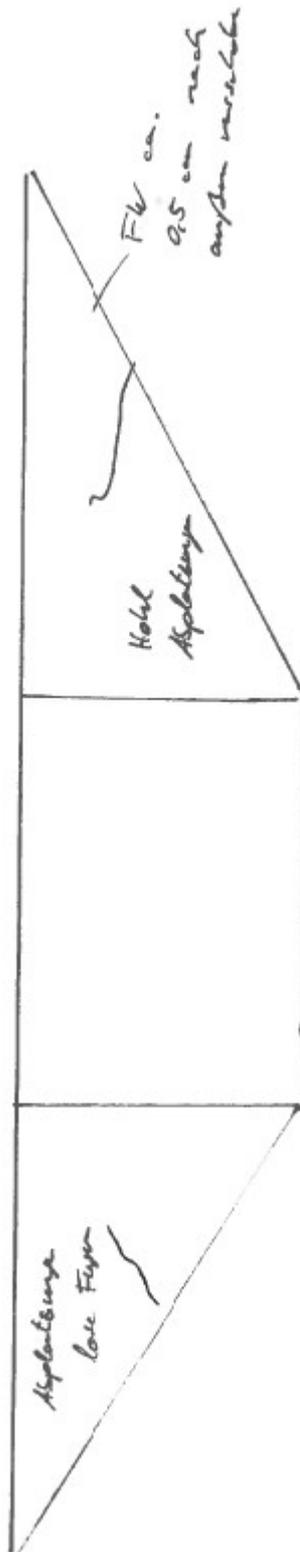


Abbildung 33: Skizzierung Schäden Widerlager/Flügelwände hinten

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite:</b> B-22
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>



**Abbildung 34: Abplatzungen/Farbspuren seitlich**



**Abbildung 35: Riss Flügelwand**

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite: B-23</b>
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>

## Fließgewässer/Auskolkung



**Abbildung 36: Unrat im Bachlauf**



**Abbildung 37: Auskolkung**

<b>Bauteil:</b>	Anhang B: Dokumentation Ortstermin	<b>Seite:</b> B-24
<b>Kapitel / Vorgang:</b>	Nachrechnung Bestandsbauwerk	<b>Archiv-Nr.</b>



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

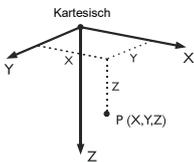
## MODELL-BASISANGABEN

Allgemein	Modellname	: Gewölbe Grundmodell
	Projektname	: Röpersberg RFEM
	Modelltyp	: 3D
	Positive Richtung der globalen Z-Achse	: Nach unten
	Klassifizierung der Lastfälle und Kombinationen	: Nach Norm: EN 1990 + EN 1991-2; Straßenbrücken Nationaler Anhang: DIN - Deutschland
Optionen	<input type="checkbox"/> RF-Formfindung - Ermittlung von initialen Gleichgewichtsformen für Membran- und Seilkonstruktionen	
	<input type="checkbox"/> RF-ZUSCHNITT	
	<input type="checkbox"/> Rohrleitungsanalyse	
	<input type="checkbox"/> CQC-Regel anwenden	
	<input type="checkbox"/> CAD/BIM-Modell ermöglichen	
	Erdbeschleunigung g	: 10.00 m/s <sup>2</sup>

## FE-NETZ-EINSTELLUNGEN

Allgemein	Angestrebte Länge der Finiten Elemente	$l_{FE}$	: 0.150 m
	Maximaler Abstand zwischen Knoten und Linie um in die Linie zu integrieren	$\epsilon$	: 0.001 m
	Maximale Anzahl der FE-Netz-Knoten (in Tausenden)		: 500
	Stäbe	Anzahl Teilungen von Stäben mit Seil, Bettung, Voute oder plastischer Charakteristik	
Stäbe	<input checked="" type="checkbox"/> Stäbe bei Theorie III. Ordnung bzw. Durchschlagproblem intern teilen		
	<input checked="" type="checkbox"/> Teilung der Stäbe durch den Knoten, der auf den Stäben liegt		
Flächen	Maximales Verhältnis der FE-Viereck-Diagonalen	$\Delta_D$	: 1.800
	Maximale Neigung von zwei Finiten Elementen aus der Ebene	$\alpha$	: 0.50 °
	Form der Finiten Elemente:		: Drei- und Vierecke
			<input checked="" type="checkbox"/> Gleiche Quadrate generieren, wo möglich

## 1.1 KNOTEN



Knoten Nr.	Knotentyp	Bezugs-Knoten	Koordinaten-System	Knotenkoordinaten			Kommentar
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
1	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	-2.205	
2	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	0.000	
3	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.280	0.000	
4	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.600	0.000	
5	Standard	-	Kartesisch	0.000	4.400	0.000	
6	Standard	-	Kartesisch	0.000	4.720	0.000	
7	Standard	-	Kartesisch	0.000	5.000	0.000	
8	Standard	-	Kartesisch	0.342	0.000	-0.378	
9	Standard	-	Kartesisch	0.342	0.280	-0.378	
10	Standard	-	Kartesisch	0.342	0.600	-0.378	
11	Standard	-	Kartesisch	0.342	4.400	-0.378	
12	Standard	-	Kartesisch	0.342	4.720	-0.378	
13	Standard	-	Kartesisch	0.342	5.000	-0.378	
14	Standard	-	Kartesisch	0.724	0.000	-2.205	
15	Standard	-	Kartesisch	0.724	0.000	-0.715	
16	Standard	-	Kartesisch	0.724	0.280	-0.715	
17	Standard	-	Kartesisch	0.724	0.440	-0.715	
18	Standard	-	Kartesisch	0.724	0.600	-0.715	
19	Standard	-	Kartesisch	0.724	4.400	-0.715	
20	Standard	-	Kartesisch	0.724	4.560	-0.715	
21	Standard	-	Kartesisch	0.724	4.720	-0.715	
22	Standard	-	Kartesisch	0.724	5.000	-0.715	
23	Standard	-	Kartesisch	1.141	0.000	-1.008	
24	Standard	-	Kartesisch	1.141	0.280	-1.008	
25	Standard	-	Kartesisch	1.141	0.600	-1.008	
26	Standard	-	Kartesisch	1.141	4.400	-1.008	
27	Standard	-	Kartesisch	1.141	4.720	-1.008	
28	Standard	-	Kartesisch	1.141	5.000	-1.008	
29	Standard	-	Kartesisch	1.587	0.000	-2.205	
30	Standard	-	Kartesisch	1.587	0.000	-1.253	
31	Standard	-	Kartesisch	1.587	0.280	-1.253	
32	Standard	-	Kartesisch	1.587	0.440	-1.253	
33	Standard	-	Kartesisch	1.587	0.600	-1.253	
34	Standard	-	Kartesisch	1.587	4.400	-1.253	
35	Standard	-	Kartesisch	1.587	4.560	-1.253	
36	Standard	-	Kartesisch	1.587	4.720	-1.253	
37	Standard	-	Kartesisch	1.587	5.000	-1.253	
38	Standard	-	Kartesisch	2.059	0.000	-1.447	
39	Standard	-	Kartesisch	2.059	0.280	-1.447	
40	Standard	-	Kartesisch	2.059	0.600	-1.447	
41	Standard	-	Kartesisch	2.059	4.400	-1.447	
42	Standard	-	Kartesisch	2.059	4.720	-1.447	
43	Standard	-	Kartesisch	2.059	5.000	-1.447	
44	Standard	-	Kartesisch	2.549	0.000	-2.205	
45	Standard	-	Kartesisch	2.549	0.000	-1.587	
46	Standard	-	Kartesisch	2.549	0.280	-1.586	
47	Standard	-	Kartesisch	2.549	0.440	-1.586	
48	Standard	-	Kartesisch	2.549	0.600	-1.586	



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

## 1.1 KNOTEN

Knoten Nr.	Knotentyp	Bezugs-Knoten	Koordinaten-System	Knotenkoordinaten			Kommentar
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
49	Standard	-	Kartesisch	2.549	4.400	-1.586	
50	Standard	-	Kartesisch	2.549	4.560	-1.586	
51	Standard	-	Kartesisch	2.549	4.720	-1.586	
52	Standard	-	Kartesisch	2.549	5.000	-1.586	
53	Standard	-	Kartesisch	3.051	0.000	-1.672	
54	Standard	-	Kartesisch	3.051	0.280	-1.671	
55	Standard	-	Kartesisch	3.051	0.600	-1.671	
56	Standard	-	Kartesisch	3.051	4.400	-1.671	
57	Standard	-	Kartesisch	3.051	4.720	-1.671	
58	Standard	-	Kartesisch	3.051	5.000	-1.671	
59	Standard	-	Kartesisch	3.560	0.000	-2.205	
60	Standard	-	Kartesisch	3.560	0.000	-1.700	
61	Standard	-	Kartesisch	3.560	0.280	-1.700	
62	Standard	-	Kartesisch	3.560	0.600	-1.700	
63	Standard	-	Kartesisch	3.560	4.400	-1.700	
64	Standard	-	Kartesisch	3.560	4.720	-1.700	
65	Standard	-	Kartesisch	3.560	5.000	-1.700	
66	Standard	-	Kartesisch	4.069	0.000	-1.671	
67	Standard	-	Kartesisch	4.069	0.280	-1.671	
68	Standard	-	Kartesisch	4.069	0.600	-1.671	
69	Standard	-	Kartesisch	4.069	4.400	-1.671	
70	Standard	-	Kartesisch	4.069	4.720	-1.671	
71	Standard	-	Kartesisch	4.069	5.000	-1.671	
72	Standard	-	Kartesisch	4.571	0.000	-1.586	
73	Standard	-	Kartesisch	4.571	0.140	-1.586	
74	Standard	-	Kartesisch	4.571	0.280	-1.586	
75	Standard	-	Kartesisch	4.571	0.440	-1.586	
76	Standard	-	Kartesisch	4.571	0.600	-1.586	
78	Standard	-	Kartesisch	4.571	4.400	-1.586	
79	Standard	-	Kartesisch	4.571	4.560	-1.586	
80	Standard	-	Kartesisch	4.571	4.720	-1.586	
81	Standard	-	Kartesisch	4.571	5.000	-1.586	
82	Standard	-	Kartesisch	5.061	0.000	-1.447	
83	Standard	-	Kartesisch	5.061	0.280	-1.447	
84	Standard	-	Kartesisch	5.061	0.600	-1.447	
86	Standard	-	Kartesisch	5.061	4.400	-1.447	
87	Standard	-	Kartesisch	5.061	4.720	-1.447	
88	Standard	-	Kartesisch	5.061	5.000	-1.447	
89	Standard	-	Kartesisch	5.533	0.000	-1.253	
90	Standard	-	Kartesisch	5.533	0.140	-1.253	
91	Standard	-	Kartesisch	5.533	0.280	-1.253	
92	Standard	-	Kartesisch	5.533	0.440	-1.253	
93	Standard	-	Kartesisch	5.533	0.600	-1.253	
96	Standard	-	Kartesisch	5.533	4.400	-1.253	
97	Standard	-	Kartesisch	5.533	4.560	-1.253	
98	Standard	-	Kartesisch	5.533	4.720	-1.253	
99	Standard	-	Kartesisch	5.533	5.000	-1.253	
100	Standard	-	Kartesisch	5.979	0.000	-1.008	
101	Standard	-	Kartesisch	5.979	0.280	-1.008	
102	Standard	-	Kartesisch	5.979	0.600	-1.008	
104	Standard	-	Kartesisch	5.979	4.400	-1.008	
105	Standard	-	Kartesisch	5.979	4.720	-1.008	
106	Standard	-	Kartesisch	5.979	5.000	-1.008	
107	Standard	-	Kartesisch	6.396	0.000	-0.715	
108	Standard	-	Kartesisch	6.396	0.140	-0.715	
109	Standard	-	Kartesisch	6.396	0.280	-0.715	
110	Standard	-	Kartesisch	6.396	0.440	-0.715	
111	Standard	-	Kartesisch	6.396	0.600	-0.715	
113	Standard	-	Kartesisch	6.396	4.400	-0.715	
114	Standard	-	Kartesisch	6.396	4.560	-0.715	
115	Standard	-	Kartesisch	6.396	4.720	-0.715	
116	Standard	-	Kartesisch	6.396	5.000	-0.715	
117	Standard	-	Kartesisch	6.778	0.000	-0.378	
118	Standard	-	Kartesisch	6.778	0.280	-0.378	
119	Standard	-	Kartesisch	6.778	0.600	-0.378	
120	Standard	-	Kartesisch	6.778	4.400	-0.378	
121	Standard	-	Kartesisch	6.778	4.720	-0.378	
122	Standard	-	Kartesisch	6.778	5.000	-0.378	
123	Standard	-	Kartesisch	7.120	0.000	0.000	
124	Standard	-	Kartesisch	7.120	0.280	0.000	
125	Standard	-	Kartesisch	7.120	0.600	0.000	
126	Standard	-	Kartesisch	7.120	4.400	0.000	
127	Standard	-	Kartesisch	7.120	4.720	0.000	
128	Standard	-	Kartesisch	7.120	5.000	0.000	

## 1.2 LINIEN

Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge			Kommentar
			L [m]			
1	Polylinie	2,1	2.205	Z		
2	Polylinie	2,3	0.280	Y		
3	Polylinie	3,4	0.320	Y		
4	Polylinie	4,5	3.800	Y		
5	Polylinie	5,6	0.320	Y		
6	Polylinie	6,7	0.280	Y		
7	Bogen	15,8,2	1.020	XZ		
8	Bogen	16,9,3	1.020	XZ		
9	Spline	16,9,3	1.020	XZ		
10	Spline	18,10,4	1.020	XZ		
11	Spline	19,11,5	1.020	XZ		
12	Spline	6,12,21	1.020	XZ		
13	Spline	7,13,22	1.020	XZ		



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

## ■ 1.2 LINIEN

Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge L [m]		Kommentar
14	Polylinie	1,14	0.724	X	
15	Polylinie	15,14	1.490	Z	
16	Polylinie	15,16	0.280	Y	
17	Spline	16-18	0.320	Y	
18	Polylinie	18,19	3.800	Y	
19	Spline	21-19	0.320	Y	
20	Polylinie	21,22	0.280	Y	
21	Bogen	30,23,15	1.020	XZ	
22	Bogen	31,24,16	1.020	XZ	
23	Spline	31,24,16	1.020	XZ	
24	Spline	33,25,18	1.020	XZ	
25	Spline	34,26,19	1.020	XZ	
26	Spline	21,27,36	1.020	XZ	
27	Spline	22,28,37	1.020	XZ	
28	Polylinie	14,29	0.864	X	
29	Polylinie	30,29	0.952	Z	
30	Polylinie	30,31	0.280	Y	
31	Spline	31-33	0.320	Y	
32	Polylinie	33,34	3.800	Y	
33	Spline	36-34	0.320	Y	
34	Polylinie	36,37	0.280	Y	
35	Bogen	7,37,65	4.079	XZ	
36	Bogen	45,38,30	1.020	XZ	
37	Bogen	46,39,31	1.020	XZ	
38	Spline	46,39,31	1.020	XZ	
39	Spline	48,40,33	1.020	XZ	
40	Spline	49,41,34	1.020	XZ	
41	Spline	36,42,51	1.020	XZ	
42	Spline	37,43,52	1.020	XZ	
43	Polylinie	29,44	0.961	X	
44	Polylinie	45,44	0.618	Z	
45	Polylinie	45,46	0.280	YZ	
46	Spline	46-48	0.320	Y	
47	Polylinie	48,49	3.800	Y	
48	Spline	51-49	0.320	Y	
49	Polylinie	51,52	0.280	Y	
50	Bogen	60,53,45	1.020	XZ	
51	Spline	61,54,46	1.020	XZ	
52	Bogen	61,54,46	1.020	XZ	
53	Spline	62,55,48	1.020	XZ	
54	Spline	63,56,49	1.020	XZ	
55	Spline	51,57,64	1.020	XZ	
56	Spline	52,58,65	1.020	XZ	
57	Polylinie	44,59	1.011	X	
58	Polylinie	60,59	0.505	Z	
59	Polylinie	60,61	0.280	Y	
60	Polylinie	61,62	0.320	Y	
61	Polylinie	62,63	3.800	Y	
62	Polylinie	63,64	0.320	Y	
63	Polylinie	64,65	0.280	Y	
64	Spline	72,66,60	1.020	XZ	
65	Bogen	74,67,61	1.020	XZ	
66	Spline	74,67,61	1.020	XZ	
67	Spline	76,68,62	1.020	XZ	
68	Spline	78,69,63	1.020	XZ	
69	Spline	64,70,80	1.020	XZ	
70	Spline	65,71,81	1.020	XZ	
71	Spline	74-72	0.280	Y	
72	Spline	76-74	0.320	Y	
73	Polylinie	78,76	3.800	Y	
75	Spline	78-80	0.320	Y	
76	Polylinie	81,80	0.280	Y	
77	Spline	89,82,72	1.020	XZ	
78	Spline	91,83,74	1.020	XZ	
79	Bogen	91,83,74	1.020	XZ	
80	Spline	93,84,76	1.020	XZ	
82	Spline	96,86,78	1.020	XZ	
83	Spline	80,87,98	1.020	XZ	
84	Spline	81,88,99	1.020	XZ	
85	Spline	91-89	0.280	Y	
86	Spline	93-91	0.320	Y	
87	Polylinie	93,96	3.800	Y	
90	Spline	96-98	0.320	Y	
91	Polylinie	99,98	0.280	Y	
92	Bogen	65,99,128	4.079	XZ	
93	Spline	107,100,89	1.020	XZ	
94	Bogen	109,101,91	1.020	XZ	
95	Spline	109,101,91	1.020	XZ	
96	Spline	111,102,93	1.020	XZ	
98	Spline	113,104,96	1.020	XZ	
99	Spline	98,105,115	1.020	XZ	
100	Spline	99,106,116	1.020	XZ	
101	Spline	109-107	0.280	Y	
102	Spline	111-109	0.320	Y	
103	Polylinie	111,113	3.800	Y	
105	Spline	113-115	0.320	Y	
106	Polylinie	116,115	0.280	Y	
107	Spline	123,117,107	1.020	XZ	
108	Bogen	124,118,109	1.020	XZ	
109	Spline	124,118,109	1.020	XZ	
110	Spline	125,119,111	1.020	XZ	
111	Spline	126,120,113	1.020	XZ	
112	Spline	115,121,127	1.020	XZ	
113	Spline	116,122,128	1.020	XZ	



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

## 1.2 LINIEN

Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge L [m]			Kommentar
114	Polylinie	124,123	0.280	Y		
115	Polylinie	125,124	0.320	Y		
116	Polylinie	126,125	3.800	Y		
117	Polylinie	127,126	0.320	Y		
118	Polylinie	128,127	0.280	Y		

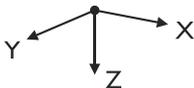
## 1.3 MATERIALIEN

Mat. Nr.	Modul E [kN/cm <sup>2</sup> ]	Modul G [kN/cm <sup>2</sup> ]	Querdehnzahl $\nu$ [-]	Spez. Gewicht $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Wärmedehnz. $\alpha$ [1/°C]	Teilsch.-Beiwert $\gamma_M$ [-]	Material-Modell
1	Mauerwerk (Mauerziegel, II, 2.00, 4)   DIN 1053-100 242.00	110.00	0.100	19.61	6.00E-06	1.50	Isotrop linear elastisch
Benutzerdefiniertes Material							

## 1.4 FLÄCHEN

Fläche Nr.	Flächentyp		Begrenzungslinien Nr.	Mat. Nr.	Dicke		Fläche A [m <sup>2</sup> ]	Gewicht G [kg]
	Geometrie	Steifigkeit			Typ	d [mm]		
1	Quadrangel	Standard	51,46,53,60	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
2	Quadrangel	Standard	66,72,67,60	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
3	Quadrangel	Standard	50,45,52,59	1	Konstant	640.0	0.285	358.36
4	Quadrangel	Standard	53,47,54,61	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
5	Quadrangel	Standard	55,48,54,62	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
6	Quadrangel	Standard	64,71,66,59	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
7	Quadrangel	Standard	67,73,68,61	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
8	Quadrangel	Standard	69,75,68,62	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
9	Quadrangel	Standard	36,30,37,45	1	Konstant	640.0	0.285	358.36
10	Quadrangel	Standard	38,31,39,46	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
11	Quadrangel	Standard	23,17,24,31	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
12	Quadrangel	Standard	9,3,10,17	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
13	Quadrangel	Standard	41,33,40,48	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
14	Quadrangel	Standard	26,19,25,33	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
15	Quadrangel	Standard	12,5,11,19	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
16	Quadrangel	Standard	39,32,40,47	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
17	Quadrangel	Standard	24,18,25,32	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
18	Quadrangel	Standard	10,4,11,18	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
19	Quadrangel	Standard	21,16,22,30	1	Konstant	640.0	0.285	358.36
20	Quadrangel	Standard	7,2,8,16	1	Konstant	640.0	0.285	358.36
21	Quadrangel	Standard	12,20,13,6	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
22	Quadrangel	Standard	26,34,27,20	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
23	Quadrangel	Standard	41,49,42,34	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
24	Quadrangel	Standard	55,63,56,49	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
25	Quadrangel	Standard	78,86,80,72	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
26	Quadrangel	Standard	95,102,96,86	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
27	Quadrangel	Standard	109,115,110,102	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
28	Quadrangel	Standard	83,90,82,75	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
29	Quadrangel	Standard	99,105,98,90	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
30	Quadrangel	Standard	112,117,111,105	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
31	Quadrangel	Standard	80,87,82,73	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
32	Quadrangel	Standard	96,87,98,103	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
33	Quadrangel	Standard	110,116,111,103	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
34	Quadrangel	Standard	77,85,78,71	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
35	Quadrangel	Standard	93,101,95,85	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
36	Quadrangel	Standard	112,106,113,118	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
37	Quadrangel	Standard	99,91,100,106	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
38	Quadrangel	Standard	83,76,84,91	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
39	Quadrangel	Standard	69,63,70,76	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
42	Quadrangel	Standard	107,114,109,101	1	Konstant	640.0	0.285	358.35

## 1.7 KNOTENLAGER



Lager Nr.	Knoten Nr.	Achsen-system	Stütze in Z	Lagerung bzw. Feder					
				$u_x$	$u_y$	$u_z$	$\phi_x$	$\phi_y$	$\phi_z$
1	60	Global X,Y,Z	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 1.8 LINIENLAGER

Lager Nr.	Linien Nr.	Bezugs-system	Drehung $\beta$ [°]	Wand in Z	Feste Stützung bzw. Einspannung					
					$u_x$	$u_y$	$u_z$	$\phi_x$	$\phi_y$	$\phi_z$
1	2-6,114-118	Global		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 2.1 LASTFÄLLE

Last-fall	LF-Bezeichnung	EN 1990 + EN 1991-2; Straßenbrücke Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung			
			Aktiv	X	Y	Z
LF1	EG Gewölbe	Ständige Lasten	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000
LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau	Ständige Lasten	<input type="checkbox"/>			
LF3	Gleichmäßig verteilte Last - vollflächig	gr4 - LM4 - Menschengedränge + Gehwegbelastung	<input type="checkbox"/>			



Projekt: Röpertsberg RFEM

Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

## 2.1 LASTFÄLLE

Lastfall	LF-Bezeichnung	EN 1990 + EN 1991-2; Straßenbrücke Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung			
			Aktiv	X	Y	Z
LF4	Gleichmäßig verteilte Last - halbseitig	gr4 - LM4 - Menschengedränge + Gehwegbelastung	<input type="checkbox"/>			

### 2.1.1 LASTFÄLLE - BERECHNUNGSPARAMETER

Lastfall	LF-Bezeichnung	Berechnungsparameter			
		Berechnungstheorie	Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für:	
LF1	EG Gewölbe	: <input type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)	: <input type="radio"/> Newton-Raphson	: <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> )	: <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> )
LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau	: <input type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)	: <input type="radio"/> Newton-Raphson	: <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> )	: <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> )
LF3	Gleichmäßig verteilte Last - vollflächig	: <input type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)	: <input type="radio"/> Newton-Raphson	: <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> )	: <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> )
LF4	Gleichmäßig verteilte Last - halbseitig	: <input type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)	: <input type="radio"/> Newton-Raphson	: <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> )	: <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> )

## 2.5 LASTKOMBINATIONEN

Lastkombin.	Lastkombination		Nr.	Faktor	Lastfall	
	BS	Bezeichnung				
LK1	GZT	Volllast (EG ungünstig)	1	1.20	LF1	EG Gewölbe
			2	1.20	LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau
			3	1.35	LF3	Gleichmäßig verteilte Last - vollflächig
LK2	GZT	Last halbseitig (EG ungünstig)	1	1.20	LF1	EG Gewölbe
			2	1.20	LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau
			3	1.35	LF4	Gleichmäßig verteilte Last - halbseitig
LK3	GZT	Last halbseitig (EG günstig)	1	0.95	LF1	EG Gewölbe
			2	0.95	LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau
			3	1.35	LF4	Gleichmäßig verteilte Last - halbseitig
LK5	LAG	Volllast (EG ungünstig)	1	1.20	LF1	EG Gewölbe
			2	1.20	LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau
			3	1.35	LF3	Gleichmäßig verteilte Last - vollflächig
LK6	LAG	Volllast (EG günstig)	1	0.95	LF1	EG Gewölbe
			2	0.95	LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau
			3	1.35	LF3	Gleichmäßig verteilte Last - vollflächig
LK7	LAG	Unbelastet (EG ungünstig)	1	1.20	LF1	EG Gewölbe
			2	1.20	LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau
LK8	LAG	Unbelastet (EG günstig)	1	0.95	LF1	EG Gewölbe
			2	0.95	LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau

### 2.5.2 LASTKOMBINATIONEN - BERECHNUNGSPARAMETER

Lastkombin.	Bezeichnung	Berechnungsparameter	
		Berechnungstheorie	Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen
LK1	Volllast (EG ungünstig)	: <input type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta)	: <input type="radio"/> Picard
LK1	Volllast (EG ungünstig)	Optionen	: <input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen
			: <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N <input checked="" type="checkbox"/> Querkräfte V <sub>y</sub> und V <sub>z</sub> <input checked="" type="checkbox"/> Momente M <sub>y</sub> , M <sub>z</sub> und M <sub>T</sub>
LK1	Volllast (EG ungünstig)	Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für:	: <input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert γ <sub>M</sub> ) <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> ) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> )
		LK2	Last halbseitig (EG ungünstig)
LK2	Last halbseitig (EG ungünstig)	Optionen	: <input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen
			: <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N <input checked="" type="checkbox"/> Querkräfte V <sub>y</sub> und V <sub>z</sub> <input checked="" type="checkbox"/> Momente M <sub>y</sub> , M <sub>z</sub> und M <sub>T</sub>



Projekt: Röpertsberg RFEM

Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

## 2.5.2 LASTKOMBINATIONEN - BERECHNUNGSPARAMETER

Last-kombin.	Bezeichnung	Berechnungsparameter
		Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert <math>\gamma_M</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für <math>J, I_y, I_z, A, A_y, A_z</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für <math>GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z</math>)</li> </ul>
LK3	Last halbseitig (EG günstig)	Berechnungstheorie: <input checked="" type="checkbox"/> II. Ordnung (P-Delta) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen: <input checked="" type="checkbox"/> Picard Optionen: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für:               <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte <math>N</math></li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Querkkräfte <math>V_y</math> und <math>V_z</math></li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Momente <math>M_y, M_z</math> und <math>M_T</math></li> </ul> </li> </ul> Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert <math>\gamma_M</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für <math>J, I_y, I_z, A, A_y, A_z</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für <math>GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z</math>)</li> </ul>
LK5	Volllast (EG ungünstig)	Berechnungstheorie: <input checked="" type="checkbox"/> II. Ordnung (P-Delta) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen: <input checked="" type="checkbox"/> Picard Optionen: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für:               <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte <math>N</math></li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Querkkräfte <math>V_y</math> und <math>V_z</math></li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Momente <math>M_y, M_z</math> und <math>M_T</math></li> </ul> </li> </ul> Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert <math>\gamma_M</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für <math>J, I_y, I_z, A, A_y, A_z</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für <math>GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z</math>)</li> </ul>
LK6	Volllast (EG günstig)	Berechnungstheorie: <input checked="" type="checkbox"/> II. Ordnung (P-Delta) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen: <input checked="" type="checkbox"/> Picard Optionen: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für:               <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte <math>N</math></li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Querkkräfte <math>V_y</math> und <math>V_z</math></li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Momente <math>M_y, M_z</math> und <math>M_T</math></li> </ul> </li> </ul> Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert <math>\gamma_M</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für <math>J, I_y, I_z, A, A_y, A_z</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für <math>GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z</math>)</li> </ul>
LK7	Unbelastet (EG ungünstig)	Berechnungstheorie: <input checked="" type="checkbox"/> II. Ordnung (P-Delta) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen: <input checked="" type="checkbox"/> Picard Optionen: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für:               <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte <math>N</math></li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Querkkräfte <math>V_y</math> und <math>V_z</math></li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Momente <math>M_y, M_z</math> und <math>M_T</math></li> </ul> </li> </ul> Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert <math>\gamma_M</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für <math>J, I_y, I_z, A, A_y, A_z</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für <math>GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z</math>)</li> </ul>
LK8	Unbelastet (EG günstig)	Berechnungstheorie: <input checked="" type="checkbox"/> II. Ordnung (P-Delta) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen: <input checked="" type="checkbox"/> Picard Optionen: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für:               <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte <math>N</math></li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Querkkräfte <math>V_y</math> und <math>V_z</math></li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Momente <math>M_y, M_z</math> und <math>M_T</math></li> </ul> </li> </ul> Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert <math>\gamma_M</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für <math>J, I_y, I_z, A, A_y, A_z</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für <math>GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z</math>)</li> </ul>

## 2.7 ERGEBNISKOMBINATIONEN

Ergebn.-kombin.	Bezeichnung	Belastung
EK1	GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10	LK1/s oder bis LK3
EK2	GZT (EQU) - Ständig / vorübergehend	LK5/s oder bis LK8
EK3	GZT (STR/GEO) - Außergewöhnlich - psi-1,1	LK4



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

LF2  
EG Erdreich/Belag/Ausbau

■ 3.4 FLÄCHENLASTEN

LF2: EG Erdreich/Belag/Ausbau

Nr.	An Flächen Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastparameter			An Knoten Nr.
					Symbol	Wert	Einheit	
1	4,7,16-18,31-33	Kraft	Konstant	ZP	p	2.00	kN/m <sup>2</sup>	
2	1-3,5,6,8-15,19-30,34-39,42	Kraft	Konstant	ZP	p	1.60	kN/m <sup>2</sup>	
3	18	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>1</sub>	41.90	kN/m <sup>2</sup>	7
4	17	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>2</sub>	28.31	kN/m <sup>2</sup>	22
					p <sub>1</sub>	18.09	kN/m <sup>2</sup>	37
5	16	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>2</sub>	28.31	kN/m <sup>2</sup>	22
					p <sub>1</sub>	18.09	kN/m <sup>2</sup>	37
6	4	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>1</sub>	9.60	kN/m <sup>2</sup>	65
					p <sub>2</sub>	11.74	kN/m <sup>2</sup>	52
7	7	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>1</sub>	9.60	kN/m <sup>2</sup>	65
					p <sub>2</sub>	11.74	kN/m <sup>2</sup>	81
8	31	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>1</sub>	18.09	kN/m <sup>2</sup>	99
					p <sub>2</sub>	11.74	kN/m <sup>2</sup>	81
9	32	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>1</sub>	18.09	kN/m <sup>2</sup>	99
					p <sub>2</sub>	28.31	kN/m <sup>2</sup>	116
10	33	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>1</sub>	41.90	kN/m <sup>2</sup>	128
					p <sub>2</sub>	28.31	kN/m <sup>2</sup>	116
11	12,15,20,21	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>1</sub>	44.10	kN/m <sup>2</sup>	7
					p <sub>2</sub>	29.80	kN/m <sup>2</sup>	22
12	11,14,19,22	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>1</sub>	19.04	kN/m <sup>2</sup>	37
					p <sub>2</sub>	29.80	kN/m <sup>2</sup>	22
13	9,10,13,23	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>1</sub>	19.04	kN/m <sup>2</sup>	37
					p <sub>2</sub>	12.36	kN/m <sup>2</sup>	52
14	1,3,5,24	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>1</sub>	10.10	kN/m <sup>2</sup>	65
					p <sub>2</sub>	12.36	kN/m <sup>2</sup>	52
15	2,6,8,39	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>1</sub>	10.10	kN/m <sup>2</sup>	65
					p <sub>2</sub>	12.36	kN/m <sup>2</sup>	81
16	25,28,34,38	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>1</sub>	19.04	kN/m <sup>2</sup>	99
					p <sub>2</sub>	12.36	kN/m <sup>2</sup>	81
17	26,29,35,37	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>1</sub>	19.04	kN/m <sup>2</sup>	99
					p <sub>2</sub>	29.80	kN/m <sup>2</sup>	116
18	27,30,36,42	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>1</sub>	44.10	kN/m <sup>2</sup>	128
					p <sub>2</sub>	29.80	kN/m <sup>2</sup>	116

LF3  
Gleichmäßig verteilte  
Last - vollflächig

■ 3.4 FLÄCHENLASTEN

LF3

Nr.	An Flächen Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastparameter		
					Symbol	Wert	Einheit
1	1,2,4,5,7,8,10-18,25-33	Kraft	Konstant	ZP	p	3.49	kN/m <sup>2</sup>

LF4  
Gleichmäßig verteilte  
Last - halbseitig

■ 3.4 FLÄCHENLASTEN

LF4: Gleichmäßig verteilte Last - halbseitig

Nr.	An Flächen Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastparameter		
					Symbol	Wert	Einheit
1	1,4,5,10-18	Kraft	Konstant	ZP	p	3.49	kN/m <sup>2</sup>

■ 4.1 KNOTEN - LAGERKRÄFTE

Knoten Nr.	LF/LK	Lagerkräfte [kN]			Lagermomente [kNm]			
		P <sub>x</sub>	P <sub>y</sub>	P <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	
60	LF1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	EG Gewölbe
	LF2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	EG Erdreich/Belag/Ausbau
	LF3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Gleichmäßig verteilte Last - vollflächig
	LF4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Gleichmäßig verteilte Last - halbseitig
	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Volllast (EG ungünstig)
	LK2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Last halbseitig (EG ungünstig)
	LK3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Last halbseitig (EG günstig)
	LK5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Volllast (EG ungünstig)
LK6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Volllast (EG günstig)	
LK7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Unbelastet (EG ungünstig)	
LK8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Unbelastet (EG günstig)	

■ 4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE

Linie Nr.	LF/LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Lagerkräfte [kN/m]			Lagermomente [kNm/m]		
				p <sub>x</sub>	p <sub>y</sub>	p <sub>z</sub>	m <sub>x</sub>	m <sub>y</sub>	m <sub>z</sub>
2	LF1	2	0.000	-30.91	0.00	32.39	0.00	-2.95	0.00
			0.140	-49.57	0.00	56.15	0.00	-3.14	0.00
			0.280	-45.03	0.00	50.15	0.00	-3.46	0.00
	LF2	2	0.000	-36.26	0.00	51.99	0.00	-8.26	0.00
			0.140	-61.68	0.00	86.55	0.00	-8.87	0.00
			0.280	-55.46	0.00	77.85	0.00	-9.31	0.00
	LF3	2	0.000	-7.49	0.00	4.09	0.00	0.01	0.00
			0.140	-10.30	0.00	8.85	0.00	0.05	0.00
			0.280	-9.70	0.00	8.66	0.00	-0.12	0.00
	LF4	2	0.000	-4.04	0.00	2.84	0.00	-1.85	0.00
			0.140	-4.83	0.00	6.55	0.00	-1.88	0.00
			0.280	-4.63	0.00	6.71	0.00	-2.08	0.00
LK1	2	0.000	-90.81	0.00	106.76	0.00	-13.41	0.00	
		0.140	-147.53	0.00	183.19	0.00	-14.32	0.00	
		0.280	-133.80	0.00	165.29	0.00	-15.45	0.00	



















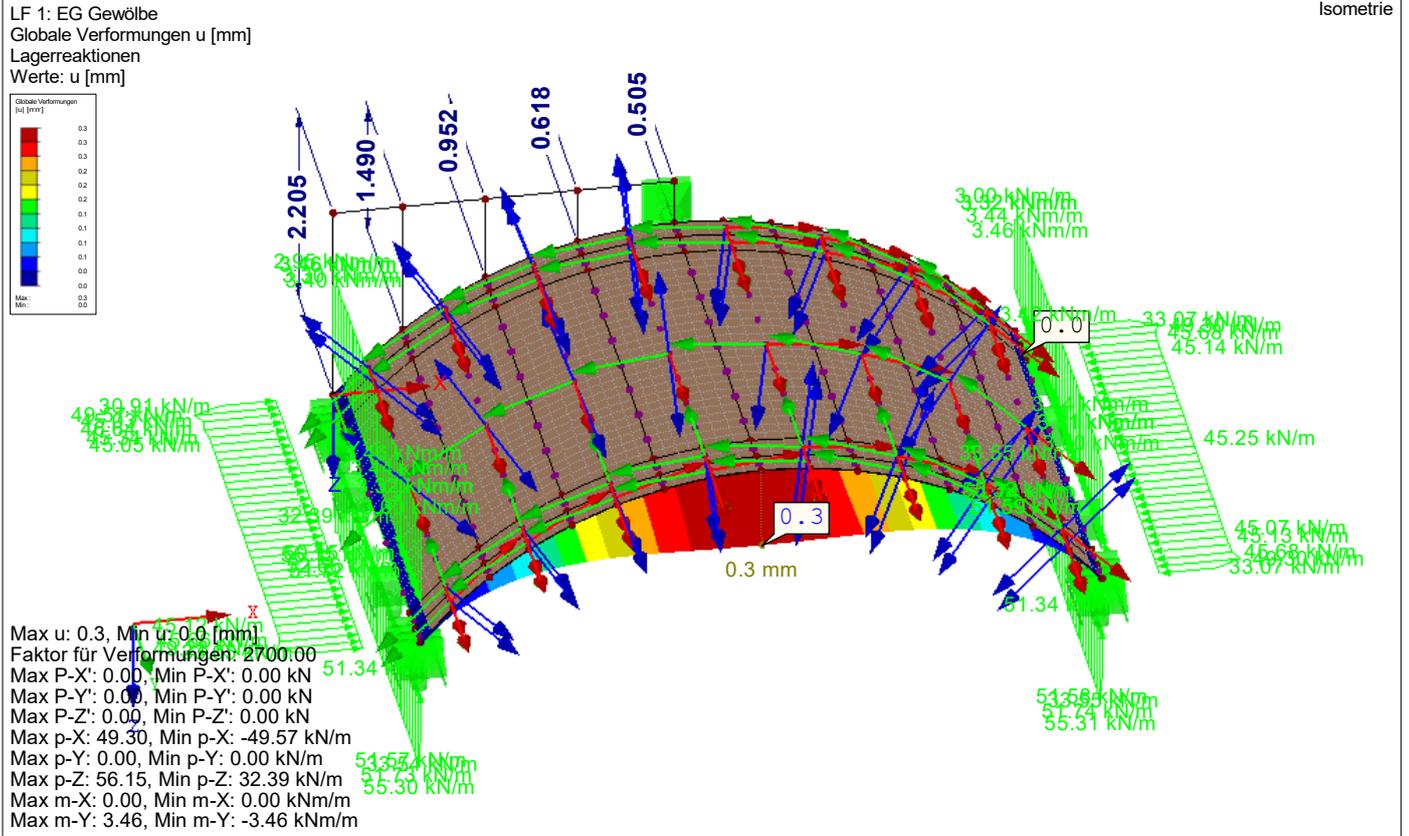


Projekt: Röpersberg RFEM

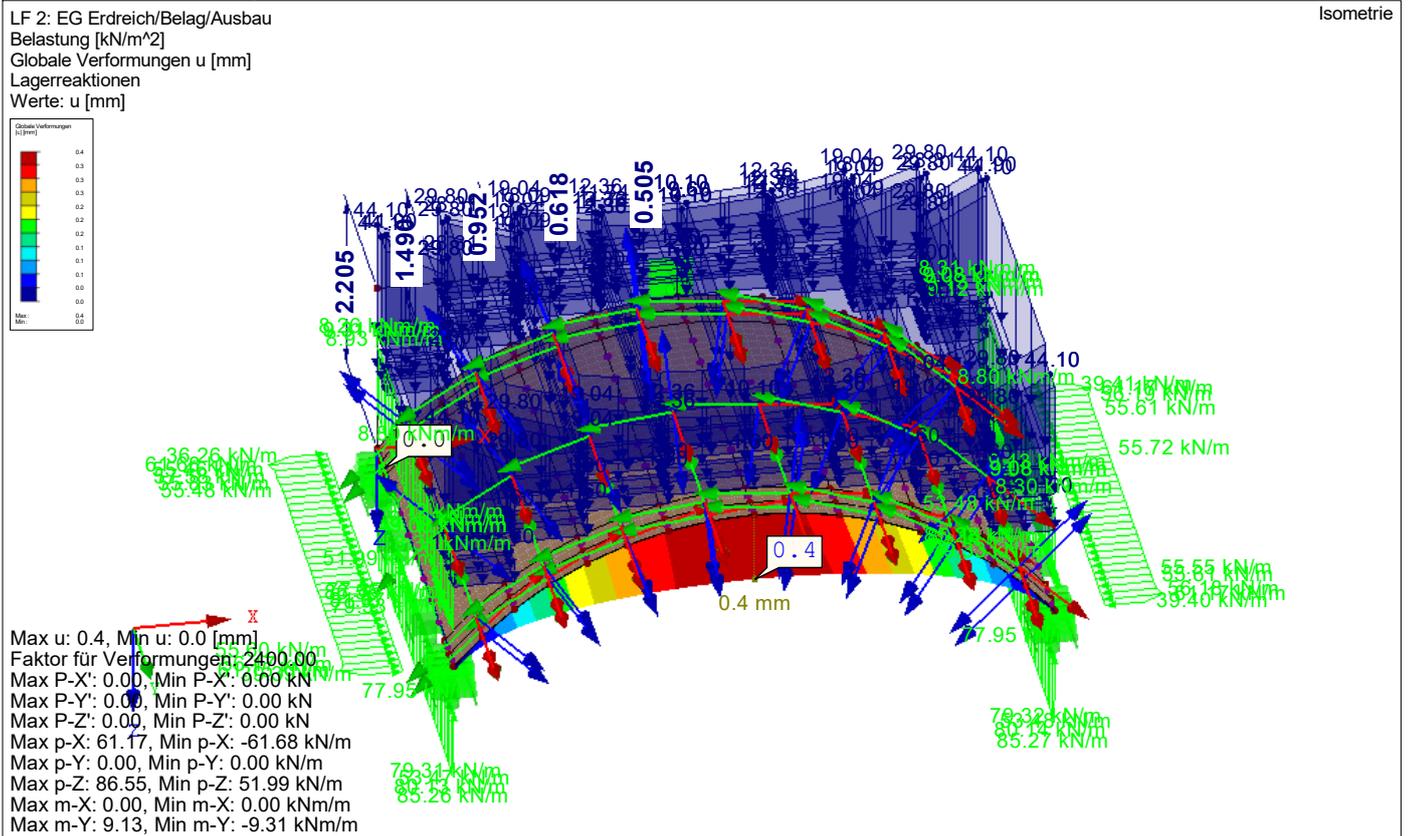
Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

■ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN



■ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN





Projekt: Röpersberg RFEM

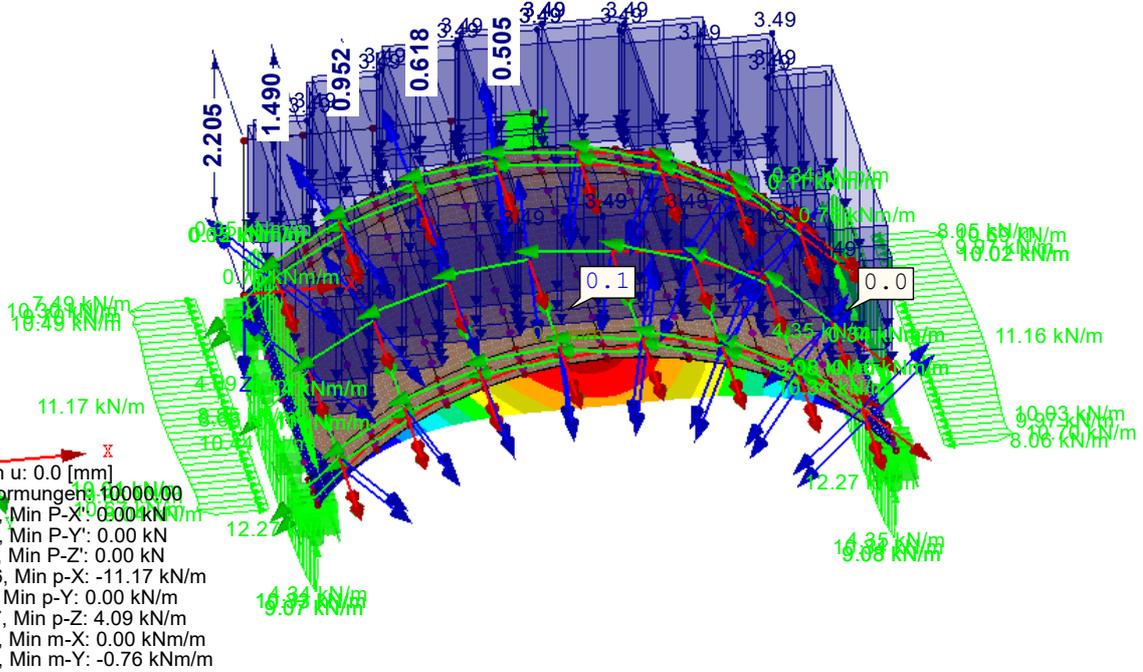
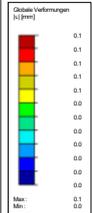
Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

### ■ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN

LF 3: Gleichmäßig verteilte Last - vollflächig  
Belastung [kN/m<sup>2</sup>]  
Globale Verformungen u [mm]  
Lagerreaktionen  
Werte: u [mm]

Isometrie

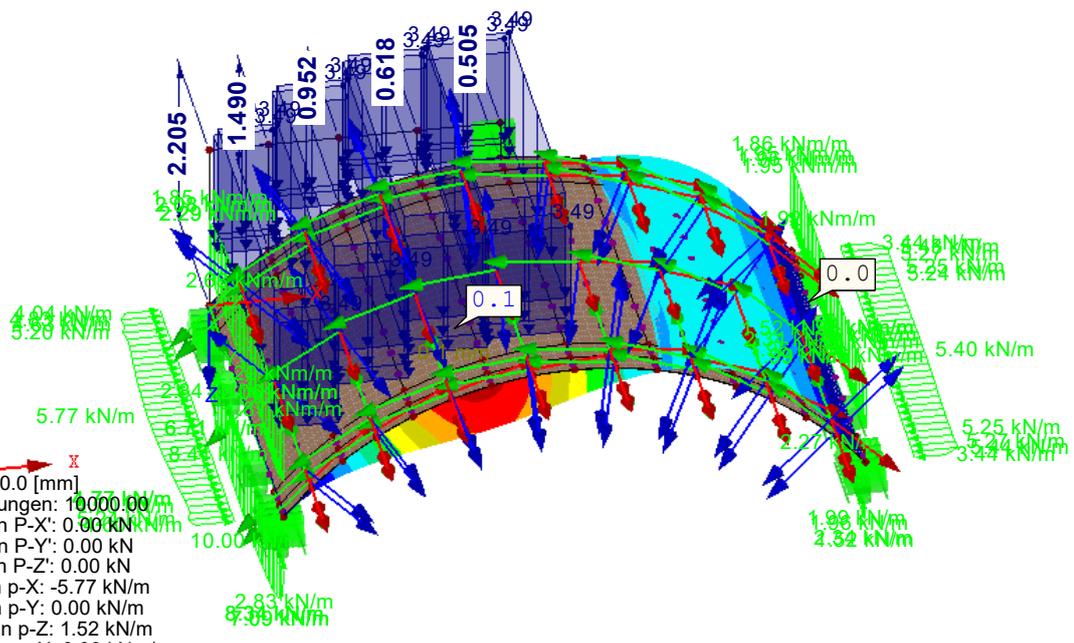
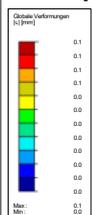


Max u: 0.1, Min u: 0.0 [mm]  
Faktor für Verformungen: 10000.00  
Max P-X: 0.00, Min P-X: 0.00 kN/m  
Max P-Y: 0.00, Min P-Y: 0.00 kN  
Max P-Z: 0.00, Min P-Z: 0.00 kN  
Max p-X: 11.16, Min p-X: -11.17 kN/m  
Max p-Y: 0.00, Min p-Y: 0.00 kN/m  
Max p-Z: 12.27, Min p-Z: 4.09 kN/m  
Max m-X: 0.00, Min m-X: 0.00 kNm/m  
Max m-Y: 0.76, Min m-Y: -0.76 kNm/m

### ■ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN

LF 4: Gleichmäßig verteilte Last - halbseitig  
Belastung [kN/m<sup>2</sup>]  
Globale Verformungen u [mm]  
Lagerreaktionen  
Werte: u [mm]

Isometrie



Max u: 0.1, Min u: 0.0 [mm]  
Faktor für Verformungen: 10000.00  
Max P-X: 0.00, Min P-X: 0.00 kN/m  
Max P-Y: 0.00, Min P-Y: 0.00 kN  
Max P-Z: 0.00, Min P-Z: 0.00 kN  
Max p-X: 5.44, Min p-X: -5.77 kN/m  
Max p-Y: 0.00, Min p-Y: 0.00 kN/m  
Max p-Z: 10.00, Min p-Z: 1.52 kN/m  
Max m-X: 0.00, Min m-X: 0.00 kNm/m  
Max m-Y: -1.85, Min m-Y: -2.68 kNm/m



Projekt: Röpersberg RFEM

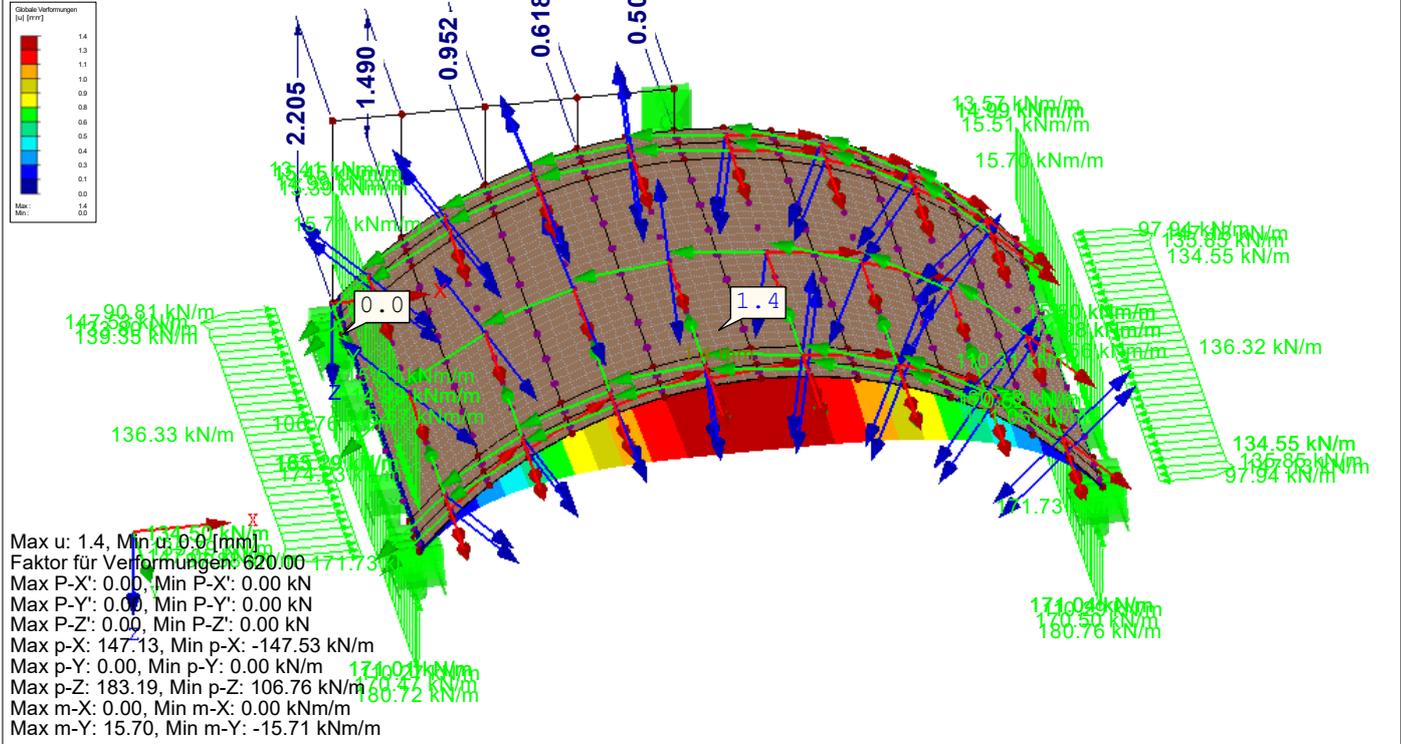
Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

■ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN

LK 1: Volllast (EG ungünstig)  
Globale Verformungen u [mm]  
Lagerreaktionen  
Werte: u [mm]

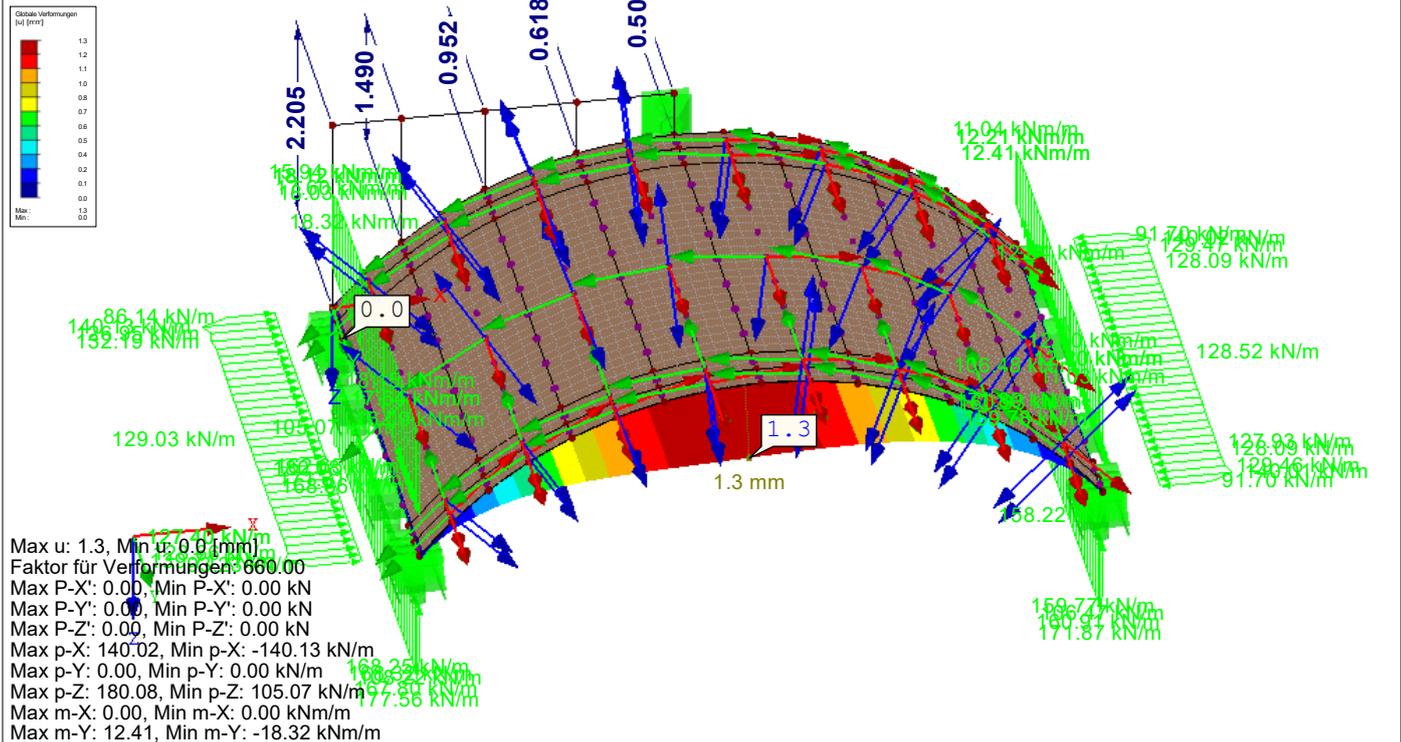
Isometrie



■ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN

LK 2: Last halbseitig (EG ungünstig)  
Globale Verformungen u [mm]  
Lagerreaktionen  
Werte: u [mm]

Isometrie





Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

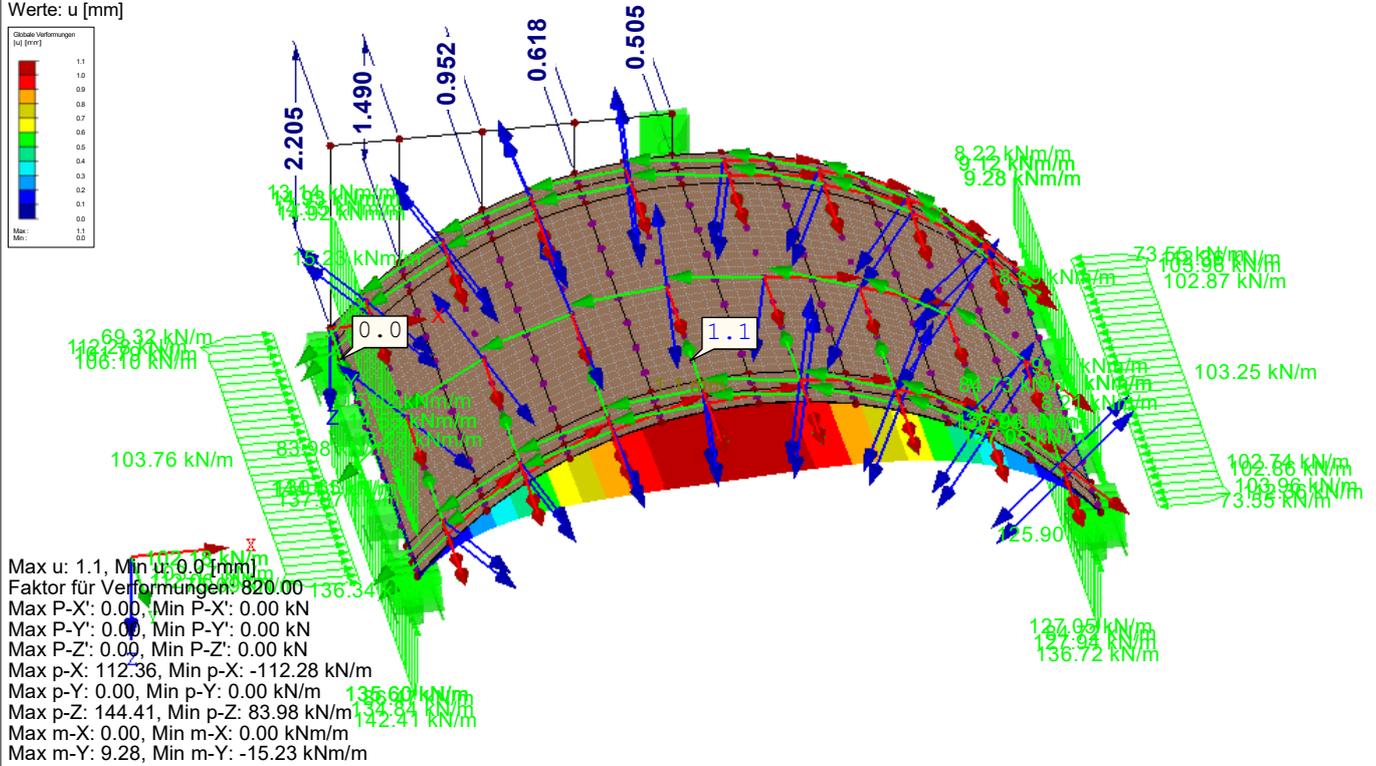
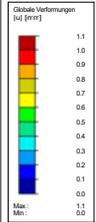
### ■ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN

LK 3: Last halbseitig (EG günstig)

Globale Verformungen u [mm]

Lagerreaktionen

Werte: u [mm]



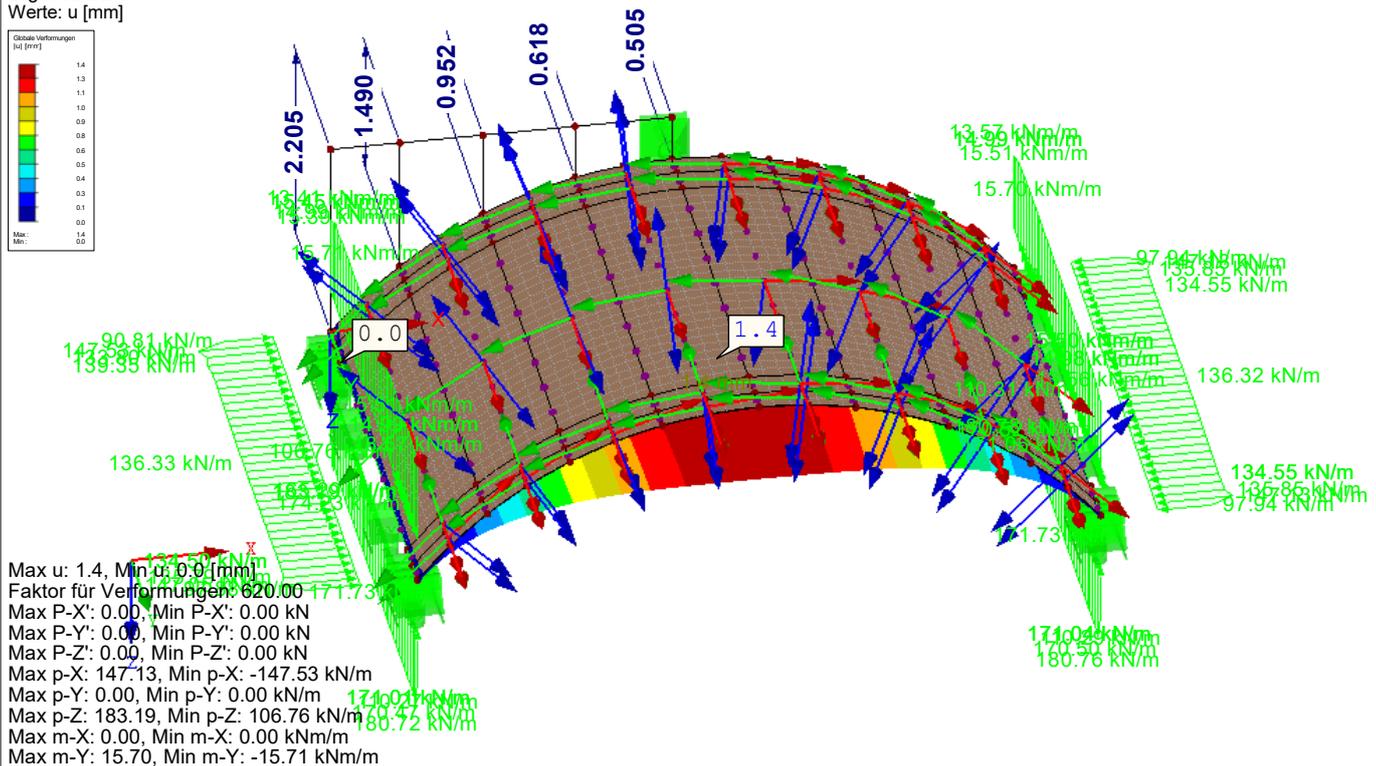
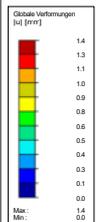
### ■ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN

LK 5: Volllast (EG ungünstig)

Globale Verformungen u [mm]

Lagerreaktionen

Werte: u [mm]

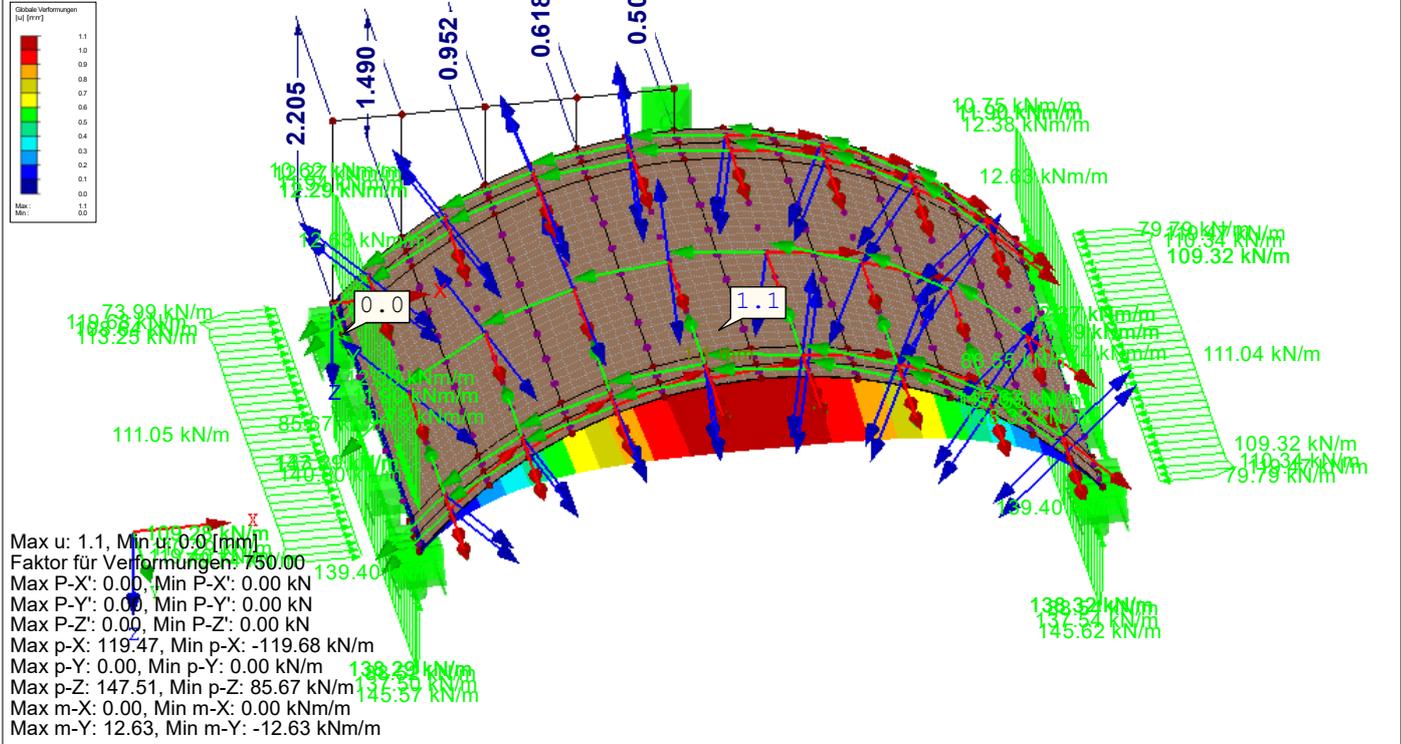




■ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN

LK 6: Volllast (EG günstig)  
 Globale Verformungen u [mm]  
 Lagerreaktionen  
 Werte: u [mm]

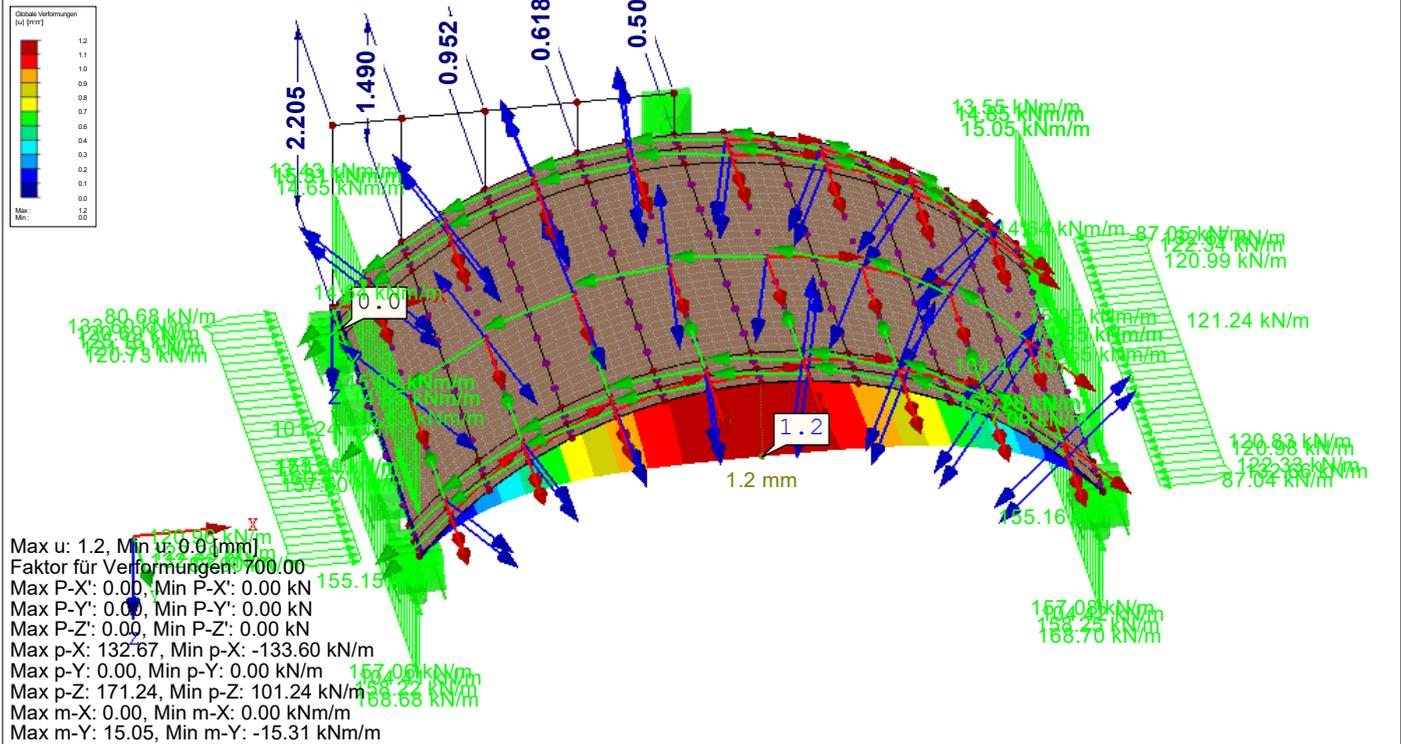
Isometrie



■ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN

LK 7: Unbelastet (EG ungünstig)  
 Globale Verformungen u [mm]  
 Lagerreaktionen  
 Werte: u [mm]

Isometrie





Projekt: Röpersberg RFEM

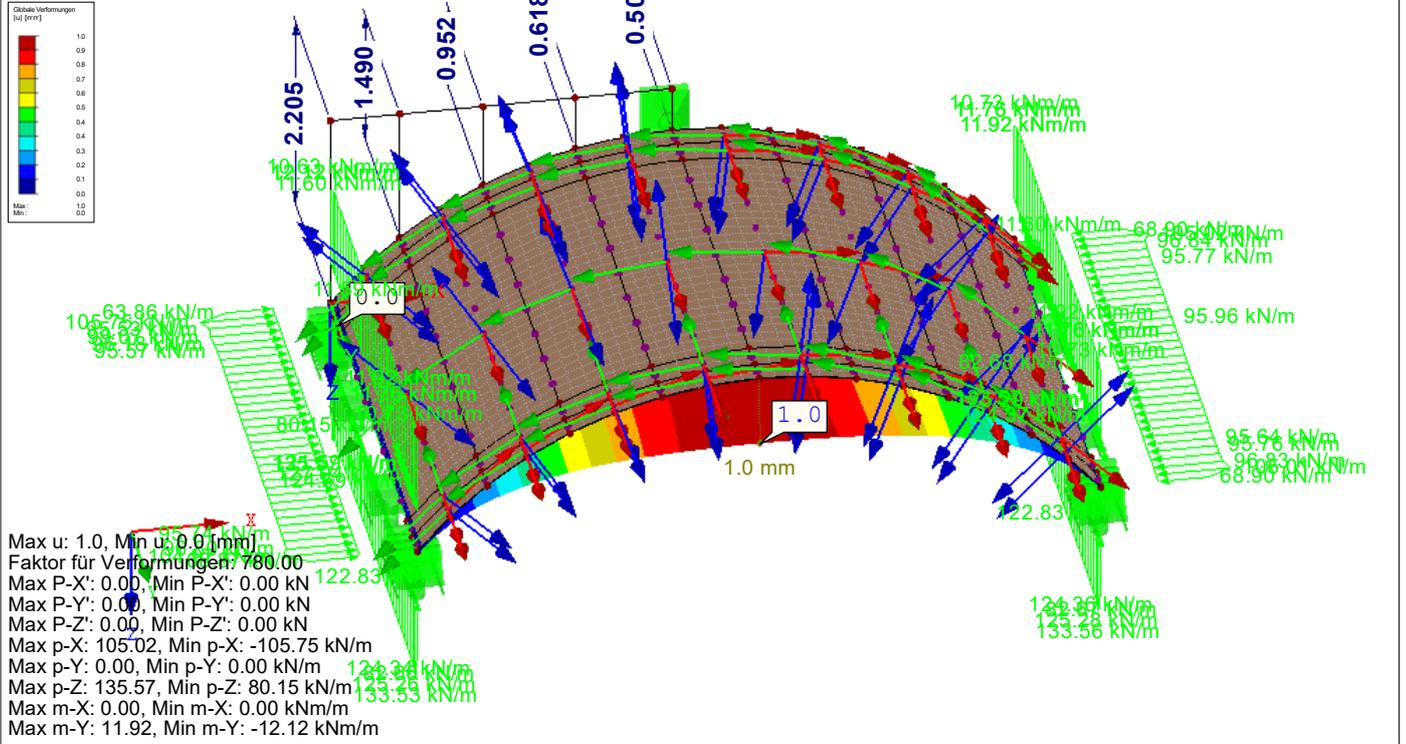
Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

**■ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN**

LK 8: Unbelastet (EG günstig)  
Globale Verformungen u [mm]  
Lagerreaktionen  
Werte: u [mm]

Isometrie



**■ 4.1 KNOTEN - LAGERKRÄFTE**

Ergebniskombinationen

Knoten Nr.	EK		Lagerkräfte [kN]			Lagermomente [kNm]			
			P <sub>x</sub>	P <sub>y</sub>	P <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	
60	EK1	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10
		Min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10
	EK2	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	GZT (EQU) - Ständig / vorübergehend
		Min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	GZT (EQU) - Ständig / vorübergehend

**■ 4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE**

Ergebniskombinationen

Linie Nr.	EK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Lagerkräfte [kN/m]			Lagermomente [kNm/m]				
				p <sub>x</sub>	p <sub>y</sub>	p <sub>z</sub>	m <sub>x</sub>	m <sub>y</sub>	m <sub>z</sub>		
2	EK1	2	0.000	-69.32	0.00	106.76	0.00	-13.14	0.00		
			0.000	-90.81	0.00	83.98	0.00	-15.94	0.00		
			0.140	-112.28	0.00	183.19	0.00	-13.94	0.00		
			0.140	-147.53	0.00	144.41	0.00	-16.94	0.00		
			0.280	-101.79	0.00	165.29	0.00	-14.93	0.00		
		3	0.280	-133.80	0.00	130.65	0.00	-18.12	0.00		
			Max p <sub>x</sub>	0.000	>	-69.32	0.00	106.76	0.00	-13.14	0.00
			Min p <sub>x</sub>	0.140	>	-147.53	0.00	144.41	0.00	-16.94	0.00
			Max p <sub>y</sub>	0.000	>	-69.32	0.00	106.76	0.00	-13.14	0.00
			Min p <sub>y</sub>	0.000	>	-90.81	0.00	83.98	0.00	-15.94	0.00
	EK2	2	0.000	>	-63.86	0.00	106.76	0.00	-10.62	0.00	
			0.000	>	-90.81	0.00	80.15	0.00	-13.43	0.00	
			0.140	>	-105.75	0.00	183.19	0.00	-11.32	0.00	
			0.140	>	-147.53	0.00	135.57	0.00	-14.39	0.00	
			0.280	>	-95.53	0.00	165.29	0.00	-12.12	0.00	
		3	0.280	>	-133.80	0.00	121.59	0.00	-15.45	0.00	
			Max p <sub>x</sub>	0.000	>	-63.86	0.00	106.76	0.00	-10.62	0.00
			Min p <sub>x</sub>	0.140	>	-147.53	0.00	135.57	0.00	-14.39	0.00









Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

■ 4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE

Ergebniskombinationen

Table with columns: Linie Nr., EK, Knoten Nr., Stelle x [m], Lagerkräfte [kN/m] (px, py, pz), Lagermomente [kNm/m] (mx, my, mz). Rows include data for lines 114, 115, and 116 across various nodes and elements.







Projekt: Röpersberg RFEM

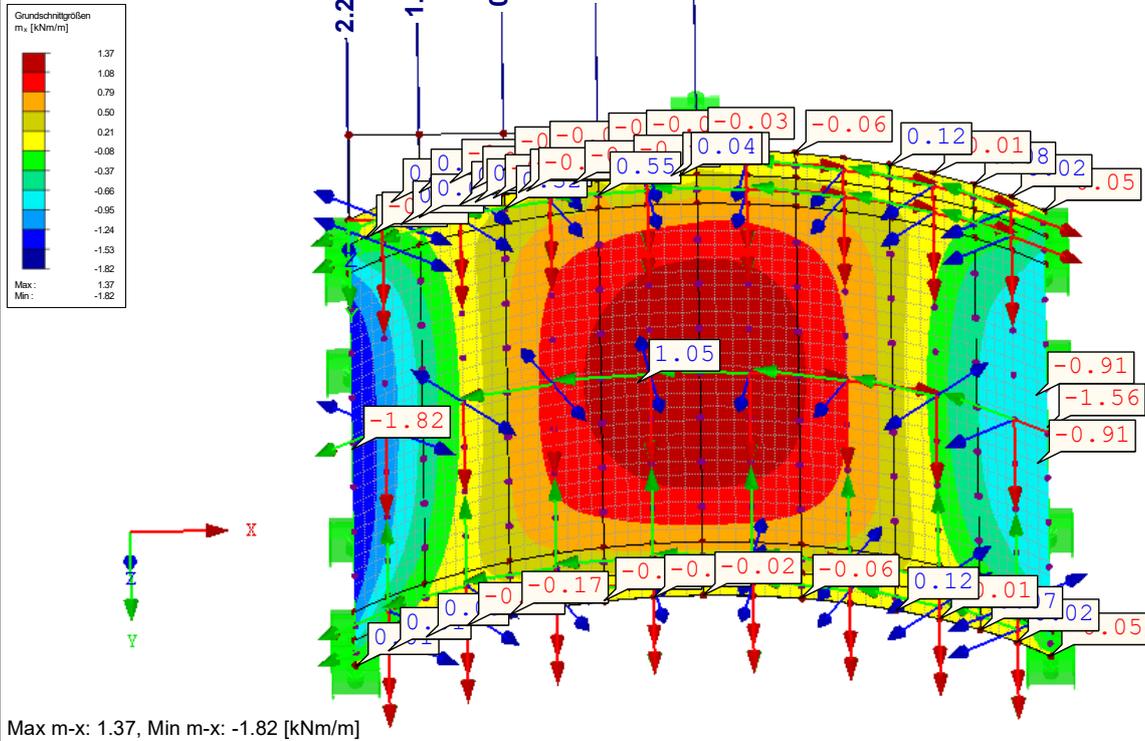
Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $m_x$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Grundschnittgrößen  $m_x$  [kNm/m]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte:  $m_x$  [kNm/m]

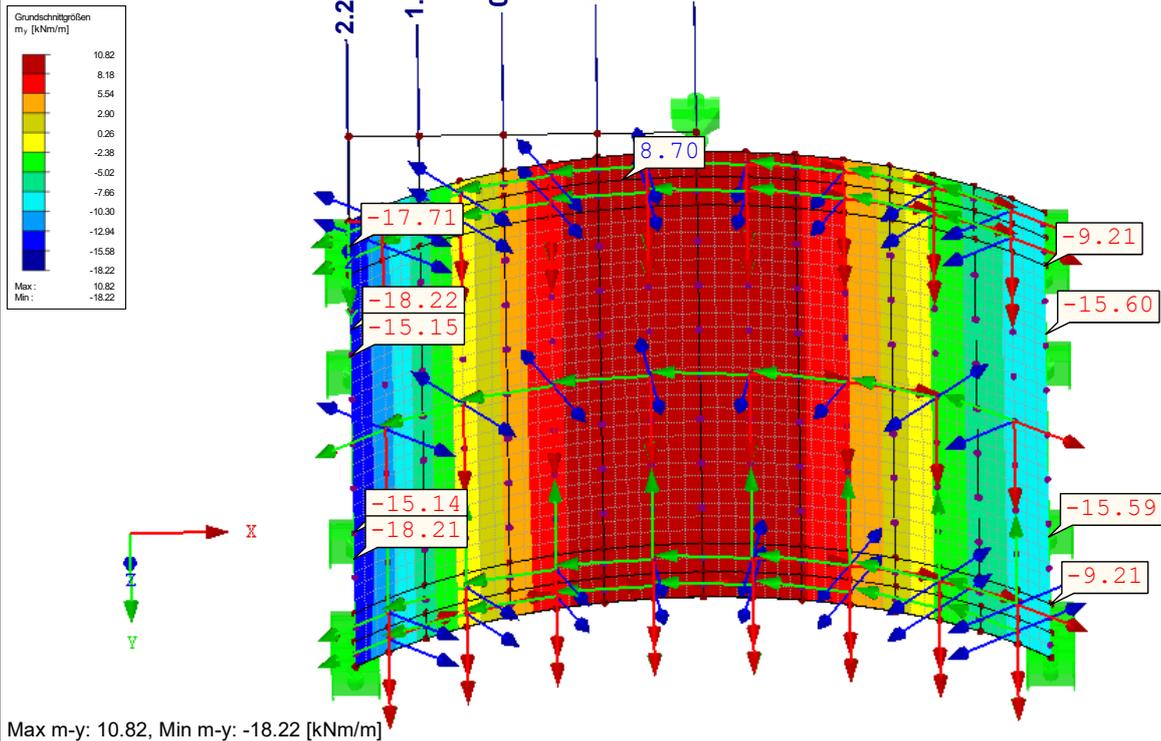
Isometrie



### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $m_y$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Grundschnittgrößen  $m_y$  [kNm/m]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte:  $m_y$  [kNm/m]

Isometrie





Projekt: Röpersberg RFEM

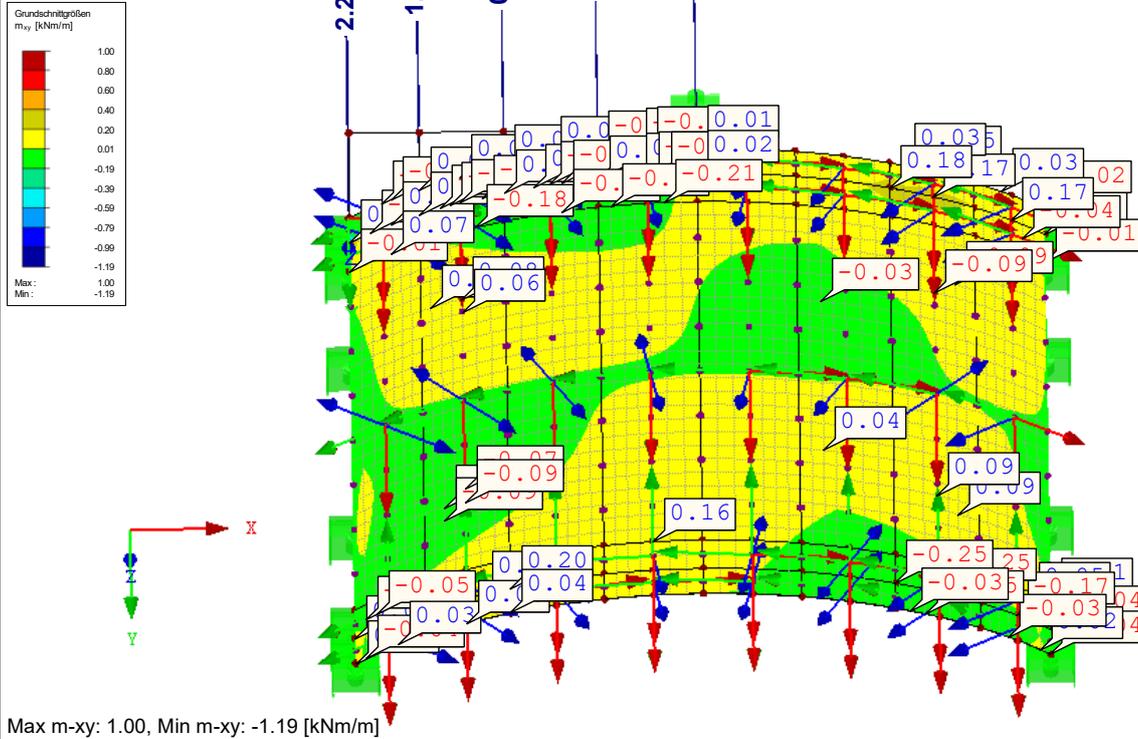
Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $m_{xy}$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Grundschnittgrößen  $m_{xy}$  [kNm/m]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte:  $m_{xy}$  [kNm/m]

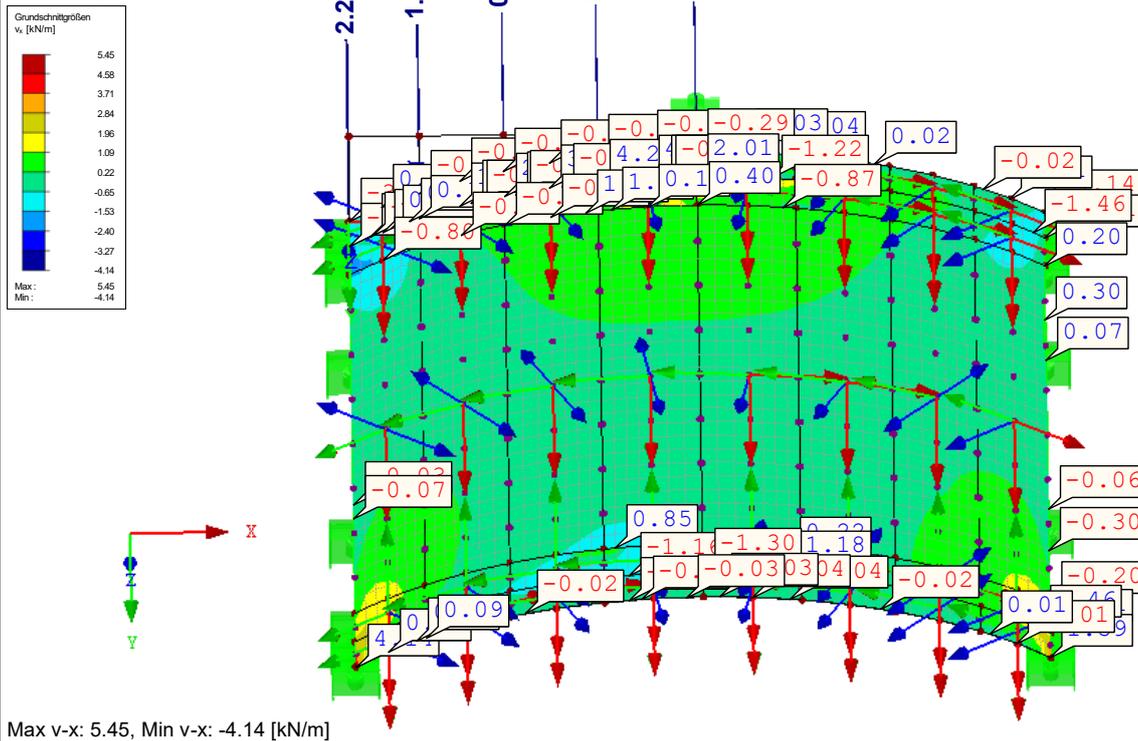
Isometrie



### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $v_x$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Grundschnittgrößen  $v_x$  [kN/m]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte:  $v_x$  [kN/m]

Isometrie





Projekt: Röpersberg RFEM

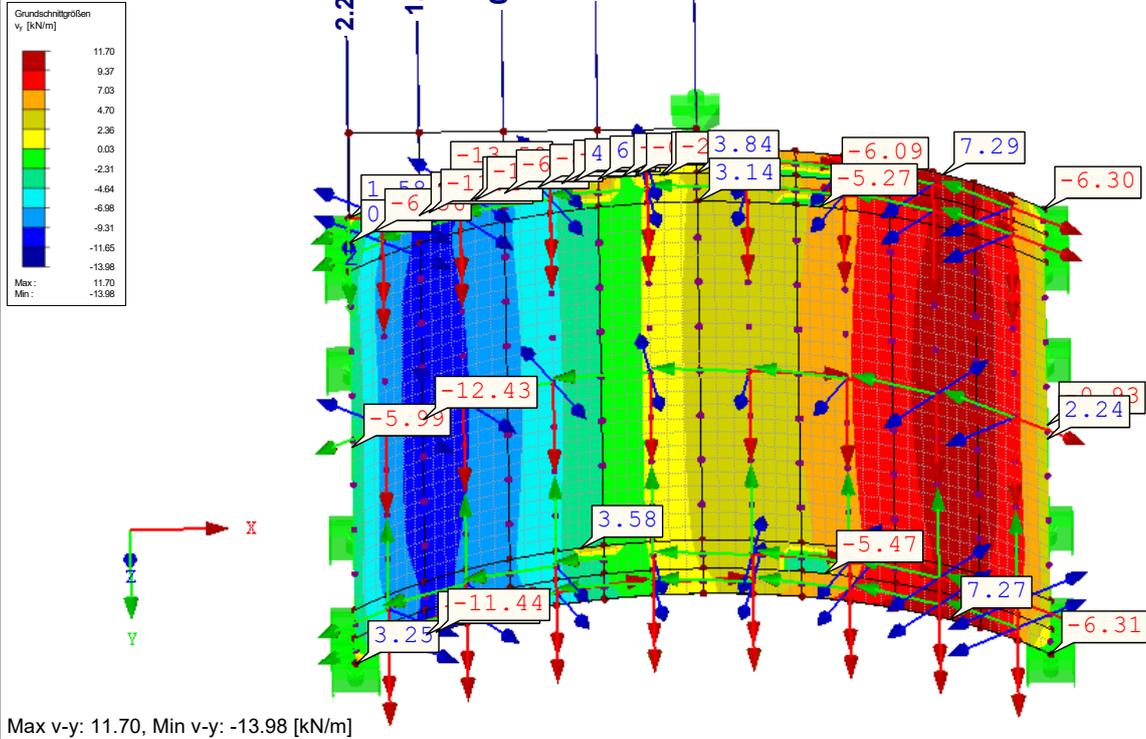
Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

### ■ GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $v_y$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Grundschnittgrößen  $v_y$  [kN/m]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte:  $v_y$  [kN/m]

Isometrie

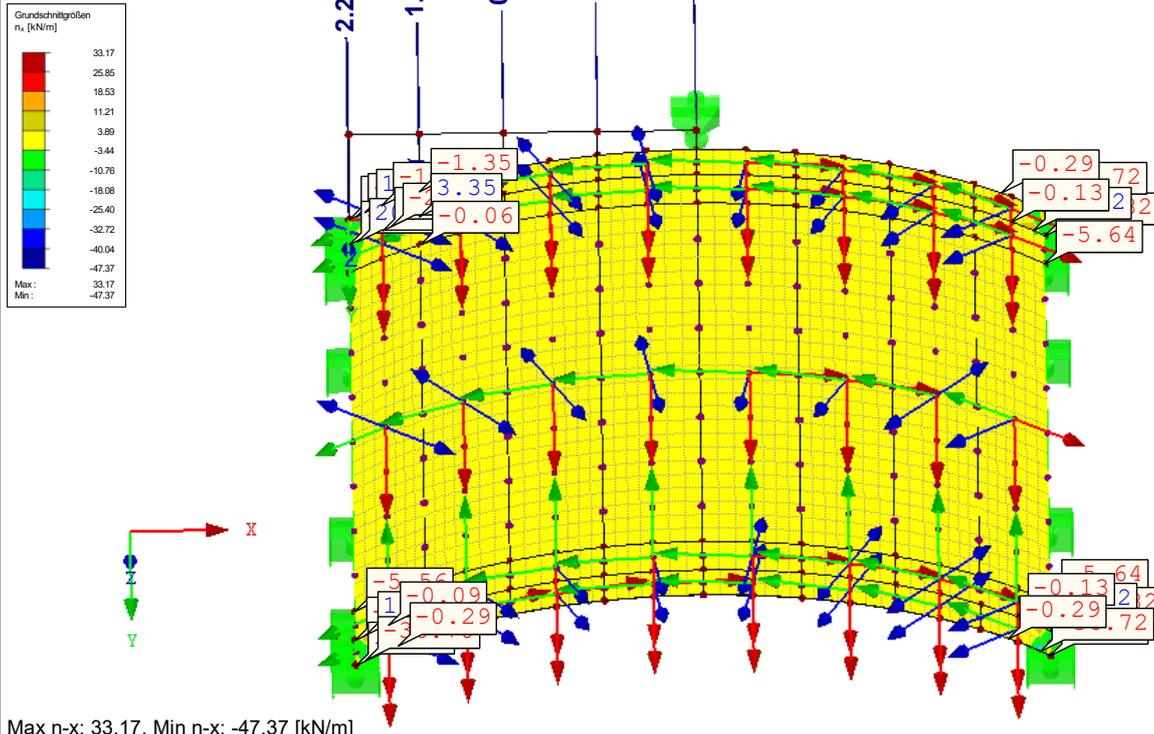


Max  $v_y$ : 11.70, Min  $v_y$ : -13.98 [kN/m]

### ■ GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $n_x$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Grundschnittgrößen  $n_x$  [kN/m]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte:  $n_x$  [kN/m]

Isometrie



Max  $n_x$ : 33.17, Min  $n_x$ : -47.37 [kN/m]



Projekt: Röpersberg RFEM

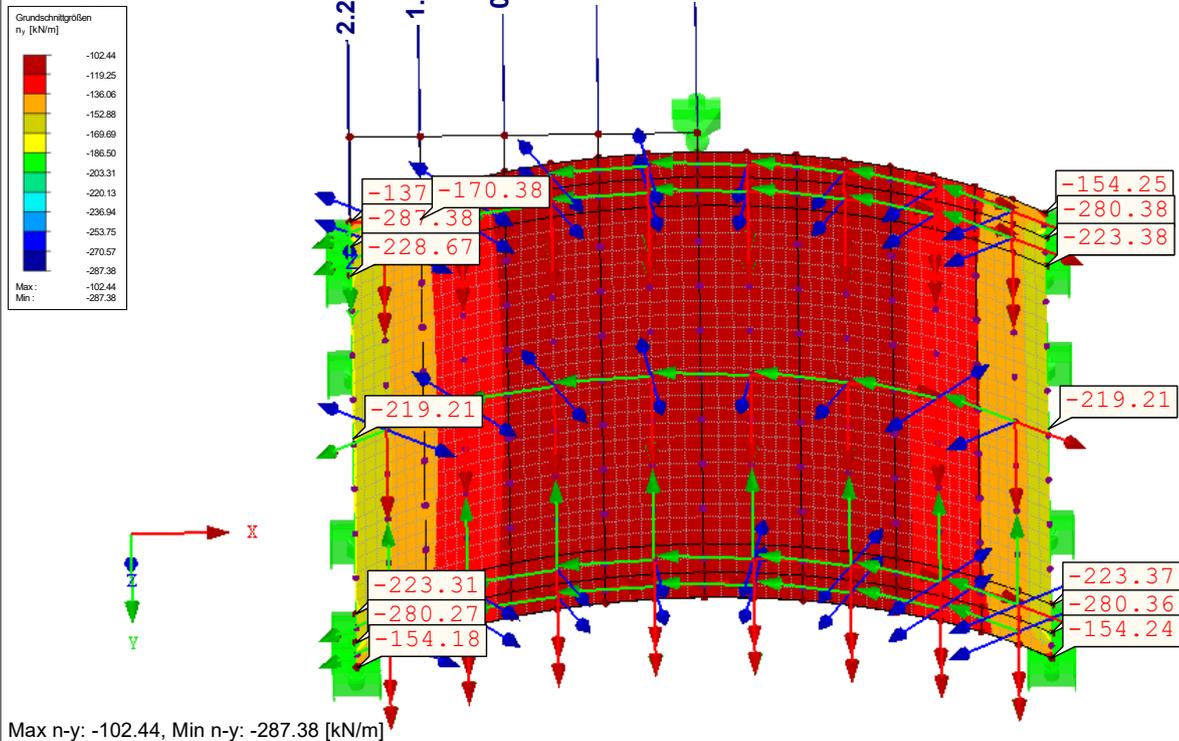
Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

### ■ GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $n_y$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Grundschnittgrößen  $n_y$  [kN/m]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte:  $n_y$  [kN/m]

Isometrie

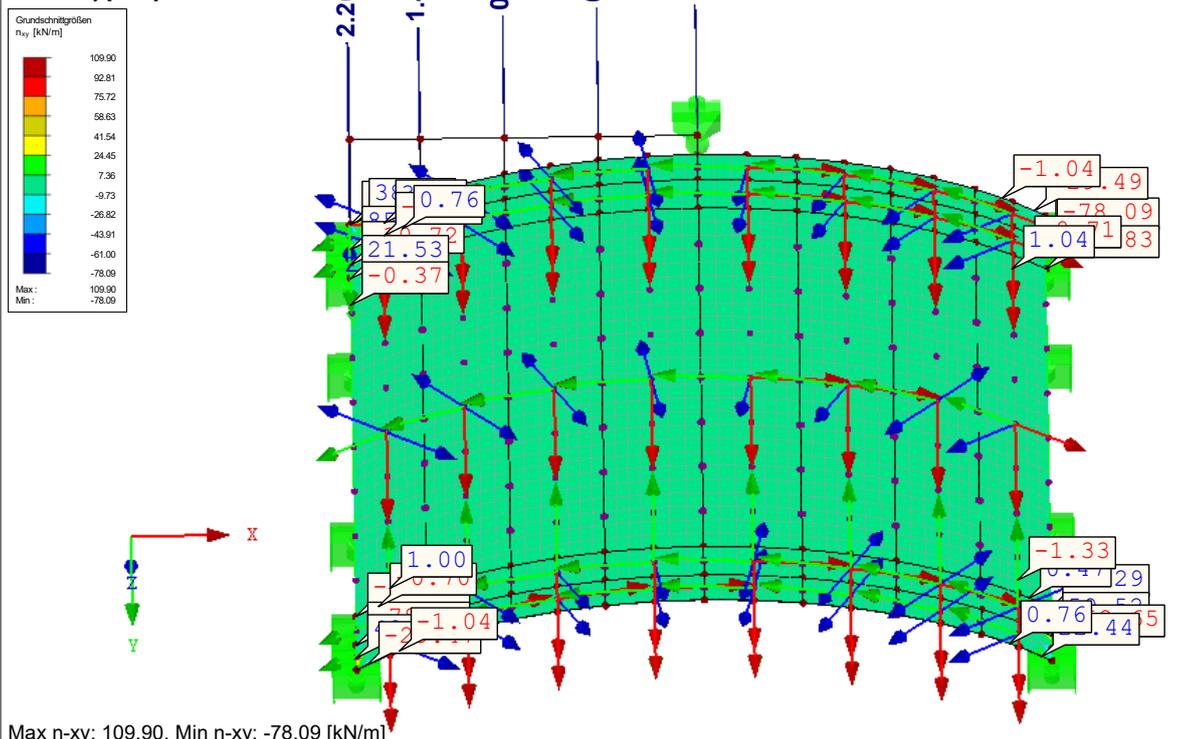


Max  $n_y$ : -102.44, Min  $n_y$ : -287.38 [kN/m]

### ■ GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $n_{xy}$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Grundschnittgrößen  $n_{xy}$  [kN/m]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte:  $n_{xy}$  [kN/m]

Isometrie



Max  $n_{xy}$ : 109.90, Min  $n_{xy}$ : -78.09 [kN/m]



Projekt: Röpertsberg RFEM

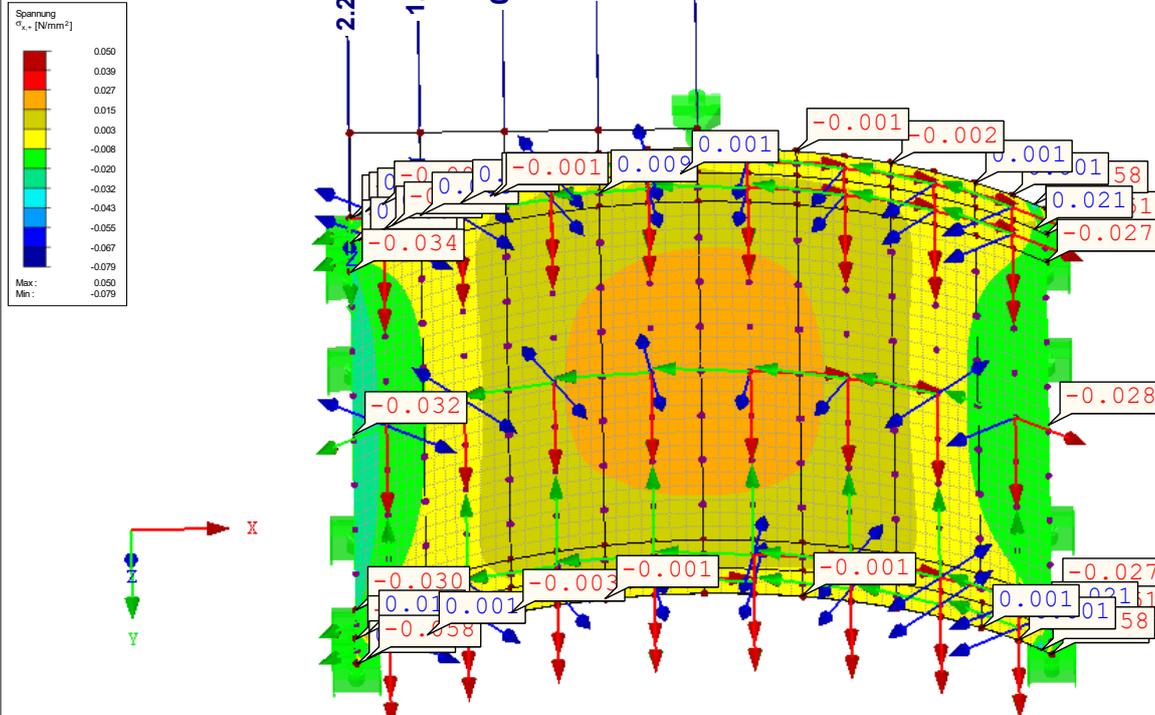
Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

### ■ SPANNUNG $\sigma_{x,+}$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Spannungen Sigma-x,+ [N/mm<sup>2</sup>]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte: Sigma-x,+ [N/mm<sup>2</sup>]

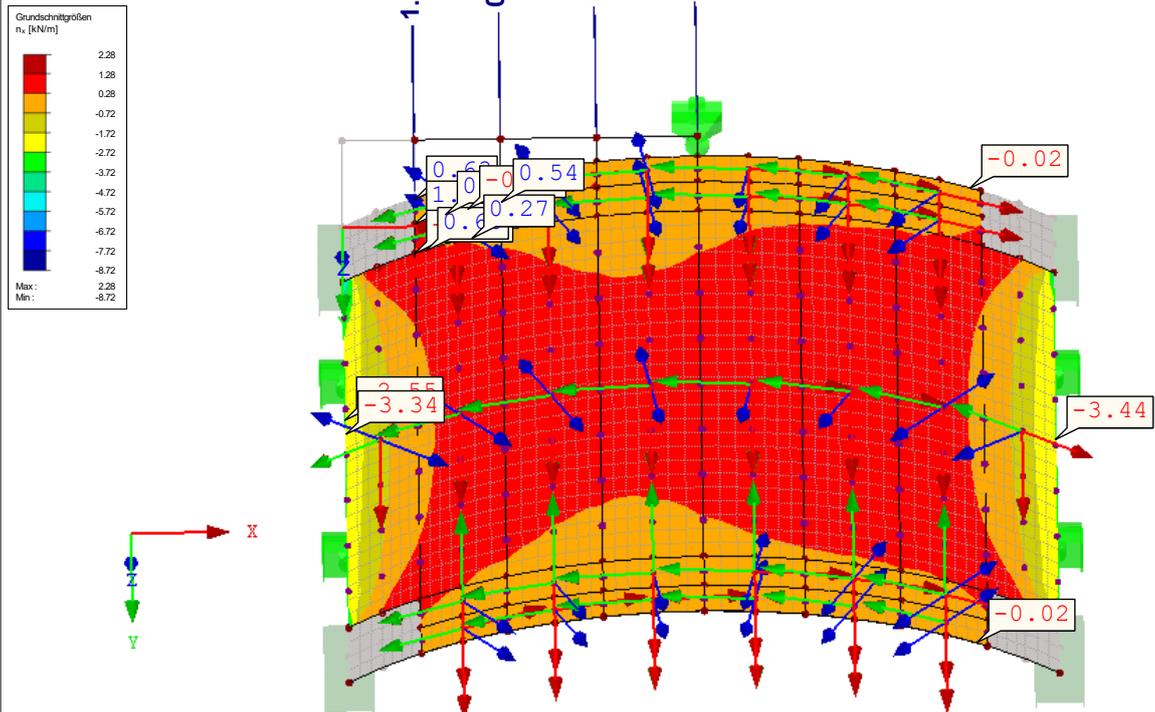
Isometrie



### ■ GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $n_x$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Grundschnittgrößen n-x [kN/m]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte: n-x [kN/m]

Isometrie





Projekt: Röpersberg RFEM

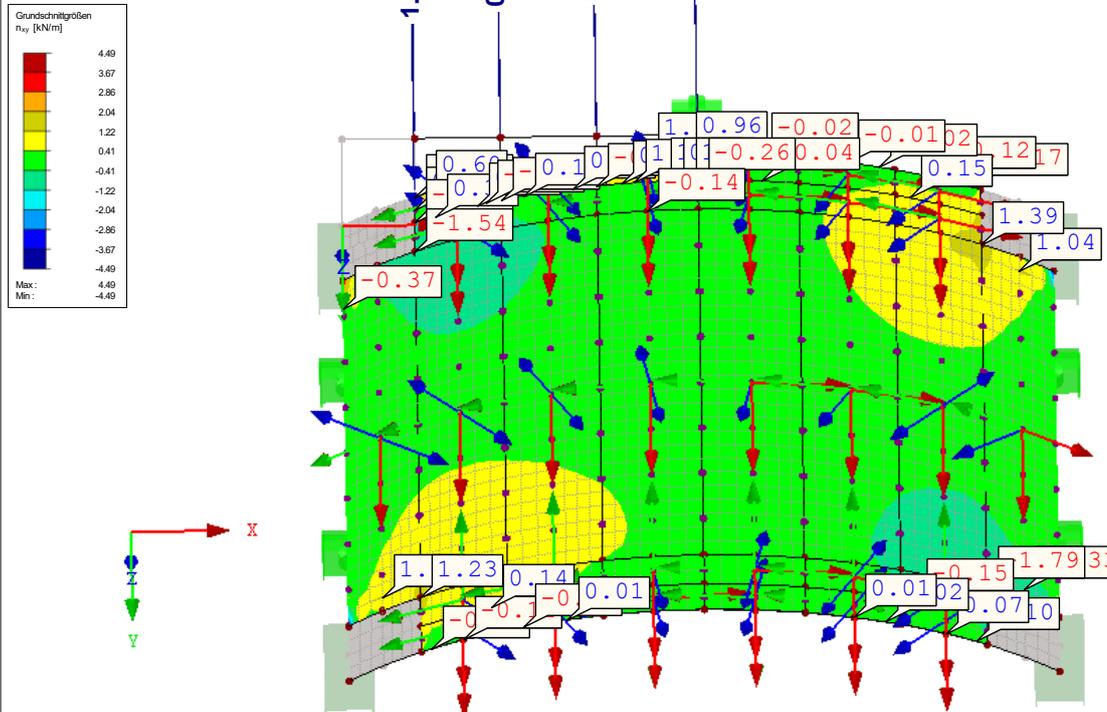
Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $n_{xy}$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Grundschnittgrößen  $n_{xy}$  [kN/m]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte:  $n_{xy}$  [kN/m]

Isometrie

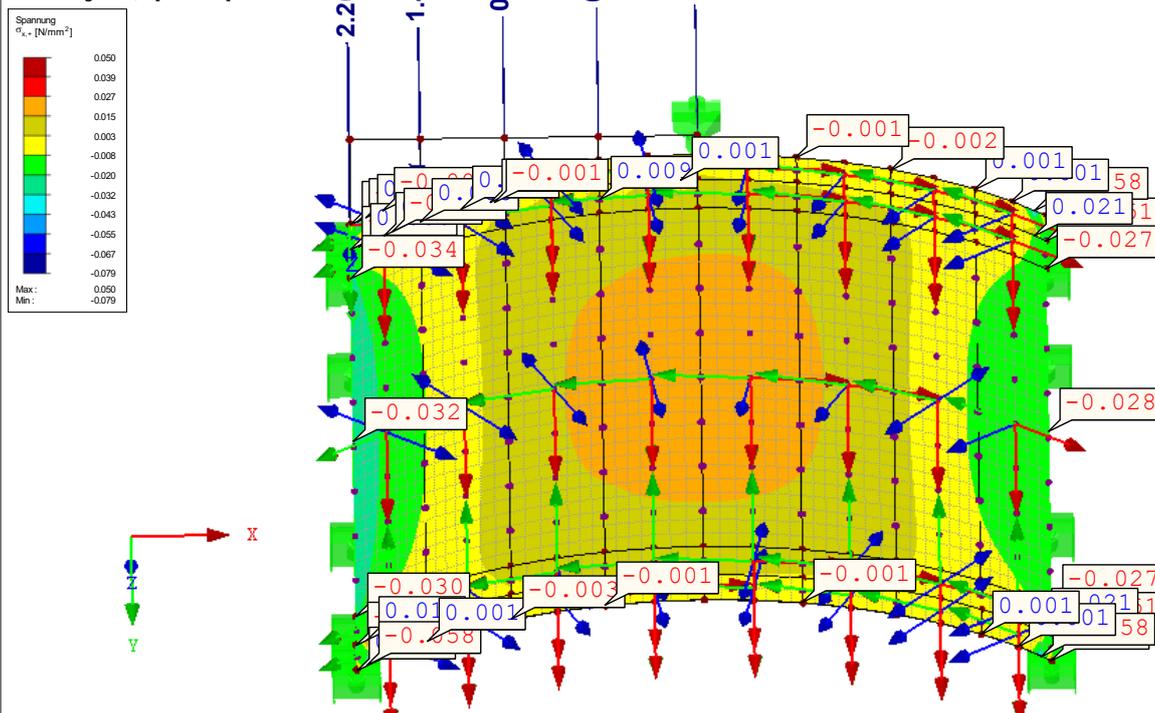


Max  $n_{xy}$ : 4.49, Min  $n_{xy}$ : -4.49 [kN/m]

### SPANNUNG $\sigma_{x,+}$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Spannungen  $\sigma_{x,+}$  [N/mm<sup>2</sup>]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte:  $\sigma_{x,+}$  [N/mm<sup>2</sup>]

Isometrie



Max  $\sigma_{x,+}$ : 0.050, Min  $\sigma_{x,+}$ : -0.079 [N/mm<sup>2</sup>]



Projekt: Röpersberg RFEM

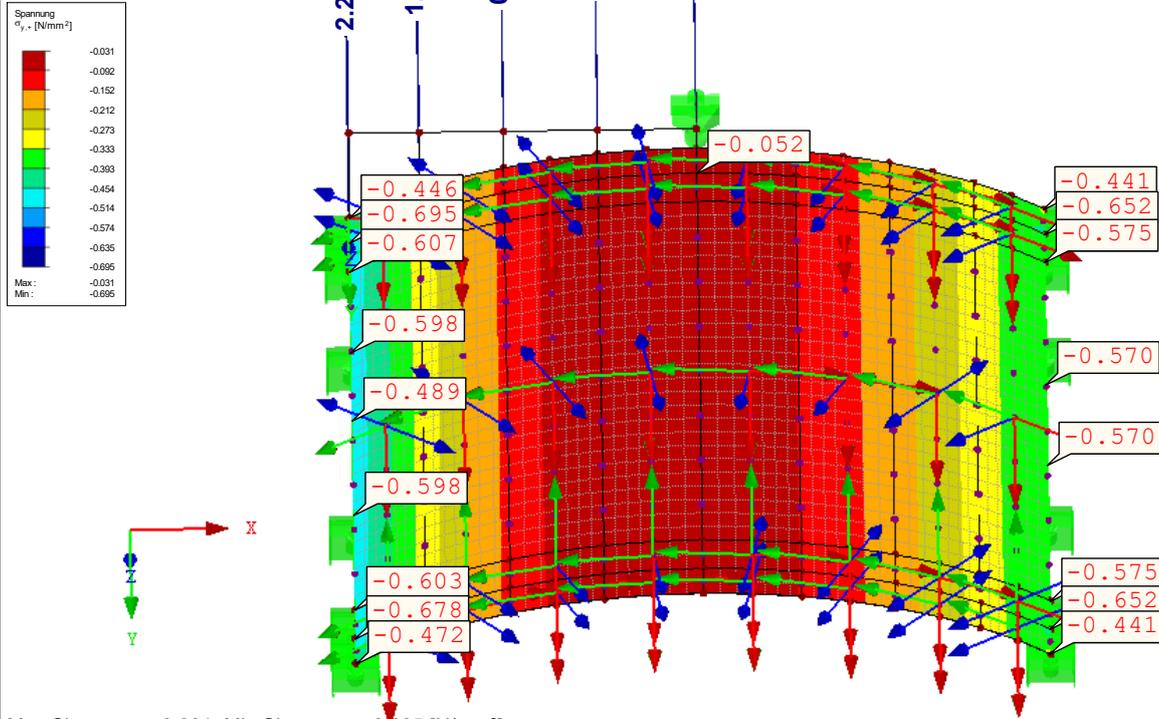
Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

**■ SPANNUNG  $\sigma_{y,+}$**

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
 Spannungen  $\sigma_{y,+}$  [N/mm<sup>2</sup>]  
 Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
 Werte:  $\sigma_{y,+}$  [N/mm<sup>2</sup>]

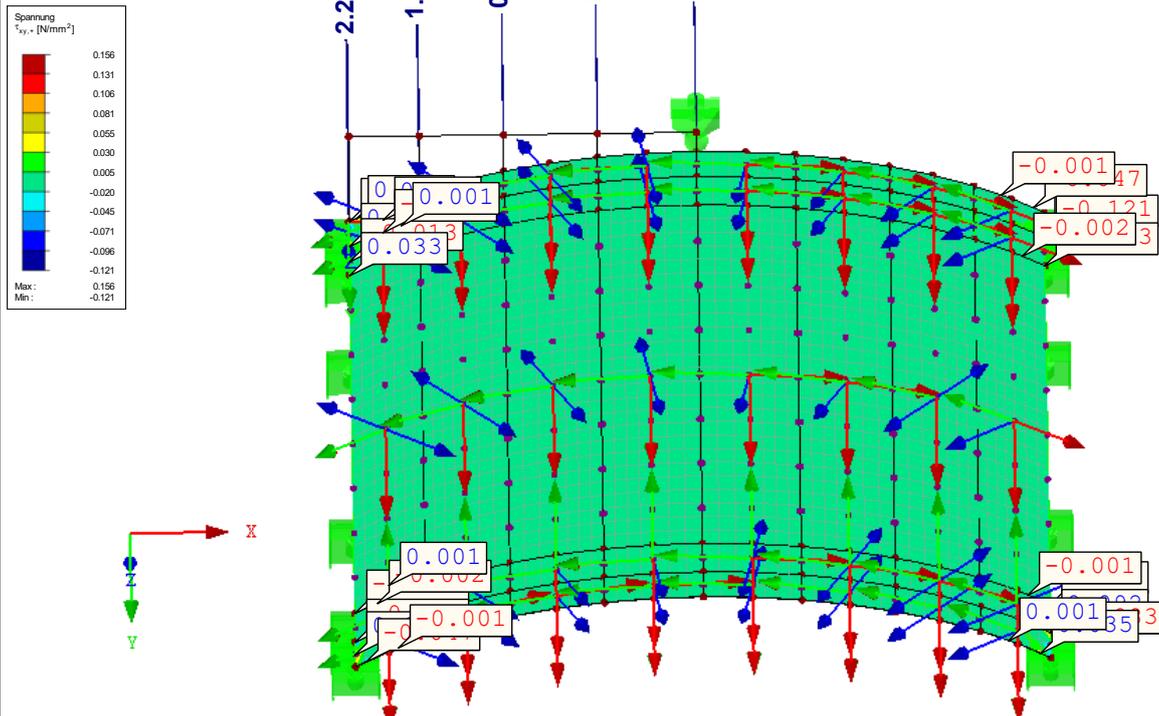
Isometrie



**■ SPANNUNG  $\tau_{xy,+}$**

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
 Spannungen  $\tau_{xy,+}$  [N/mm<sup>2</sup>]  
 Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
 Werte:  $\tau_{xy,+}$  [N/mm<sup>2</sup>]

Isometrie





Projekt: Röpertsberg RFEM

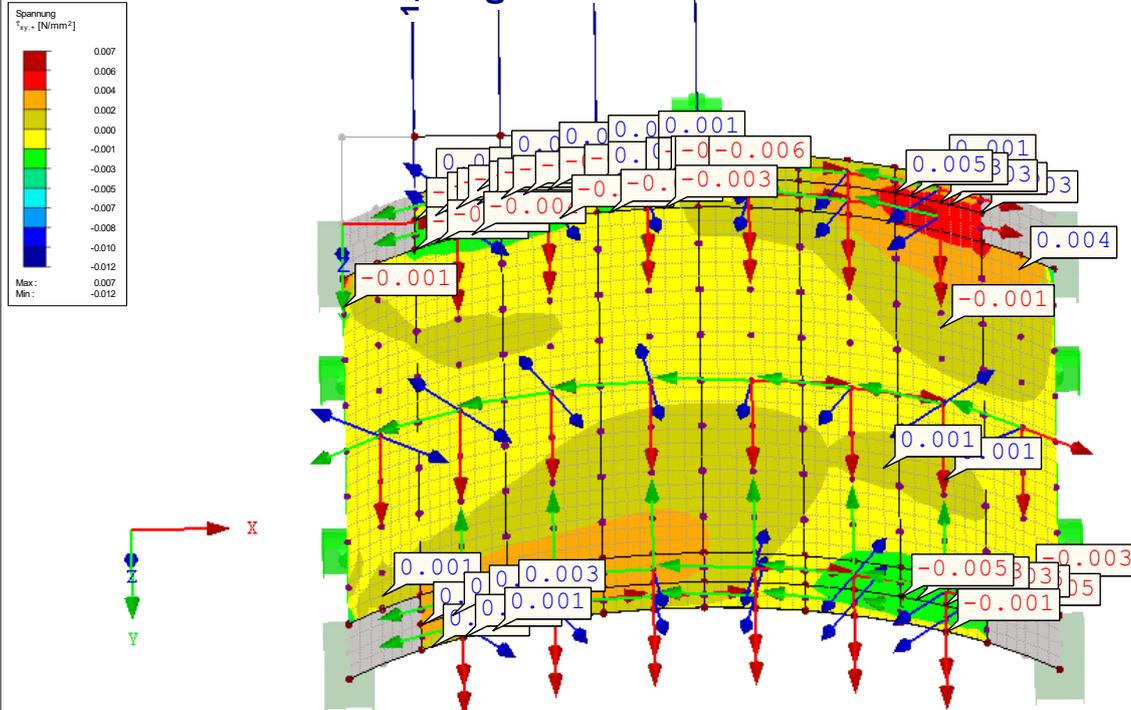
Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

### ■ SPANNUNG $\tau_{xy,+}$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Spannungen Tau-xy,+ [N/mm<sup>2</sup>]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte: Tau-xy,+ [N/mm<sup>2</sup>]

Isometrie

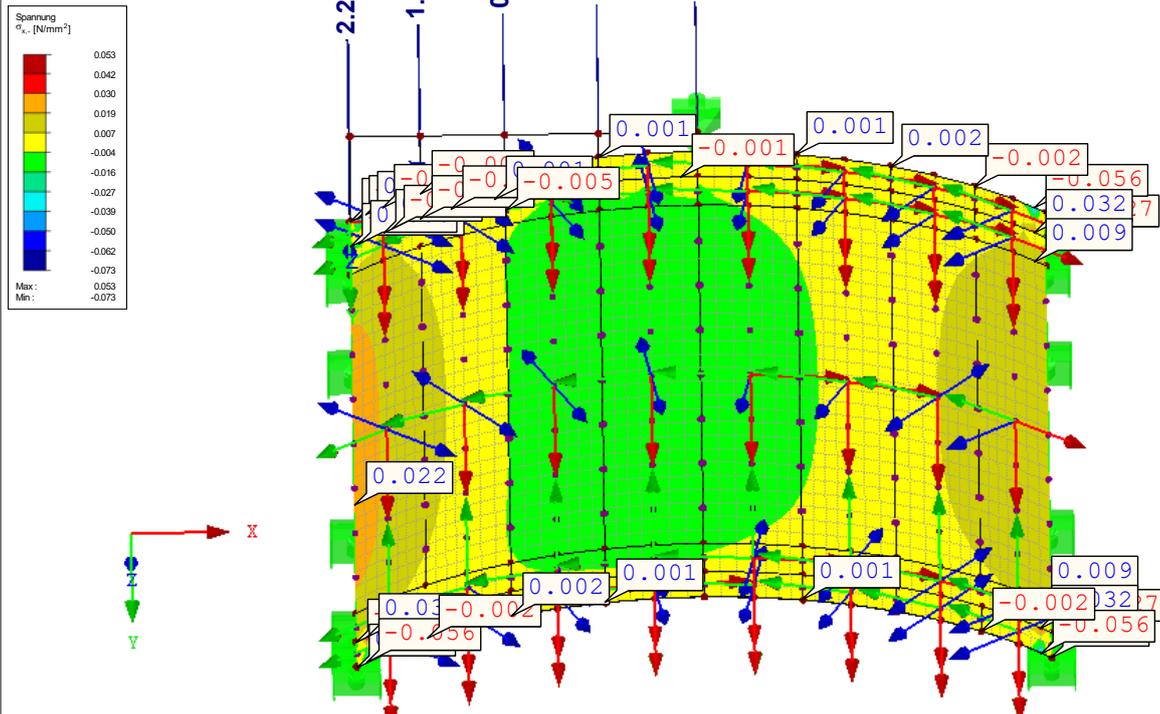


Max Tau-xy,+ : 0.007, Min Tau-xy,+ : -0.012 [N/mm<sup>2</sup>]

### ■ SPANNUNG $\sigma_{x,-}$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Spannungen Sigma-x,- [N/mm<sup>2</sup>]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte: Sigma-x,- [N/mm<sup>2</sup>]

Isometrie



Max Sigma-x,- : 0.053, Min Sigma-x,- : -0.073 [N/mm<sup>2</sup>]



Projekt: Röpersberg RFEM

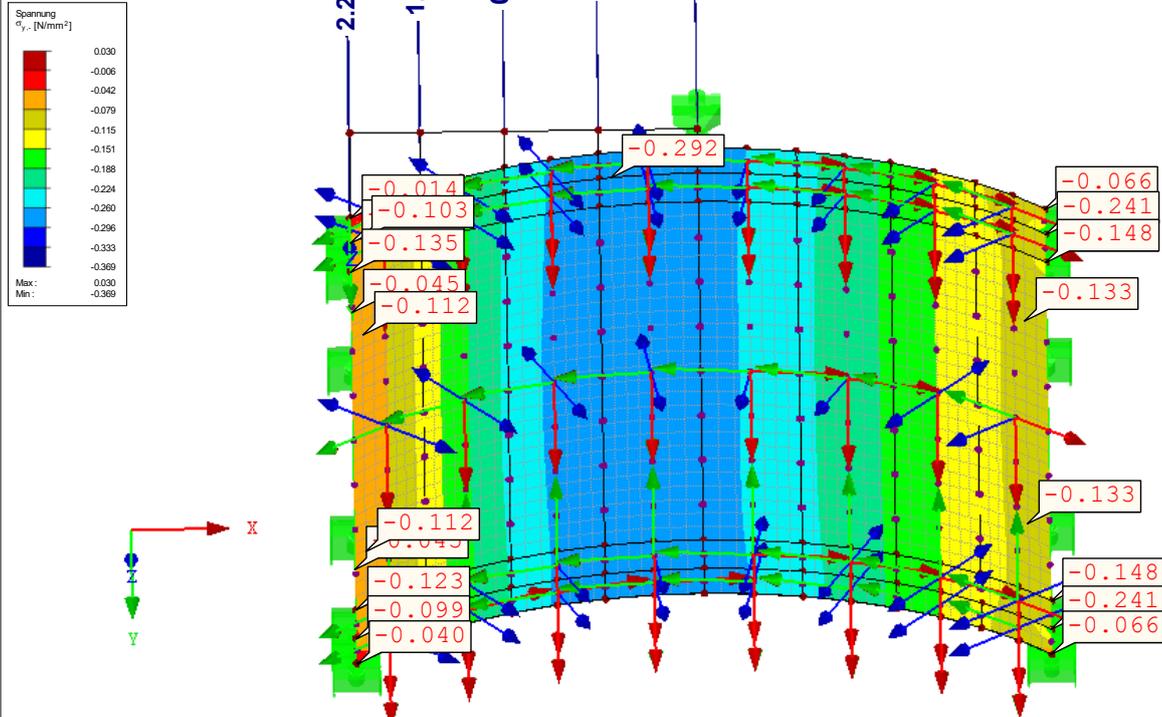
Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

### ■ SPANNUNG $\sigma_{y,-}$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Spannungen Sigma-y,- [N/mm<sup>2</sup>]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte: Sigma-y,- [N/mm<sup>2</sup>]

Isometrie

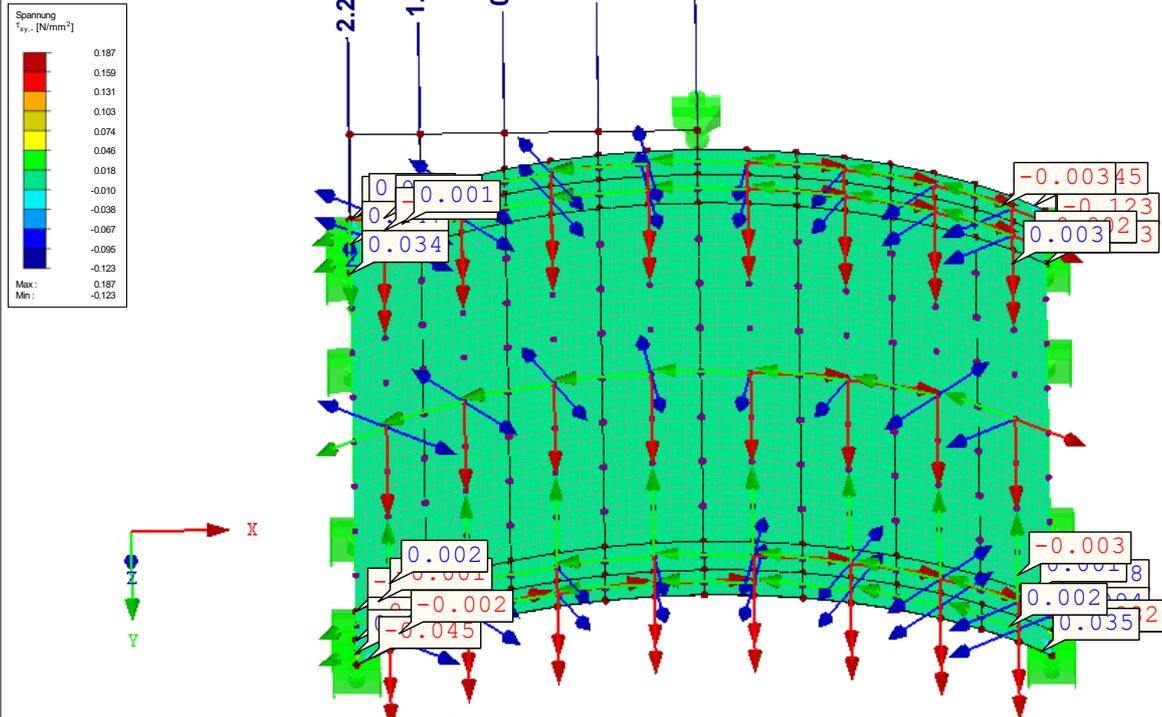


Max Sigma-y,-: 0.030, Min Sigma-y,-: -0.369 [N/mm<sup>2</sup>]

### ■ SPANNUNG $\tau_{xy,-}$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Spannungen Tau-xy,- [N/mm<sup>2</sup>]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte: Tau-xy,- [N/mm<sup>2</sup>]

Isometrie



Max Tau-xy,-: 0.187, Min Tau-xy,-: -0.123 [N/mm<sup>2</sup>]



Projekt: Röpersberg RFEM

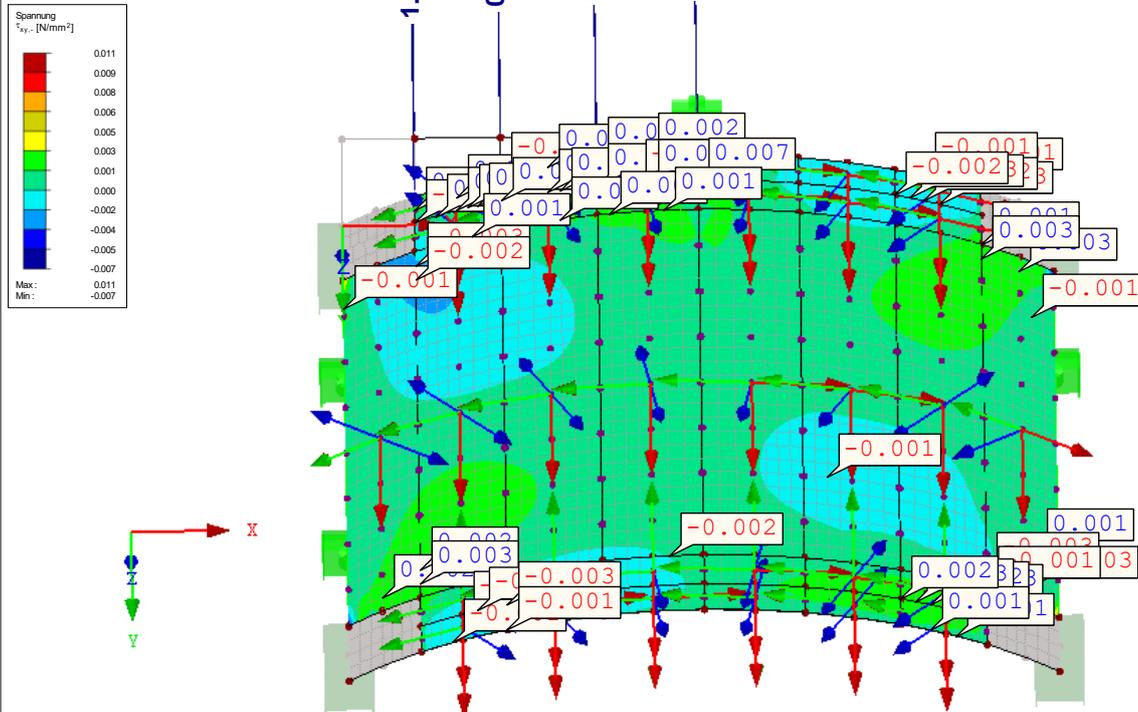
Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

### ■ SPANNUNG $\tau_{xy}$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Spannungen Tau-xy,- [N/mm<sup>2</sup>]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte: Tau-xy,- [N/mm<sup>2</sup>]

Isometrie

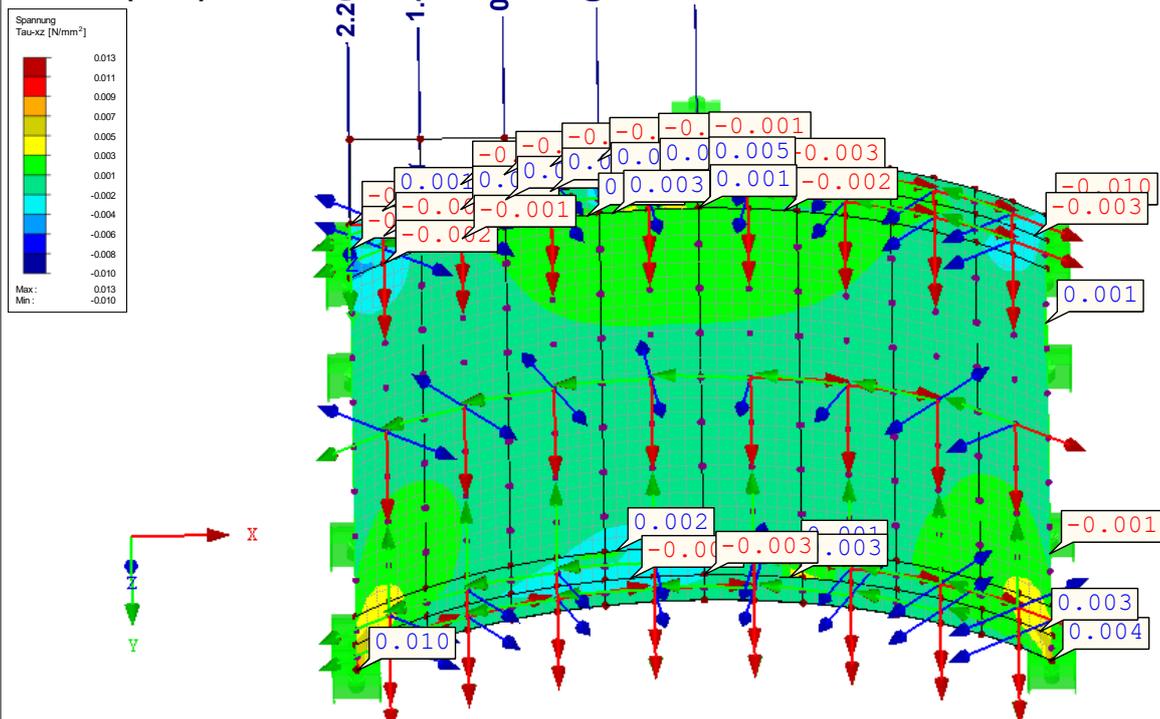


Max Tau-xy,-: 0.011, Min Tau-xy,-: -0.007 [N/mm<sup>2</sup>]

### ■ SPANNUNG $\tau_{xz}$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Spannungen Tau-xz [N/mm<sup>2</sup>]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte: Tau-xz [N/mm<sup>2</sup>]

Isometrie



Max Tau-xz: 0.013, Min Tau-xz: -0.010 [N/mm<sup>2</sup>]



Projekt: Röpertsberg RFEM

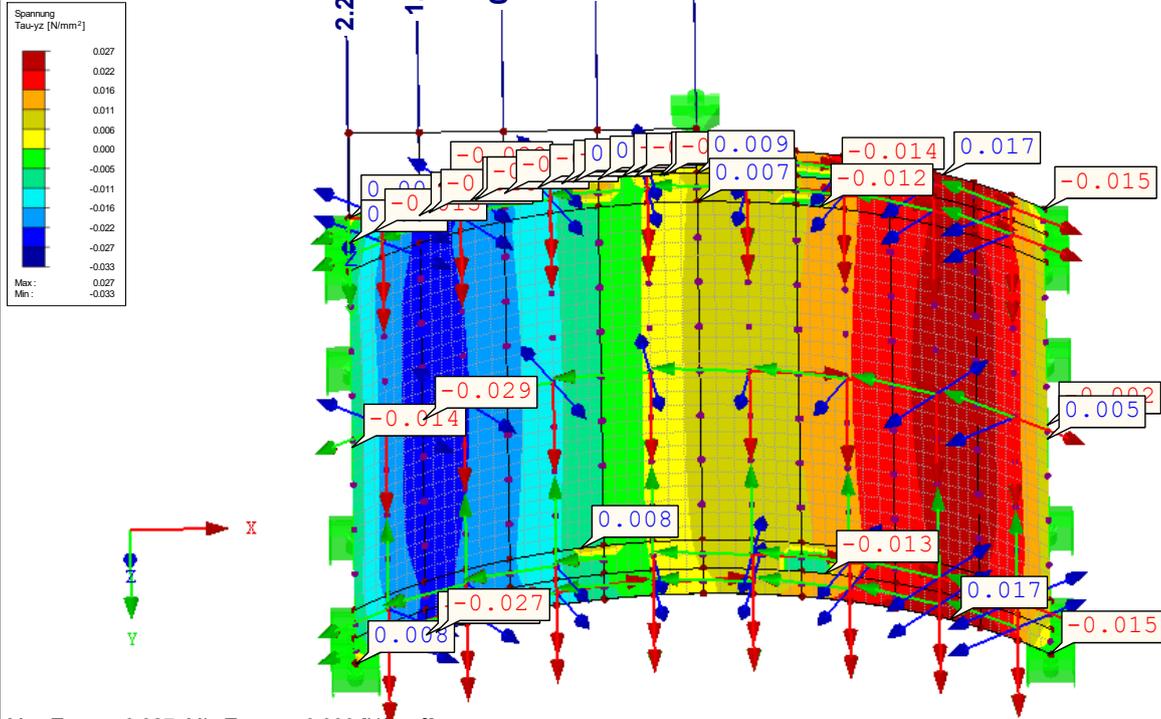
Modell: Anhang C.1 Grundmodell Gewölbe

Datum: 13.03.2020

■ SPANNUNG  $\tau_{yz}$

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10  
Spannungen Tau-yz [N/mm<sup>2</sup>]  
Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte  
Werte: Tau-yz [N/mm<sup>2</sup>]

Isometrie





Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_qfk=1,0

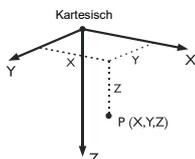
Datum: 13.03.2020

## MODELL-BASISANGABEN

Allgemein	Modellname	:	Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha_qfk = 1,0
	Projektname	:	Röpersberg RFEM
	Modelltyp	:	3D
	Positive Richtung der globalen Z-Achse	:	Nach unten
	Klassifizierung der Lastfälle und Kombinationen	:	Nach Norm: EN 1990 + EN 1991-2; Straßenbrücken Nationaler Anhang: DIN - Deutschland
Optionen	<input type="checkbox"/> RF-Formfindung - Ermittlung von initialen Gleichgewichtsformen für Membran- und Seilkonstruktionen		
	<input type="checkbox"/> RF-ZUSCHNITT		
	<input type="checkbox"/> Rohrleitungsanalyse		
	<input type="checkbox"/> CQC-Regel anwenden		
	<input type="checkbox"/> CAD/BIM-Modell ermöglichen		
	Erdbeschleunigung g	:	10.00 m/s <sup>2</sup>

## FE-NETZ-EINSTELLUNGEN

Allgemein	Angestrebte Länge der Finiten Elemente	$l_{FE}$	:	0.150 m
	Maximaler Abstand zwischen Knoten und Linie um in die Linie zu integrieren	$\epsilon$	:	0.001 m
	Maximale Anzahl der FE-Netz-Knoten (in Tausenden)		:	500
	Stäbe	Anzahl Teilungen von Stäben mit Seil, Bettung, Voute oder plastischer Charakteristik		:
	<input checked="" type="checkbox"/> Stäbe bei Theorie III. Ordnung bzw. Durchschlagproblem intern teilen			
	<input checked="" type="checkbox"/> Teilung der Stäbe durch den Knoten, der auf den Stäben liegt			
Flächen	Maximales Verhältnis der FE-Viereck-Diagonalen	$\Delta_D$	:	1.800
	Maximale Neigung von zwei Finiten Elementen aus der Ebene	$\alpha$	:	0.50 °
	Form der Finiten Elemente:		:	Drei- und Vierecke <input checked="" type="checkbox"/> Gleiche Quadrate generieren, wo möglich



## 1.1 KNOTEN

Knoten Nr.	Knotentyp	Bezugs-Knoten	Koordinaten-System	Knotenkoordinaten			Kommentar
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
1	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	-2.205	
2	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	0.000	
3	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.280	0.000	
4	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.600	0.000	
5	Standard	-	Kartesisch	0.000	4.400	0.000	
6	Standard	-	Kartesisch	0.000	4.720	0.000	
7	Standard	-	Kartesisch	0.000	5.000	0.000	
8	Standard	-	Kartesisch	0.342	0.000	-0.378	
9	Standard	-	Kartesisch	0.342	0.280	-0.378	
10	Standard	-	Kartesisch	0.342	0.600	-0.378	
11	Standard	-	Kartesisch	0.342	4.400	-0.378	
12	Standard	-	Kartesisch	0.342	4.720	-0.378	
13	Standard	-	Kartesisch	0.342	5.000	-0.378	
14	Standard	-	Kartesisch	0.724	0.000	-2.205	
15	Standard	-	Kartesisch	0.724	0.000	-0.715	
16	Standard	-	Kartesisch	0.724	0.280	-0.715	
17	Standard	-	Kartesisch	0.724	0.440	-0.715	
18	Standard	-	Kartesisch	0.724	0.600	-0.715	
19	Standard	-	Kartesisch	0.724	4.400	-0.715	
20	Standard	-	Kartesisch	0.724	4.560	-0.715	
21	Standard	-	Kartesisch	0.724	4.720	-0.715	
22	Standard	-	Kartesisch	0.724	5.000	-0.715	
23	Standard	-	Kartesisch	1.141	0.000	-1.008	
24	Standard	-	Kartesisch	1.141	0.280	-1.008	
25	Standard	-	Kartesisch	1.141	0.600	-1.008	
26	Standard	-	Kartesisch	1.141	4.400	-1.008	
27	Standard	-	Kartesisch	1.141	4.720	-1.008	
28	Standard	-	Kartesisch	1.141	5.000	-1.008	
29	Standard	-	Kartesisch	1.587	0.000	-2.205	
30	Standard	-	Kartesisch	1.587	0.000	-1.253	
31	Standard	-	Kartesisch	1.587	0.280	-1.253	
32	Standard	-	Kartesisch	1.587	0.440	-1.253	
33	Standard	-	Kartesisch	1.587	0.600	-1.253	
34	Standard	-	Kartesisch	1.587	4.400	-1.253	
35	Standard	-	Kartesisch	1.587	4.560	-1.253	
36	Standard	-	Kartesisch	1.587	4.720	-1.253	
37	Standard	-	Kartesisch	1.587	5.000	-1.253	
38	Standard	-	Kartesisch	2.059	0.000	-1.447	
39	Standard	-	Kartesisch	2.059	0.280	-1.447	
40	Standard	-	Kartesisch	2.059	0.600	-1.447	
41	Standard	-	Kartesisch	2.059	4.400	-1.447	
42	Standard	-	Kartesisch	2.059	4.720	-1.447	
43	Standard	-	Kartesisch	2.059	5.000	-1.447	
44	Standard	-	Kartesisch	2.549	0.000	-2.205	
45	Standard	-	Kartesisch	2.549	0.000	-1.587	
46	Standard	-	Kartesisch	2.549	0.280	-1.586	
47	Standard	-	Kartesisch	2.549	0.440	-1.586	
48	Standard	-	Kartesisch	2.549	0.600	-1.586	



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_qfk=1,0

Datum: 13.03.2020

**1.1 KNOTEN**

Knoten Nr.	Knotentyp	Bezugs- Knoten	Koordinaten- System	Knotenkoordinaten			Kommentar
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
49	Standard	-	Kartesisch	2.549	4.400	-1.586	
50	Standard	-	Kartesisch	2.549	4.560	-1.586	
51	Standard	-	Kartesisch	2.549	4.720	-1.586	
52	Standard	-	Kartesisch	2.549	5.000	-1.586	
53	Standard	-	Kartesisch	3.051	0.000	-1.672	
54	Standard	-	Kartesisch	3.051	0.280	-1.671	
55	Standard	-	Kartesisch	3.051	0.600	-1.671	
56	Standard	-	Kartesisch	3.051	4.400	-1.671	
57	Standard	-	Kartesisch	3.051	4.720	-1.671	
58	Standard	-	Kartesisch	3.051	5.000	-1.671	
59	Standard	-	Kartesisch	3.560	0.000	-2.205	
60	Standard	-	Kartesisch	3.560	0.000	-1.700	
61	Standard	-	Kartesisch	3.560	0.280	-1.700	
62	Standard	-	Kartesisch	3.560	0.600	-1.700	
63	Standard	-	Kartesisch	3.560	4.400	-1.700	
64	Standard	-	Kartesisch	3.560	4.720	-1.700	
65	Standard	-	Kartesisch	3.560	5.000	-1.700	
66	Standard	-	Kartesisch	4.069	0.000	-1.671	
67	Standard	-	Kartesisch	4.069	0.280	-1.671	
68	Standard	-	Kartesisch	4.069	0.600	-1.671	
69	Standard	-	Kartesisch	4.069	4.400	-1.671	
70	Standard	-	Kartesisch	4.069	4.720	-1.671	
71	Standard	-	Kartesisch	4.069	5.000	-1.671	
72	Standard	-	Kartesisch	4.571	0.000	-1.586	
73	Standard	-	Kartesisch	4.571	0.140	-1.586	
74	Standard	-	Kartesisch	4.571	0.280	-1.586	
75	Standard	-	Kartesisch	4.571	0.440	-1.586	
76	Standard	-	Kartesisch	4.571	0.600	-1.586	
78	Standard	-	Kartesisch	4.571	4.400	-1.586	
79	Standard	-	Kartesisch	4.571	4.560	-1.586	
80	Standard	-	Kartesisch	4.571	4.720	-1.586	
81	Standard	-	Kartesisch	4.571	5.000	-1.586	
82	Standard	-	Kartesisch	5.061	0.000	-1.447	
83	Standard	-	Kartesisch	5.061	0.280	-1.447	
84	Standard	-	Kartesisch	5.061	0.600	-1.447	
86	Standard	-	Kartesisch	5.061	4.400	-1.447	
87	Standard	-	Kartesisch	5.061	4.720	-1.447	
88	Standard	-	Kartesisch	5.061	5.000	-1.447	
89	Standard	-	Kartesisch	5.533	0.000	-1.253	
90	Standard	-	Kartesisch	5.533	0.140	-1.253	
91	Standard	-	Kartesisch	5.533	0.280	-1.253	
92	Standard	-	Kartesisch	5.533	0.440	-1.253	
93	Standard	-	Kartesisch	5.533	0.600	-1.253	
96	Standard	-	Kartesisch	5.533	4.400	-1.253	
97	Standard	-	Kartesisch	5.533	4.560	-1.253	
98	Standard	-	Kartesisch	5.533	4.720	-1.253	
99	Standard	-	Kartesisch	5.533	5.000	-1.253	
100	Standard	-	Kartesisch	5.979	0.000	-1.008	
101	Standard	-	Kartesisch	5.979	0.280	-1.008	
102	Standard	-	Kartesisch	5.979	0.600	-1.008	
104	Standard	-	Kartesisch	5.979	4.400	-1.008	
105	Standard	-	Kartesisch	5.979	4.720	-1.008	
106	Standard	-	Kartesisch	5.979	5.000	-1.008	
107	Standard	-	Kartesisch	6.396	0.000	-0.715	
108	Standard	-	Kartesisch	6.396	0.140	-0.715	
109	Standard	-	Kartesisch	6.396	0.280	-0.715	
110	Standard	-	Kartesisch	6.396	0.440	-0.715	
111	Standard	-	Kartesisch	6.396	0.600	-0.715	
113	Standard	-	Kartesisch	6.396	4.400	-0.715	
114	Standard	-	Kartesisch	6.396	4.560	-0.715	
115	Standard	-	Kartesisch	6.396	4.720	-0.715	
116	Standard	-	Kartesisch	6.396	5.000	-0.715	
117	Standard	-	Kartesisch	6.778	0.000	-0.378	
118	Standard	-	Kartesisch	6.778	0.280	-0.378	
119	Standard	-	Kartesisch	6.778	0.600	-0.378	
120	Standard	-	Kartesisch	6.778	4.400	-0.378	
121	Standard	-	Kartesisch	6.778	4.720	-0.378	
122	Standard	-	Kartesisch	6.778	5.000	-0.378	
123	Standard	-	Kartesisch	7.120	0.000	0.000	
124	Standard	-	Kartesisch	7.120	0.280	0.000	
125	Standard	-	Kartesisch	7.120	0.600	0.000	
126	Standard	-	Kartesisch	7.120	4.400	0.000	
127	Standard	-	Kartesisch	7.120	4.720	0.000	
128	Standard	-	Kartesisch	7.120	5.000	0.000	
129	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.140	0.000	

**1.2 LINIEN**

Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge		Kommentar
			L [m]		
1	Polylinie	2,1	2.205	Z	
2	Polylinie	2,129,3	0.280	Y	
3	Polylinie	3,4	0.320	Y	
4	Polylinie	4,5	3.800	Y	
5	Polylinie	5,6	0.320	Y	
6	Polylinie	6,7	0.280	Y	
7	Bogen	15,8,2	1.020	XZ	
8	Bogen	16,9,3	1.020	XZ	
9	Spline	16,9,3	1.020	XZ	
10	Spline	18,10,4	1.020	XZ	
11	Spline	19,11,5	1.020	XZ	
12	Spline	6,12,21	1.020	XZ	



Projekt: Röpertsberg RFEM

Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_qfk=1,0

Datum: 13.03.2020

**1.2 LINIEN**

Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge L [m]		Kommentar
13	Spline	7,13,22	1.020	XZ	
14	Polylinie	1,14	0.724	X	
15	Polylinie	15,14	1.490	Z	
16	Polylinie	15,16	0.280		
17	Spline	16-18	0.320	Y	
18	Polylinie	18,19	3.800	Y	
19	Spline	21-19	0.320	Y	
20	Polylinie	21,22	0.280	Y	
21	Bogen	30,23,15	1.020	XZ	
22	Bogen	31,24,16	1.020	XZ	
23	Spline	31,24,16	1.020	XZ	
24	Spline	33,25,18	1.020	XZ	
25	Spline	34,26,19	1.020	XZ	
26	Spline	21,27,36	1.020	XZ	
27	Spline	22,28,37	1.020	XZ	
28	Polylinie	14,29	0.864	X	
29	Polylinie	30,29	0.952	Z	
30	Polylinie	30,31	0.280	Y	
31	Spline	31-33	0.320	Y	
32	Polylinie	33,34	3.800	Y	
33	Spline	36-34	0.320	Y	
34	Polylinie	36,37	0.280	Y	
35	Bogen	7,37,65	4.079	XZ	
36	Bogen	45,38,30	1.020	XZ	
37	Bogen	46,39,31	1.020	XZ	
38	Spline	46,39,31	1.020	XZ	
39	Spline	48,40,33	1.020	XZ	
40	Spline	49,41,34	1.020	XZ	
41	Spline	36,42,51	1.020	XZ	
42	Spline	37,43,52	1.020	XZ	
43	Polylinie	29,44	0.961	X	
44	Polylinie	45,44	0.618	Z	
45	Polylinie	45,46	0.280	YZ	
46	Spline	46-48	0.320	Y	
47	Polylinie	48,49	3.800	Y	
48	Spline	51-49	0.320	Y	
49	Polylinie	51,52	0.280	Y	
50	Bogen	60,53,45	1.020	XZ	
51	Spline	61,54,46	1.020	XZ	
52	Bogen	61,54,46	1.020	XZ	
53	Spline	62,55,48	1.020	XZ	
54	Spline	63,56,49	1.020	XZ	
55	Spline	51,57,64	1.020	XZ	
56	Spline	52,58,65	1.020	XZ	
57	Polylinie	44,59	1.011	X	
58	Polylinie	60,59	0.505	Z	
59	Polylinie	60,61	0.280	Y	
60	Polylinie	61,62	0.320	Y	
61	Polylinie	62,63	3.800	Y	
62	Polylinie	63,64	0.320	Y	
63	Polylinie	64,65	0.280	Y	
64	Spline	72,66,60	1.020	XZ	
65	Bogen	74,67,61	1.020	XZ	
66	Spline	74,67,61	1.020	XZ	
67	Spline	76,68,62	1.020	XZ	
68	Spline	78,69,63	1.020	XZ	
69	Spline	64,70,80	1.020	XZ	
70	Spline	65,71,81	1.020	XZ	
71	Spline	74-72	0.280	Y	
72	Spline	76-74	0.320	Y	
73	Polylinie	78,76	3.800	Y	
75	Spline	78-80	0.320	Y	
76	Polylinie	81,80	0.280	Y	
77	Spline	89,82,72	1.020	XZ	
78	Spline	91,83,74	1.020	XZ	
79	Bogen	91,83,74	1.020	XZ	
80	Spline	93,84,76	1.020	XZ	
82	Spline	96,86,78	1.020	XZ	
83	Spline	80,87,98	1.020	XZ	
84	Spline	81,88,99	1.020	XZ	
85	Spline	91-89	0.280	Y	
86	Spline	93-91	0.320	Y	
87	Polylinie	93,96	3.800	Y	
90	Spline	96-98	0.320	Y	
91	Polylinie	99,98	0.280	Y	
92	Bogen	65,99,128	4.079	XZ	
93	Spline	107,100,89	1.020	XZ	
94	Bogen	109,101,91	1.020	XZ	
95	Spline	109,101,91	1.020	XZ	
96	Spline	111,102,93	1.020	XZ	
98	Spline	113,104,96	1.020	XZ	
99	Spline	98,105,115	1.020	XZ	
100	Spline	99,106,116	1.020	XZ	
101	Spline	109-107	0.280	Y	
102	Spline	111-109	0.320	Y	
103	Polylinie	111,113	3.800	Y	
105	Spline	113-115	0.320	Y	
106	Polylinie	116,115	0.280	Y	
107	Spline	123,117,107	1.020	XZ	
108	Bogen	124,118,109	1.020	XZ	
109	Spline	124,118,109	1.020	XZ	
110	Spline	125,119,111	1.020	XZ	
111	Spline	126,120,113	1.020	XZ	
112	Spline	115,121,127	1.020	XZ	



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_qfk=1,0

Datum: 13.03.2020

## 1.2 LINIEN

Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge L [m]		Kommentar
113	Spline	116,122,128	1.020	XZ	
114	Polylinie	124,123	0.280	Y	
115	Polylinie	125,124	0.320	Y	
116	Polylinie	126,125	3.800	Y	
117	Polylinie	127,126	0.320	Y	
118	Polylinie	128,127	0.280	Y	

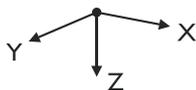
## 1.3 MATERIALIEN

Mat. Nr.	Modul E [kN/cm <sup>2</sup> ]	Modul G [kN/cm <sup>2</sup> ]	Querdehnzahl ν [-]	Spez. Gewicht γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Wärmedehn. α [1/°C]	Teilsich.-Beiwert γ <sub>M</sub> [-]	Material-Modell
1	Mauerwerk (Mauerziegel, II, 2.00, 4)   242.00	DIN 1053-100   110.00	0.100	19.61	6.00E-06	1.50	Isotrop linear elastisch
Benutzerdefiniertes Material							

## 1.4 FLÄCHEN

Fläche Nr.	Flächentyp		Begrenzungslinien Nr.	Mat. Nr.	Dicke Typ	d [mm]	Fläche A [m <sup>2</sup> ]	Gewicht G [kg]
	Geometrie	Steifigkeit						
1	Quadrangel	Standard	51,46,53,60	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
2	Quadrangel	Standard	66,72,67,60	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
3	Quadrangel	Standard	50,45,52,59	1	Konstant	640.0	0.285	358.36
4	Quadrangel	Standard	53,47,54,61	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
5	Quadrangel	Standard	55,48,54,62	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
6	Quadrangel	Standard	64,71,66,59	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
7	Quadrangel	Standard	67,73,68,61	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
8	Quadrangel	Standard	69,75,68,62	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
9	Quadrangel	Standard	36,30,37,45	1	Konstant	640.0	0.285	358.36
10	Quadrangel	Standard	38,31,39,46	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
11	Quadrangel	Standard	23,17,24,31	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
12	Quadrangel	Standard	9,3,10,17	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
13	Quadrangel	Standard	41,33,40,48	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
14	Quadrangel	Standard	26,19,25,33	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
15	Quadrangel	Standard	12,5,11,19	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
16	Quadrangel	Standard	39,32,40,47	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
17	Quadrangel	Standard	24,18,25,32	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
18	Quadrangel	Standard	10,4,11,18	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
19	Quadrangel	Standard	21,16,22,30	1	Konstant	640.0	0.285	358.36
20	Quadrangel	Standard	7,2,8,16	1	Konstant	640.0	0.285	358.36
21	Quadrangel	Standard	12,20,13,6	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
22	Quadrangel	Standard	26,34,27,20	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
23	Quadrangel	Standard	41,49,42,34	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
24	Quadrangel	Standard	55,63,56,49	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
25	Quadrangel	Standard	78,86,80,72	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
26	Quadrangel	Standard	95,102,96,86	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
27	Quadrangel	Standard	109,115,110,102	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
28	Quadrangel	Standard	83,90,82,75	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
29	Quadrangel	Standard	99,105,98,90	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
30	Quadrangel	Standard	112,117,111,105	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
31	Quadrangel	Standard	80,87,82,73	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
32	Quadrangel	Standard	96,87,98,103	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
33	Quadrangel	Standard	110,116,111,103	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
34	Quadrangel	Standard	77,85,78,71	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
35	Quadrangel	Standard	93,101,95,85	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
36	Quadrangel	Standard	112,106,113,118	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
37	Quadrangel	Standard	99,91,100,106	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
38	Quadrangel	Standard	83,76,84,91	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
39	Quadrangel	Standard	69,63,70,76	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
42	Quadrangel	Standard	107,114,109,101	1	Konstant	640.0	0.285	358.35

## 1.7 KNOTENLAGER



Lager Nr.	Knoten Nr.	Achsensystem	Stütze in Z	Lagerung bzw. Feder					
				u <sub>x</sub>	u <sub>y</sub>	u <sub>z</sub>	φ <sub>x</sub>	φ <sub>y</sub>	φ <sub>z</sub>
1	60	Global X,Y,Z	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 1.8 LINIENLAGER

Lager Nr.	Linien Nr.	Bezugs-system	Drehung β [°]	Wand in Z	Feste Stützung bzw. Einspannung					
					u <sub>x</sub>	u <sub>y</sub>	u <sub>z</sub>	φ <sub>x</sub>	φ <sub>y</sub>	φ <sub>z</sub>
1	3-5,115-117	Global		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Projekt: Röpertsberg RFEM

Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_qfk=1,0

Datum: 13.03.2020

## 2.1 LASTFÄLLE

Lastfall	LF-Bezeichnung	EN 1990 + EN 1991-2; Straßenbrücke Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung			
			Aktiv	X	Y	Z
LF1	EG Gewölbe	Ständige Lasten	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000
LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau	Ständige Lasten	<input type="checkbox"/>			
LF3	Gleichmäßig verteilte Last - vollflächig	gr4 - LM4 - Menschengedränge + Gehwegbelastung	<input type="checkbox"/>			
LF4	Gleichmäßig verteilte Last - halbseitig	gr4 - LM4 - Menschengedränge + Gehwegbelastung	<input type="checkbox"/>			

### 2.1.1 LASTFÄLLE - BERECHNUNGSPARAMETER

Lastfall	LF-Bezeichnung	Berechnungsparameter	
		Berechnungstheorie	Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen
LF1	EG Gewölbe	Berechnungstheorie	: <input type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	: <input type="radio"/> Newton-Raphson
LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau	Berechnungstheorie	: <input type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	: <input type="radio"/> Newton-Raphson
LF3	Gleichmäßig verteilte Last - vollflächig	Berechnungstheorie	: <input type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	: <input type="radio"/> Newton-Raphson
LF4	Gleichmäßig verteilte Last - halbseitig	Berechnungstheorie	: <input type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	: <input type="radio"/> Newton-Raphson

## 2.5 LASTKOMBINATIONEN

Lastkombin.	Lastkombination		Nr.	Faktor	Lastfall	
	BS	Bezeichnung			LF1	LF2
LK1	GZT	Volllast (EG ungünstig)	1	1.20	LF1	EG Gewölbe
			2	1.20	LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau
			3	1.35	LF3	Gleichmäßig verteilte Last - vollflächig
LK2	GZT	Last halbseitig (EG ungünstig)	1	1.20	LF1	EG Gewölbe
			2	1.20	LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau
			3	1.35	LF4	Gleichmäßig verteilte Last - halbseitig
LK3	GZT	Last halbseitig (EG günstig)	1	0.95	LF1	EG Gewölbe
			2	0.95	LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau
			3	1.35	LF4	Gleichmäßig verteilte Last - halbseitig
LK5	LAG	Volllast (EG ungünstig)	1	1.20	LF1	EG Gewölbe
			2	1.20	LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau
			3	1.35	LF3	Gleichmäßig verteilte Last - vollflächig
LK6	LAG	Volllast (EG günstig)	1	0.95	LF1	EG Gewölbe
			2	0.95	LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau
			3	1.35	LF3	Gleichmäßig verteilte Last - vollflächig
LK7	LAG	Unbelastet (EG ungünstig)	1	1.20	LF1	EG Gewölbe
			2	1.20	LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau
			3	0.95	LF1	EG Gewölbe
LK8	LAG	Unbelastet (EG günstig)	1	0.95	LF1	EG Gewölbe
			2	0.95	LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau

### 2.5.2 LASTKOMBINATIONEN - BERECHNUNGSPARAMETER

Lastkombin.	Bezeichnung	Berechnungsparameter	
		Berechnungstheorie	Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen
LK1	Volllast (EG ungünstig)	Berechnungstheorie	: <input type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta)
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	: <input type="radio"/> Picard
LK2	Last halbseitig (EG ungünstig)	Berechnungstheorie	: <input type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta)
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	: <input type="radio"/> Picard



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_qfk=1,0

Datum: 13.03.2020

### 2.5.2 LASTKOMBINATIONEN - BERECHNUNGSPARAMETER

Last-kombin.	Bezeichnung	Berechnungsparameter
		beziehen für: <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N <input checked="" type="checkbox"/> Querkräfte $V_y$ und $V_z$ <input checked="" type="checkbox"/> Momente $M_y$ , $M_z$ und $M_T$
		Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für $J$ , $I_y$ , $I_z$ , $A$ , $A_y$ , $A_z$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, $EI_y$ , $EI_z$ , EA, $GA_y$ , $GA_z$ )
LK3	Last halbseitig (EG günstig)	Berechnungstheorie : <input checked="" type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen : <input checked="" type="radio"/> Picard Optionen : <input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen : <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N <input checked="" type="checkbox"/> Querkräfte $V_y$ und $V_z$ <input checked="" type="checkbox"/> Momente $M_y$ , $M_z$ und $M_T$ Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für $J$ , $I_y$ , $I_z$ , $A$ , $A_y$ , $A_z$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, $EI_y$ , $EI_z$ , EA, $GA_y$ , $GA_z$ )
LK5	Volllast (EG ungünstig)	Berechnungstheorie : <input checked="" type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen : <input checked="" type="radio"/> Picard Optionen : <input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen : <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N <input checked="" type="checkbox"/> Querkräfte $V_y$ und $V_z$ <input checked="" type="checkbox"/> Momente $M_y$ , $M_z$ und $M_T$ Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für $J$ , $I_y$ , $I_z$ , $A$ , $A_y$ , $A_z$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, $EI_y$ , $EI_z$ , EA, $GA_y$ , $GA_z$ )
LK6	Volllast (EG günstig)	Berechnungstheorie : <input checked="" type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen : <input checked="" type="radio"/> Picard Optionen : <input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen : <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N <input checked="" type="checkbox"/> Querkräfte $V_y$ und $V_z$ <input checked="" type="checkbox"/> Momente $M_y$ , $M_z$ und $M_T$ Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für $J$ , $I_y$ , $I_z$ , $A$ , $A_y$ , $A_z$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, $EI_y$ , $EI_z$ , EA, $GA_y$ , $GA_z$ )
LK7	Unbelastet (EG ungünstig)	Berechnungstheorie : <input checked="" type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen : <input checked="" type="radio"/> Picard Optionen : <input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen : <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N <input checked="" type="checkbox"/> Querkräfte $V_y$ und $V_z$ <input checked="" type="checkbox"/> Momente $M_y$ , $M_z$ und $M_T$ Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für $J$ , $I_y$ , $I_z$ , $A$ , $A_y$ , $A_z$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, $EI_y$ , $EI_z$ , EA, $GA_y$ , $GA_z$ )
LK8	Unbelastet (EG günstig)	Berechnungstheorie : <input checked="" type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen : <input checked="" type="radio"/> Picard Optionen : <input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen : <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N <input checked="" type="checkbox"/> Querkräfte $V_y$ und $V_z$ <input checked="" type="checkbox"/> Momente $M_y$ , $M_z$ und $M_T$ Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: <input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für $J$ , $I_y$ , $I_z$ , $A$ , $A_y$ , $A_z$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für GJ, $EI_y$ , $EI_z$ , EA, $GA_y$ , $GA_z$ )

### 2.7 ERGEBNISKOMBINATIONEN

Ergebn.-kombin.	Bezeichnung	Belastung
EK1	GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10	LK1/s oder bis LK3
EK2	GZT (EQU) - Ständig / vorübergehend	LK5/s oder bis LK8
EK3	GZT (STR/GEO) - Außergewöhnlich - psi-1,1	LK4



Projekt: Röpersberg RFEM Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_qfk=1,0

Datum: 13.03.2020

**LF2**  
EG Erdreich/Belag/Ausbau

### ■ 3.4 FLÄCHENLASTEN

LF2: EG Erdreich/Belag/Ausbau

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Lastparameter			An Knoten Nr.
					Symbol	Wert	Einheit	
1	4,7,16-18,31-33	Kraft	Konstant	ZP	p	2.00	kN/m²	
2	1-3,5,6,8-15,19-30,34-39,42	Kraft	Konstant	ZP	p	1.60	kN/m²	
3	18	Kraft	Linear in X	ZP	p₁	41.90	kN/m²	7
					p₂	28.31	kN/m²	22
4	17	Kraft	Linear in X	ZP	p₁	18.09	kN/m²	37
					p₂	28.31	kN/m²	22
5	16	Kraft	Linear in X	ZP	p₁	18.09	kN/m²	37
					p₂	11.74	kN/m²	52
6	4	Kraft	Linear in X	ZP	p₁	9.60	kN/m²	65
					p₂	11.74	kN/m²	52
7	7	Kraft	Linear in X	ZP	p₁	9.60	kN/m²	65
					p₂	11.74	kN/m²	81
8	31	Kraft	Linear in X	ZP	p₁	18.09	kN/m²	99
					p₂	11.74	kN/m²	81
9	32	Kraft	Linear in X	ZP	p₁	18.09	kN/m²	99
					p₂	28.31	kN/m²	116
10	33	Kraft	Linear in X	ZP	p₁	41.90	kN/m²	128
					p₂	28.31	kN/m²	116
11	12,15,20,21	Kraft	Linear in X	ZP	p₁	44.10	kN/m²	7
					p₂	29.80	kN/m²	22
12	11,14,19,22	Kraft	Linear in X	ZP	p₁	19.04	kN/m²	37
					p₂	29.80	kN/m²	22
13	9,10,13,23	Kraft	Linear in X	ZP	p₁	19.04	kN/m²	37
					p₂	12.36	kN/m²	52
14	1,3,5,24	Kraft	Linear in X	ZP	p₁	10.10	kN/m²	65
					p₂	12.36	kN/m²	52
15	2,6,8,39	Kraft	Linear in X	ZP	p₁	10.10	kN/m²	65
					p₂	12.36	kN/m²	81
16	25,28,34,38	Kraft	Linear in X	ZP	p₁	19.04	kN/m²	99
					p₂	12.36	kN/m²	81
17	26,29,35,37	Kraft	Linear in X	ZP	p₁	19.04	kN/m²	99
					p₂	29.80	kN/m²	116
18	27,30,36,42	Kraft	Linear in X	ZP	p₁	44.10	kN/m²	128
					p₂	29.80	kN/m²	116

**LF3**  
Gleichmäßig verteilte Last - vollflächig

### ■ 3.4 FLÄCHENLASTEN

LF3

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Lastparameter		
					Symbol	Wert	Einheit
1	1,2,4,5,7,8,10-18,25-33	Kraft	Konstant	ZP	p	3.49	kN/m²

**LF4**  
Gleichmäßig verteilte Last - halbseitig

### ■ 3.4 FLÄCHENLASTEN

LF4: Gleichmäßig verteilte Last - halbseitig

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Lastparameter		
					Symbol	Wert	Einheit
1	1,4,5,10-18	Kraft	Konstant	ZP	p	3.49	kN/m²

### ■ 4.1 KNOTEN - LAGERKRÄFTE

Knoten Nr.	LF/LK	Lagerkräfte [kN]			Lagermomente [kNm]			
		P <sub>x</sub>	P <sub>y</sub>	P <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	
60	LF1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	EG Gewölbe
	LF2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	EG Erdreich/Belag/Ausbau
	LF3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Gleichmäßig verteilte Last - vollflächig
	LF4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Gleichmäßig verteilte Last - halbseitig
	LK1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Volllast (EG ungünstig)
	LK2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Last halbseitig (EG ungünstig)
	LK3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Last halbseitig (EG günstig)
	LK5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Volllast (EG ungünstig)
LK6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Volllast (EG günstig)	
LK7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Unbelastet (EG ungünstig)	
LK8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Unbelastet (EG günstig)	

### ■ 4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE

Linie Nr.	LF/LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Lagerkräfte [kN/m]			Lagermomente [kNm/m]		
				p <sub>x</sub>	p <sub>y</sub>	p <sub>z</sub>	m <sub>x</sub>	m <sub>y</sub>	m <sub>z</sub>
3	LF1	3	0.000	-165.20	0.00	186.18	0.00	-10.62	0.00
			0.160	-51.46	0.00	59.50	0.00	-3.84	0.00
	LF2	3	0.320	-48.97	0.00	56.57	0.00	-3.83	0.00
			0.000	-201.83	0.00	293.54	0.00	-28.13	0.00
	LF3	3	0.160	-63.72	0.00	91.92	0.00	-10.06	0.00
			0.320	-60.66	0.00	86.96	0.00	-10.01	0.00
	LF4	3	0.000	-36.29	0.00	29.04	0.00	-0.20	0.00
			0.160	-11.46	0.00	11.21	0.00	-0.31	0.00
	LF4	3	0.320	-10.87	0.00	11.21	0.00	-0.38	0.00
			0.000	-19.05	0.00	21.72	0.00	-5.69	0.00
	LK1	3	0.160	-5.53	0.00	8.97	0.00	-2.40	0.00
			0.320	-5.16	0.00	9.09	0.00	-2.47	0.00
LK1	3	0.000	-489.89	0.00	614.91	0.00	-46.72	0.00	
		0.160	-153.83	0.00	196.84	0.00	-17.06	0.00	
		0.320	-146.37	0.00	187.36	0.00	-17.09	0.00	



**4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE**

Linie Nr.	LF/LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Lagerkräfte [kN/m]			Lagermomente [kNm/m]			
				px	py	pz	mx	my	mz	
3	LK2	3	0.000	-466.58	0.00	605.03	0.00	-54.17	0.00	
			0.160	-145.81	0.00	193.82	0.00	-19.90	0.00	
			0.320	-138.65	0.00	184.49	0.00	-19.93	0.00	
	LK3	3	0.000	-374.68	0.00	485.09	0.00	-44.49	0.00	
			0.160	-116.97	0.00	155.96	0.00	-16.44	0.00	
			0.320	-111.20	0.00	148.61	0.00	-16.48	0.00	
	LK5	3	0.000	-489.89	0.00	614.91	0.00	-46.72	0.00	
			0.160	-153.83	0.00	196.84	0.00	-17.06	0.00	
			0.320	-146.37	0.00	187.36	0.00	-17.09	0.00	
	LK6	3	0.000	-397.98	0.00	494.97	0.00	-37.05	0.00	
			0.160	-124.99	0.00	158.99	0.00	-13.60	0.00	
			0.320	-118.92	0.00	151.48	0.00	-13.64	0.00	
	LK7	3	0.000	-440.81	0.00	575.70	0.00	-46.47	0.00	
			0.160	-138.33	0.00	181.71	0.00	-16.66	0.00	
			0.320	-131.67	0.00	172.23	0.00	-16.59	0.00	
	LK8	3	0.000	-348.92	0.00	455.76	0.00	-36.79	0.00	
			0.160	-109.49	0.00	143.85	0.00	-13.19	0.00	
			0.320	-104.22	0.00	136.35	0.00	-13.13	0.00	
	4	LF1	4	0.000	-48.97	0.00	56.57	0.00	-3.83	0.00
				0.152	-47.41	0.00	54.40	0.00	-3.74	0.00
				0.304	-46.89	0.00	53.58	0.00	-3.67	0.00
				0.456	-46.42	0.00	52.78	0.00	-3.60	0.00
				0.608	-46.14	0.00	52.27	0.00	-3.53	0.00
				0.760	-45.95	0.00	51.91	0.00	-3.47	0.00
0.912				-45.81	0.00	51.65	0.00	-3.43	0.00	
1.064				-45.69	0.00	51.46	0.00	-3.39	0.00	
1.216				-45.60	0.00	51.31	0.00	-3.36	0.00	
1.368				-45.52	0.00	51.21	0.00	-3.34	0.00	
1.520				-45.46	0.00	51.13	0.00	-3.33	0.00	
1.672				-45.42	0.00	51.08	0.00	-3.32	0.00	
1.824				-45.39	0.00	51.05	0.00	-3.32	0.00	
1.976				-45.37	0.00	51.04	0.00	-3.32	0.00	
2.128				-45.37	0.00	51.04	0.00	-3.32	0.00	
2.280				-45.38	0.00	51.07	0.00	-3.33	0.00	
2.432				-45.40	0.00	51.11	0.00	-3.35	0.00	
2.584				-45.43	0.00	51.18	0.00	-3.37	0.00	
2.736				-45.48	0.00	51.28	0.00	-3.40	0.00	
2.888				-45.55	0.00	51.42	0.00	-3.44	0.00	
3.040				-45.64	0.00	51.61	0.00	-3.48	0.00	
3.192		-45.76	0.00	51.90	0.00	-3.54	0.00			
3.344		-45.96	0.00	52.31	0.00	-3.61	0.00			
3.496		-46.31	0.00	52.96	0.00	-3.68	0.00			
3.648		-46.68	0.00	53.60	0.00	-3.74	0.00			
3.800		-48.11	0.00	55.67	0.00	-3.86	0.00			
LF2		4	0.000	-60.66	0.00	86.96	0.00	-10.01	0.00	
			0.152	-58.75	0.00	83.12	0.00	-9.72	0.00	
			0.304	-58.10	0.00	81.69	0.00	-9.54	0.00	
			0.456	-57.48	0.00	80.28	0.00	-9.32	0.00	
			0.608	-57.10	0.00	79.37	0.00	-9.14	0.00	
			0.760	-56.81	0.00	78.75	0.00	-9.00	0.00	
			0.912	-56.58	0.00	78.31	0.00	-8.89	0.00	
			1.064	-56.38	0.00	77.99	0.00	-8.80	0.00	
			1.216	-56.22	0.00	77.76	0.00	-8.74	0.00	
			1.368	-56.08	0.00	77.59	0.00	-8.70	0.00	
			1.520	-55.98	0.00	77.48	0.00	-8.67	0.00	
			1.672	-55.90	0.00	77.40	0.00	-8.65	0.00	
			1.824	-55.85	0.00	77.35	0.00	-8.64	0.00	
			1.976	-55.83	0.00	77.34	0.00	-8.64	0.00	
			2.128	-55.83	0.00	77.35	0.00	-8.65	0.00	
			2.280	-55.86	0.00	77.38	0.00	-8.67	0.00	
			2.432	-55.92	0.00	77.46	0.00	-8.70	0.00	
			2.584	-56.00	0.00	77.57	0.00	-8.75	0.00	
	2.736		-56.11	0.00	77.73	0.00	-8.81	0.00		
	2.888		-56.25	0.00	77.97	0.00	-8.89	0.00		
	3.040		-56.42	0.00	78.31	0.00	-9.00	0.00		
	3.192		-56.63	0.00	78.82	0.00	-9.13	0.00		
	3.344		-56.92	0.00	79.57	0.00	-9.30	0.00		
3.496	-57.35	0.00	80.76	0.00	-9.52	0.00				
3.648	-57.78	0.00	81.96	0.00	-9.71	0.00				
3.800	-59.34	0.00	85.81	0.00	-10.11	0.00				
LF3	4	0.000	-10.87	0.00	11.21	0.00	-0.38	0.00		
		0.152	-10.64	0.00	11.36	0.00	-0.47	0.00		
		0.304	-10.62	0.00	11.46	0.00	-0.52	0.00		
		0.456	-10.65	0.00	11.60	0.00	-0.58	0.00		
		0.608	-10.72	0.00	11.74	0.00	-0.62	0.00		
		0.760	-10.81	0.00	11.86	0.00	-0.66	0.00		
		0.912	-10.90	0.00	11.96	0.00	-0.68	0.00		
		1.064	-10.98	0.00	12.05	0.00	-0.70	0.00		
		1.216	-11.05	0.00	12.12	0.00	-0.72	0.00		
		1.368	-11.11	0.00	12.17	0.00	-0.73	0.00		
		1.520	-11.16	0.00	12.22	0.00	-0.74	0.00		
		1.672	-11.19	0.00	12.24	0.00	-0.75	0.00		
		1.824	-11.20	0.00	12.25	0.00	-0.75	0.00		
		1.976	-11.19	0.00	12.25	0.00	-0.75	0.00		
		2.128	-11.17	0.00	12.23	0.00	-0.75	0.00		
2.280	-11.13	0.00	12.20	0.00	-0.74	0.00				
2.432	-11.08	0.00	12.15	0.00	-0.74	0.00				
2.584	-11.00	0.00	12.09	0.00	-0.72	0.00				
2.736	-10.92	0.00	12.01	0.00	-0.71	0.00				
2.888	-10.82	0.00	11.91	0.00	-0.69	0.00				
3.040	-10.71	0.00	11.80	0.00	-0.66	0.00				
3.192	-10.61	0.00	11.66	0.00	-0.63	0.00				
3.344	-10.51	0.00	11.50	0.00	-0.58	0.00				
3.496	-10.45	0.00	11.33	0.00	-0.52	0.00				



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_qfk=1,0

Datum: 13.03.2020

### ■ 4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE

Linie Nr.	LF/LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Lagerkräfte [kN/m]			Lagermomente [kNm/m]				
				$p_x$	$p_y$	$p_z$	$m_x$	$m_y$	$m_z$		
4	LF3	4	3.648	-10.44	0.00	11.19	0.00	-0.47	0.00		
		5	3.800	-10.65	0.00	10.97	0.00	-0.36	0.00		
	LF4	4	0.000	-5.16	0.00	9.09	0.00	-2.47	0.00		
			0.152	-5.10	0.00	9.23	0.00	-2.53	0.00		
			0.304	-5.14	0.00	9.31	0.00	-2.56	0.00		
			0.456	-5.21	0.00	9.42	0.00	-2.59	0.00		
			0.608	-5.30	0.00	9.52	0.00	-2.62	0.00		
			0.760	-5.39	0.00	9.61	0.00	-2.64	0.00		
			0.912	-5.48	0.00	9.69	0.00	-2.66	0.00		
			1.064	-5.55	0.00	9.76	0.00	-2.67	0.00		
			1.216	-5.61	0.00	9.82	0.00	-2.68	0.00		
			1.368	-5.66	0.00	9.87	0.00	-2.69	0.00		
			1.520	-5.70	0.00	9.90	0.00	-2.70	0.00		
			1.672	-5.72	0.00	9.92	0.00	-2.70	0.00		
			1.824	-5.73	0.00	9.93	0.00	-2.70	0.00		
			1.976	-5.73	0.00	9.93	0.00	-2.70	0.00		
			2.128	-5.71	0.00	9.92	0.00	-2.70	0.00		
			2.280	-5.68	0.00	9.89	0.00	-2.70	0.00		
			2.432	-5.64	0.00	9.85	0.00	-2.69	0.00		
			2.584	-5.58	0.00	9.80	0.00	-2.68	0.00		
			2.736	-5.51	0.00	9.73	0.00	-2.67	0.00		
			2.888	-5.43	0.00	9.65	0.00	-2.66	0.00		
			3.040	-5.34	0.00	9.56	0.00	-2.64	0.00		
			3.192	-5.24	0.00	9.46	0.00	-2.62	0.00		
			3.344	-5.13	0.00	9.34	0.00	-2.59	0.00		
			3.496	-5.04	0.00	9.21	0.00	-2.56	0.00		
			3.648	-4.98	0.00	9.11	0.00	-2.53	0.00		
			3.800	-4.99	0.00	8.95	0.00	-2.46	0.00		
			LK1	4	0.000	-146.37	0.00	187.36	0.00	-17.09	0.00
					0.152	-141.88	0.00	180.35	0.00	-16.76	0.00
					0.304	-140.45	0.00	177.80	0.00	-16.53	0.00
					0.456	-139.18	0.00	175.33	0.00	-16.25	0.00
					0.608	-138.49	0.00	173.81	0.00	-16.01	0.00
					0.760	-138.03	0.00	172.79	0.00	-15.82	0.00
					0.912	-137.69	0.00	172.09	0.00	-15.67	0.00
					1.064	-137.43	0.00	171.60	0.00	-15.56	0.00
					1.216	-137.22	0.00	171.25	0.00	-15.47	0.00
					1.368	-137.05	0.00	170.99	0.00	-15.41	0.00
	1.520	-136.91			0.00	170.82	0.00	-15.37	0.00		
	1.672	-136.80			0.00	170.70	0.00	-15.35	0.00		
	1.824	-136.72			0.00	170.62	0.00	-15.34	0.00		
	1.976	-136.67			0.00	170.58	0.00	-15.34	0.00		
	2.128	-136.64			0.00	170.57	0.00	-15.36	0.00		
	2.280	-136.63			0.00	170.61	0.00	-15.39	0.00		
2.432	-136.65	0.00			170.68	0.00	-15.44	0.00			
2.584	-136.70	0.00			170.81	0.00	-15.50	0.00			
2.736	-136.77	0.00			171.02	0.00	-15.59	0.00			
2.888	-136.88	0.00			171.34	0.00	-15.70	0.00			
3.040	-137.05	0.00			171.83	0.00	-15.84	0.00			
3.192	-137.31	0.00			172.59	0.00	-16.03	0.00			
3.344	-137.76	0.00			173.79	0.00	-16.25	0.00			
3.496	-138.62	0.00			175.76	0.00	-16.52	0.00			
3.648	-139.57	0.00			177.78	0.00	-16.75	0.00			
3.800	-143.45	0.00			184.58	0.00	-17.22	0.00			
LK2	4	0.000			-138.65	0.00	184.49	0.00	-19.93	0.00	
		0.152			-134.39	0.00	177.47	0.00	-19.56	0.00	
		0.304			-133.04	0.00	174.89	0.00	-19.30	0.00	
		0.456			-131.83	0.00	172.39	0.00	-18.99	0.00	
		0.608			-131.16	0.00	170.82	0.00	-18.72	0.00	
		0.760			-130.70	0.00	169.76	0.00	-18.51	0.00	
		0.912			-130.36	0.00	169.03	0.00	-18.35	0.00	
		1.064			-130.09	0.00	168.51	0.00	-18.23	0.00	
		1.216			-129.86	0.00	168.14	0.00	-18.13	0.00	
		1.368			-129.67	0.00	167.88	0.00	-18.07	0.00	
		1.520	-129.53	0.00	167.69	0.00	-18.02	0.00			
		1.672	-129.41	0.00	167.57	0.00	-18.00	0.00			
		1.824	-129.33	0.00	167.49	0.00	-17.98	0.00			
		1.976	-129.28	0.00	167.45	0.00	-17.99	0.00			
		2.128	-129.25	0.00	167.45	0.00	-18.01	0.00			
		2.280	-129.26	0.00	167.49	0.00	-18.04	0.00			
		2.432	-129.30	0.00	167.57	0.00	-18.09	0.00			
		2.584	-129.37	0.00	167.72	0.00	-18.15	0.00			
		2.736	-129.46	0.00	167.95	0.00	-18.25	0.00			
		2.888	-129.60	0.00	168.29	0.00	-18.37	0.00			
		3.040	-129.78	0.00	168.82	0.00	-18.53	0.00			
		3.192	-130.05	0.00	169.62	0.00	-18.73	0.00			
		3.344	-130.49	0.00	170.87	0.00	-18.98	0.00			
		3.496	-131.30	0.00	172.90	0.00	-19.28	0.00			
		3.648	-132.19	0.00	174.98	0.00	-19.54	0.00			
		3.800	-135.80	0.00	181.86	0.00	-20.08	0.00			
		LK3	4	0.000	-111.20	0.00	148.61	0.00	-16.48	0.00	
				0.152	-107.81	0.00	143.09	0.00	-16.20	0.00	
				0.304	-106.75	0.00	141.08	0.00	-16.00	0.00	
				0.456	-105.81	0.00	139.12	0.00	-15.76	0.00	
				0.608	-105.31	0.00	137.91	0.00	-15.56	0.00	
				0.760	-104.97	0.00	137.10	0.00	-15.40	0.00	
				0.912	-104.73	0.00	136.54	0.00	-15.28	0.00	
				1.064	-104.53	0.00	136.15	0.00	-15.18	0.00	
				1.216	-104.37	0.00	135.87	0.00	-15.11	0.00	
				1.368	-104.24	0.00	135.68	0.00	-15.06	0.00	
1.520	-104.13			0.00	135.54	0.00	-15.03	0.00			
1.672	-104.04			0.00	135.45	0.00	-15.01	0.00			
1.824	-103.98	0.00	135.39	0.00	-15.00	0.00					
1.976	-103.94	0.00	135.36	0.00	-15.00	0.00					



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_qfk=1,0

Datum: 13.03.2020

### 4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE

Linie Nr.	LF/LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Lagerkräfte [kN/m]			Lagermomente [kNm/m]				
				p <sub>x</sub>	p <sub>y</sub>	p <sub>z</sub>	m <sub>x</sub>	m <sub>y</sub>	m <sub>z</sub>		
4	LK3	4	2.128	-103.92	0.00	135.35	0.00	-15.02	0.00		
			2.280	-103.92	0.00	135.38	0.00	-15.04	0.00		
			2.432	-103.93	0.00	135.43	0.00	-15.08	0.00		
			2.584	-103.97	0.00	135.53	0.00	-15.13	0.00		
			2.736	-104.03	0.00	135.70	0.00	-15.20	0.00		
			2.888	-104.11	0.00	135.95	0.00	-15.29	0.00		
			3.040	-104.23	0.00	136.34	0.00	-15.41	0.00		
			3.192	-104.42	0.00	136.94	0.00	-15.56	0.00		
			3.344	-104.74	0.00	137.90	0.00	-15.75	0.00		
			3.496	-105.35	0.00	139.47	0.00	-15.99	0.00		
			3.648	-106.03	0.00	141.09	0.00	-16.19	0.00		
			3.800	-108.90	0.00	146.49	0.00	-16.59	0.00		
			LK5	4	0.000	-146.37	0.00	187.36	0.00	-17.09	0.00
					0.152	-141.88	0.00	180.35	0.00	-16.76	0.00
					0.304	-140.45	0.00	177.80	0.00	-16.53	0.00
					0.456	-139.18	0.00	175.33	0.00	-16.25	0.00
					0.608	-138.49	0.00	173.81	0.00	-16.01	0.00
					0.760	-138.03	0.00	172.79	0.00	-15.82	0.00
	0.912	-137.69			0.00	172.09	0.00	-15.67	0.00		
	1.064	-137.43			0.00	171.60	0.00	-15.56	0.00		
	1.216	-137.22			0.00	171.25	0.00	-15.47	0.00		
	1.368	-137.05			0.00	170.99	0.00	-15.41	0.00		
	1.520	-136.91			0.00	170.82	0.00	-15.37	0.00		
	1.672	-136.80			0.00	170.70	0.00	-15.35	0.00		
	1.824	-136.72			0.00	170.62	0.00	-15.34	0.00		
	1.976	-136.67			0.00	170.58	0.00	-15.34	0.00		
	2.128	-136.64			0.00	170.57	0.00	-15.36	0.00		
	2.280	-136.63			0.00	170.61	0.00	-15.39	0.00		
	2.432	-136.65			0.00	170.68	0.00	-15.44	0.00		
	2.584	-136.70			0.00	170.81	0.00	-15.50	0.00		
	2.736	-136.77	0.00	171.02	0.00	-15.59	0.00				
	2.888	-136.88	0.00	171.34	0.00	-15.70	0.00				
	3.040	-137.05	0.00	171.83	0.00	-15.84	0.00				
	3.192	-137.31	0.00	172.59	0.00	-16.03	0.00				
	3.344	-137.76	0.00	173.79	0.00	-16.25	0.00				
	3.496	-138.62	0.00	175.76	0.00	-16.52	0.00				
	3.648	-139.57	0.00	177.78	0.00	-16.75	0.00				
	3.800	-143.45	0.00	184.58	0.00	-17.22	0.00				
LK6	4	0.000	-118.92	0.00	151.48	0.00	-13.64	0.00			
		0.152	-115.30	0.00	145.97	0.00	-13.40	0.00			
		0.304	-114.16	0.00	143.98	0.00	-13.23	0.00			
		0.456	-113.16	0.00	142.07	0.00	-13.03	0.00			
		0.608	-112.63	0.00	140.90	0.00	-12.85	0.00			
		0.760	-112.30	0.00	140.13	0.00	-12.71	0.00			
		0.912	-112.06	0.00	139.60	0.00	-12.60	0.00			
		1.064	-111.87	0.00	139.24	0.00	-12.52	0.00			
		1.216	-111.73	0.00	138.98	0.00	-12.45	0.00			
		1.368	-111.61	0.00	138.80	0.00	-12.41	0.00			
		1.520	-111.51	0.00	138.67	0.00	-12.38	0.00			
		1.672	-111.43	0.00	138.58	0.00	-12.36	0.00			
		1.824	-111.37	0.00	138.52	0.00	-12.35	0.00			
		1.976	-111.33	0.00	138.49	0.00	-12.36	0.00			
		2.128	-111.30	0.00	138.48	0.00	-12.37	0.00			
		2.280	-111.28	0.00	138.50	0.00	-12.39	0.00			
		2.432	-111.28	0.00	138.54	0.00	-12.43	0.00			
		2.584	-111.30	0.00	138.63	0.00	-12.48	0.00			
	2.736	-111.33	0.00	138.77	0.00	-12.54	0.00				
	2.888	-111.39	0.00	139.00	0.00	-12.63	0.00				
	3.040	-111.49	0.00	139.35	0.00	-12.73	0.00				
	3.192	-111.67	0.00	139.91	0.00	-12.87	0.00				
	3.344	-112.00	0.00	140.82	0.00	-13.03	0.00				
	3.496	-112.66	0.00	142.33	0.00	-13.23	0.00				
	3.648	-113.41	0.00	143.89	0.00	-13.40	0.00				
	3.800	-116.55	0.00	149.21	0.00	-13.73	0.00				
	LK7	4	0.000	-131.67	0.00	172.23	0.00	-16.59	0.00		
			0.152	-127.49	0.00	165.02	0.00	-16.13	0.00		
			0.304	-126.09	0.00	162.33	0.00	-15.83	0.00		
			0.456	-124.78	0.00	159.67	0.00	-15.48	0.00		
			0.608	-123.99	0.00	157.97	0.00	-15.18	0.00		
			0.760	-123.41	0.00	156.79	0.00	-14.94	0.00		
			0.912	-122.96	0.00	155.94	0.00	-14.76	0.00		
			1.064	-122.58	0.00	155.33	0.00	-14.61	0.00		
			1.216	-122.27	0.00	154.88	0.00	-14.51	0.00		
			1.368	-122.02	0.00	154.56	0.00	-14.43	0.00		
			1.520	-121.82	0.00	154.33	0.00	-14.38	0.00		
			1.672	-121.68	0.00	154.17	0.00	-14.34	0.00		
1.824			-121.58	0.00	154.08	0.00	-14.33	0.00			
1.976			-121.53	0.00	154.04	0.00	-14.33	0.00			
2.128			-121.53	0.00	154.06	0.00	-14.35	0.00			
2.280			-121.58	0.00	154.14	0.00	-14.39	0.00			
2.432			-121.67	0.00	154.28	0.00	-14.45	0.00			
2.584			-121.82	0.00	154.49	0.00	-14.53	0.00			
2.736	-122.01	0.00	154.81	0.00	-14.64	0.00					
2.888	-122.25	0.00	155.26	0.00	-14.78	0.00					
3.040	-122.56	0.00	155.91	0.00	-14.96	0.00					
3.192	-122.97	0.00	156.85	0.00	-15.19	0.00					
3.344	-123.55	0.00	158.26	0.00	-15.47	0.00					
3.496	-124.48	0.00	160.46	0.00	-15.83	0.00					
3.648	-125.45	0.00	162.67	0.00	-16.13	0.00					
3.800	-129.05	0.00	169.77	0.00	-16.75	0.00					
LK8	4	0.000	-104.22	0.00	136.35	0.00	-13.13	0.00			
		0.152	-100.91	0.00	130.64	0.00	-12.77	0.00			
		0.304	-99.80	0.00	128.51	0.00	-12.54	0.00			
		0.456	-98.77	0.00	126.41	0.00	-12.26	0.00			



**4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE**

Linie Nr.	LF/LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Lagerkräfte [kN/m]			Lagermomente [kNm/m]		
				p <sub>x</sub>	p <sub>y</sub>	p <sub>z</sub>	m <sub>x</sub>	m <sub>y</sub>	m <sub>z</sub>
4	LK8	4	0.608	-98.14	0.00	125.06	0.00	-12.02	0.00
			0.760	-97.68	0.00	124.12	0.00	-11.83	0.00
			0.912	-97.32	0.00	123.46	0.00	-11.69	0.00
			1.064	-97.03	0.00	122.97	0.00	-11.57	0.00
			1.216	-96.78	0.00	122.62	0.00	-11.49	0.00
			1.368	-96.59	0.00	122.36	0.00	-11.43	0.00
			1.520	-96.43	0.00	122.18	0.00	-11.38	0.00
			1.672	-96.31	0.00	122.05	0.00	-11.36	0.00
			1.824	-96.23	0.00	121.98	0.00	-11.35	0.00
			1.976	-96.20	0.00	121.95	0.00	-11.35	0.00
			2.128	-96.20	0.00	121.97	0.00	-11.37	0.00
			2.280	-96.23	0.00	122.03	0.00	-11.40	0.00
			2.432	-96.31	0.00	122.14	0.00	-11.44	0.00
			2.584	-96.42	0.00	122.31	0.00	-11.50	0.00
			2.736	-96.57	0.00	122.56	0.00	-11.59	0.00
			2.888	-96.77	0.00	122.92	0.00	-11.70	0.00
			3.040	-97.01	0.00	123.43	0.00	-11.84	0.00
			3.192	-97.34	0.00	124.17	0.00	-12.03	0.00
			3.344	-97.80	0.00	125.29	0.00	-12.25	0.00
			3.496	-98.53	0.00	127.03	0.00	-12.53	0.00
3.648	-99.30	0.00	128.78	0.00	-12.77	0.00			
3.800	-102.14	0.00	134.41	0.00	-13.26	0.00			
5	LF1	5	0.000	-48.11	0.00	55.67	0.00	-3.86	0.00
			0.160	-54.25	0.00	62.93	0.00	-4.05	0.00
	0.320	-165.37	0.00	185.35	0.00	-10.26	0.00		
	LF2	5	0.000	-59.34	0.00	85.81	0.00	-10.11	0.00
			0.160	-66.87	0.00	97.65	0.00	-10.76	0.00
	0.320	-203.07	0.00	290.74	0.00	-27.14	0.00		
	LF3	5	0.000	-10.65	0.00	10.97	0.00	-0.36	0.00
			0.160	-11.95	0.00	11.50	0.00	-0.24	0.00
	0.320	-36.98	0.00	29.69	0.00	-0.33	0.00		
	LF4	5	0.000	-4.99	0.00	8.95	0.00	-2.46	0.00
			0.160	-5.70	0.00	9.22	0.00	-2.45	0.00
	0.320	-19.65	0.00	22.09	0.00	-5.86	0.00		
	LK1	5	0.000	-143.45	0.00	184.58	0.00	-17.22	0.00
			0.160	-161.62	0.00	208.22	0.00	-18.07	0.00
	0.320	-492.52	0.00	611.46	0.00	-45.26	0.00		
	LK2	5	0.000	-135.80	0.00	181.86	0.00	-20.08	0.00
			0.160	-153.16	0.00	205.15	0.00	-21.08	0.00
	0.320	-469.08	0.00	601.20	0.00	-52.76	0.00		
	LK3	5	0.000	-108.90	0.00	146.49	0.00	-16.59	0.00
0.160			-122.84	0.00	165.01	0.00	-17.38	0.00	
0.320	-376.82	0.00	482.15	0.00	-43.42	0.00			
LK5	5	0.000	-143.45	0.00	184.58	0.00	-17.22	0.00	
		0.160	-161.62	0.00	208.22	0.00	-18.07	0.00	
0.320	-492.52	0.00	611.46	0.00	-45.26	0.00			
LK6	5	0.000	-116.55	0.00	149.21	0.00	-13.73	0.00	
		0.160	-131.29	0.00	168.07	0.00	-14.38	0.00	
0.320	-400.25	0.00	492.42	0.00	-35.93	0.00			
LK7	5	0.000	-129.05	0.00	169.77	0.00	-16.75	0.00	
		0.160	-145.46	0.00	192.70	0.00	-17.76	0.00	
0.320	-442.51	0.00	571.37	0.00	-44.83	0.00			
LK8	5	0.000	-102.14	0.00	134.41	0.00	-13.26	0.00	
		0.160	-115.14	0.00	152.55	0.00	-14.06	0.00	
0.320	-350.25	0.00	452.32	0.00	-35.50	0.00			
115	LF1	125	0.000	48.20	0.00	55.75	0.00	3.86	0.00
			0.160	54.37	0.00	63.03	0.00	4.05	0.00
			0.320	165.80	0.00	185.69	0.00	10.26	0.00
	LF2	125	0.000	59.46	0.00	85.91	0.00	10.11	0.00
			0.160	67.03	0.00	97.79	0.00	10.76	0.00
			0.320	203.65	0.00	291.18	0.00	27.13	0.00
	LF3	125	0.000	10.67	0.00	10.99	0.00	0.35	0.00
			0.160	11.98	0.00	11.52	0.00	0.24	0.00
			0.320	37.08	0.00	29.76	0.00	0.32	0.00
	LF4	125	0.000	5.67	0.00	2.03	0.00	-2.11	0.00
			0.160	6.27	0.00	2.28	0.00	-2.22	0.00
			0.320	17.40	0.00	7.63	0.00	-5.54	0.00
	LK1	125	0.000	143.73	0.00	184.82	0.00	17.22	0.00
			0.160	161.99	0.00	208.53	0.00	18.07	0.00
			0.320	493.87	0.00	612.48	0.00	45.24	0.00
	LK2	125	0.000	136.97	0.00	172.72	0.00	13.88	0.00
			0.160	154.28	0.00	196.06	0.00	14.74	0.00
			0.320	467.25	0.00	582.60	0.00	37.31	0.00
	LK3	125	0.000	110.01	0.00	137.31	0.00	10.40	0.00
			0.160	123.88	0.00	155.85	0.00	11.05	0.00
			0.320	374.73	0.00	463.36	0.00	27.98	0.00
	LK5	125	0.000	143.73	0.00	184.82	0.00	17.22	0.00
			0.160	161.99	0.00	208.53	0.00	18.07	0.00
			0.320	493.87	0.00	612.48	0.00	45.24	0.00
LK6	125	0.000	116.77	0.00	149.41	0.00	13.73	0.00	
		0.160	131.59	0.00	168.32	0.00	14.37	0.00	
		0.320	401.35	0.00	493.24	0.00	35.91	0.00	
LK7	125	0.000	129.30	0.00	169.99	0.00	16.75	0.00	
		0.160	145.80	0.00	192.98	0.00	17.75	0.00	
		0.320	443.72	0.00	572.29	0.00	44.82	0.00	
LK8	125	0.000	102.35	0.00	134.58	0.00	13.26	0.00	
		0.160	115.40	0.00	152.77	0.00	14.06	0.00	
		0.320	351.22	0.00	453.06	0.00	35.49	0.00	
116	LF1	126	0.000	48.21	0.00	55.73	0.00	3.84	0.00
			0.152	46.76	0.00	53.65	0.00	3.73	0.00
			0.304	46.38	0.00	53.00	0.00	3.67	0.00
			0.456	46.02	0.00	52.35	0.00	3.59	0.00
			0.608	45.81	0.00	51.93	0.00	3.53	0.00
			0.760	45.67	0.00	51.64	0.00	3.48	0.00
			0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_qfk=1,0

Datum: 13.03.2020

■ 4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE

Linie Nr.	LF/LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Lagerkräfte [kN/m]			Lagermomente [kNm/m]			
				$p_x$	$p_y$	$p_z$	$m_x$	$m_y$	$m_z$	
116	LF1	126	0.912	45.57	0.00	51.44	0.00	3.44	0.00	
			1.064	45.49	0.00	51.29	0.00	3.40	0.00	
			1.216	45.43	0.00	51.19	0.00	3.38	0.00	
			1.368	45.39	0.00	51.11	0.00	3.36	0.00	
			1.520	45.35	0.00	51.06	0.00	3.34	0.00	
			1.672	45.33	0.00	51.03	0.00	3.34	0.00	
			1.824	45.32	0.00	51.01	0.00	3.33	0.00	
			1.976	45.32	0.00	51.01	0.00	3.33	0.00	
			2.128	45.33	0.00	51.03	0.00	3.34	0.00	
			2.280	45.35	0.00	51.06	0.00	3.35	0.00	
			2.432	45.38	0.00	51.11	0.00	3.36	0.00	
			2.584	45.43	0.00	51.19	0.00	3.38	0.00	
			2.736	45.49	0.00	51.30	0.00	3.41	0.00	
			2.888	45.57	0.00	51.44	0.00	3.45	0.00	
			3.040	45.67	0.00	51.65	0.00	3.49	0.00	
			3.192	45.80	0.00	51.93	0.00	3.54	0.00	
			3.344	46.01	0.00	52.36	0.00	3.61	0.00	
			3.496	46.37	0.00	53.01	0.00	3.69	0.00	
	3.648	46.75	0.00	53.67	0.00	3.75	0.00			
	3.800	48.20	0.00	55.75	0.00	3.86	0.00			
			125	3.800						
		LF2	126	0.000	59.47	0.00	85.89	0.00	10.09	0.00
	0.152			57.88	0.00	82.03	0.00	9.69	0.00	
	0.304			57.44	0.00	80.83	0.00	9.51	0.00	
	0.456			56.99	0.00	79.63	0.00	9.29	0.00	
	0.608			56.69	0.00	78.86	0.00	9.12	0.00	
	0.760			56.46	0.00	78.35	0.00	8.99	0.00	
	0.912			56.28	0.00	78.00	0.00	8.89	0.00	
	1.064			56.13	0.00	77.76	0.00	8.81	0.00	
	1.216			56.00	0.00	77.59	0.00	8.76	0.00	
	1.368			55.90	0.00	77.47	0.00	8.71	0.00	
	1.520			55.83	0.00	77.39	0.00	8.69	0.00	
	1.672			55.78	0.00	77.34	0.00	8.67	0.00	
	1.824			55.76	0.00	77.31	0.00	8.66	0.00	
	1.976			55.76	0.00	77.31	0.00	8.66	0.00	
	2.128			55.78	0.00	77.34	0.00	8.67	0.00	
	2.280			55.83	0.00	77.39	0.00	8.69	0.00	
	2.432			55.90	0.00	77.47	0.00	8.72	0.00	
2.584	56.00			0.00	77.59	0.00	8.76	0.00		
2.736	56.13			0.00	77.76	0.00	8.82	0.00		
2.888	56.28			0.00	78.01	0.00	8.90	0.00		
3.040	56.46	0.00	78.36	0.00	9.00	0.00				
3.192	56.69	0.00	78.87	0.00	9.14	0.00				
3.344	56.99	0.00	79.64	0.00	9.31	0.00				
3.496	57.43	0.00	80.84	0.00	9.52	0.00				
3.648	57.88	0.00	82.04	0.00	9.71	0.00				
		125	3.800	59.46	0.00	85.91	0.00	10.11	0.00	
	LF3	126	0.000	10.68	0.00	10.99	0.00	0.35	0.00	
0.152			10.46	0.00	11.21	0.00	0.47	0.00		
0.304			10.47	0.00	11.34	0.00	0.52	0.00		
0.456			10.53	0.00	11.51	0.00	0.58	0.00		
0.608			10.62	0.00	11.67	0.00	0.62	0.00		
0.760			10.72	0.00	11.80	0.00	0.66	0.00		
0.912			10.83	0.00	11.92	0.00	0.69	0.00		
1.064			10.92	0.00	12.02	0.00	0.71	0.00		
1.216			11.01	0.00	12.09	0.00	0.73	0.00		
1.368			11.07	0.00	12.16	0.00	0.74	0.00		
1.520			11.13	0.00	12.20	0.00	0.75	0.00		
1.672			11.16	0.00	12.23	0.00	0.75	0.00		
1.824			11.18	0.00	12.25	0.00	0.75	0.00		
1.976			11.18	0.00	12.25	0.00	0.75	0.00		
2.128			11.16	0.00	12.23	0.00	0.75	0.00		
2.280			11.12	0.00	12.20	0.00	0.75	0.00		
2.432			11.07	0.00	12.16	0.00	0.74	0.00		
2.584			11.00	0.00	12.09	0.00	0.73	0.00		
2.736			10.92	0.00	12.02	0.00	0.71	0.00		
2.888			10.82	0.00	11.92	0.00	0.69	0.00		
3.040	10.72	0.00	11.80	0.00	0.66	0.00				
3.192	10.61	0.00	11.67	0.00	0.63	0.00				
3.344	10.52	0.00	11.51	0.00	0.58	0.00				
3.496	10.46	0.00	11.34	0.00	0.52	0.00				
3.648	10.45	0.00	11.20	0.00	0.47	0.00				
		125	3.800	10.67	0.00	10.99	0.00	0.35	0.00	
	LF4	126	0.000	5.67	0.00	2.03	0.00	-2.11	0.00	
0.152			5.47	0.00	2.08	0.00	-2.06	0.00		
0.304			5.42	0.00	2.12	0.00	-2.04	0.00		
0.456			5.38	0.00	2.17	0.00	-2.01	0.00		
0.608			5.37	0.00	2.21	0.00	-1.99	0.00		
0.760			5.38	0.00	2.24	0.00	-1.98	0.00		
0.912			5.39	0.00	2.26	0.00	-1.97	0.00		
1.064			5.41	0.00	2.28	0.00	-1.96	0.00		
1.216			5.42	0.00	2.29	0.00	-1.96	0.00		
1.368			5.44	0.00	2.30	0.00	-1.95	0.00		
1.520			5.45	0.00	2.31	0.00	-1.95	0.00		
1.672			5.45	0.00	2.31	0.00	-1.95	0.00		
1.824			5.46	0.00	2.32	0.00	-1.95	0.00		
1.976			5.46	0.00	2.32	0.00	-1.95	0.00		
2.128			5.46	0.00	2.31	0.00	-1.95	0.00		
2.280			5.45	0.00	2.31	0.00	-1.95	0.00		
2.432			5.44	0.00	2.30	0.00	-1.95	0.00		
2.584			5.42	0.00	2.29	0.00	-1.96	0.00		
2.736	5.41	0.00	2.28	0.00	-1.96	0.00				
2.888	5.39	0.00	2.26	0.00	-1.97	0.00				
3.040	5.38	0.00	2.24	0.00	-1.98	0.00				
3.192	5.37	0.00	2.21	0.00	-1.99	0.00				



## ■ 4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE

Linie Nr.	LF/LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Lagerkräfte [kN/m]			Lagermomente [kNm/m]				
				px	py	pz	mx	my	mz		
116	LF4	126	3.344	5.38	0.00	2.17	0.00	-2.01	0.00		
			3.496	5.42	0.00	2.12	0.00	-2.04	0.00		
			3.648	5.47	0.00	2.08	0.00	-2.06	0.00		
		125	3.800	5.67	0.00	2.03	0.00	-2.11	0.00		
			LK1	126	0.000	143.77	0.00	184.77	0.00	17.16	0.00
					0.152	139.82	0.00	177.94	0.00	16.71	0.00
	0.304	138.83			0.00	175.91	0.00	16.48	0.00		
	0.456	137.94			0.00	173.92	0.00	16.22	0.00		
	0.608	137.45			0.00	172.70	0.00	16.01	0.00		
	0.760	137.15			0.00	171.93	0.00	15.83	0.00		
	125	126	0.912	136.96	0.00	171.42	0.00	15.70	0.00		
			1.064	136.81	0.00	171.09	0.00	15.59	0.00		
1.216			136.70	0.00	170.86	0.00	15.51	0.00			
1.368			136.62	0.00	170.71	0.00	15.46	0.00			
1.520			136.56	0.00	170.61	0.00	15.42	0.00			
1.672			136.52	0.00	170.55	0.00	15.39	0.00			
125	126	1.824	136.50	0.00	170.52	0.00	15.38	0.00			
		1.976	136.50	0.00	170.52	0.00	15.39	0.00			
		2.128	136.51	0.00	170.55	0.00	15.40	0.00			
		2.280	136.55	0.00	170.61	0.00	15.43	0.00			
		2.432	136.61	0.00	170.71	0.00	15.47	0.00			
		2.584	136.69	0.00	170.86	0.00	15.53	0.00			
		2.736	136.80	0.00	171.09	0.00	15.62	0.00			
		2.888	136.94	0.00	171.43	0.00	15.72	0.00			
		3.040	137.14	0.00	171.94	0.00	15.86	0.00			
	125	126	3.192	137.44	0.00	172.72	0.00	16.04	0.00		
			3.344	137.92	0.00	173.93	0.00	16.26	0.00		
			3.496	138.81	0.00	175.93	0.00	16.53	0.00		
			3.648	139.79	0.00	177.97	0.00	16.76	0.00		
			3.800	143.73	0.00	184.82	0.00	17.22	0.00		
			LK2	126	0.000	136.99	0.00	172.67	0.00	13.83	0.00
					0.152	133.06	0.00	165.63	0.00	13.29	0.00
					0.304	132.00	0.00	163.46	0.00	13.03	0.00
					0.456	130.98	0.00	161.30	0.00	12.72	0.00
0.608	130.36	0.00			159.93	0.00	12.47	0.00			
0.760	129.92	0.00			159.01	0.00	12.27	0.00			
0.912	129.60	0.00			158.38	0.00	12.11	0.00			
1.064	129.35	0.00			157.94	0.00	11.98	0.00			
1.216	129.15	0.00			157.63	0.00	11.89	0.00			
125	126	1.368	128.99	0.00	157.40	0.00	11.82	0.00			
		1.520	128.88	0.00	157.26	0.00	11.77	0.00			
		1.672	128.80	0.00	157.16	0.00	11.74	0.00			
		1.824	128.76	0.00	157.12	0.00	11.73	0.00			
		1.976	128.76	0.00	157.12	0.00	11.73	0.00			
		2.128	128.80	0.00	157.16	0.00	11.75	0.00			
		2.280	128.88	0.00	157.26	0.00	11.78	0.00			
		2.432	128.99	0.00	157.41	0.00	11.83	0.00			
		2.584	129.15	0.00	157.63	0.00	11.90	0.00			
125	126	2.736	129.34	0.00	157.95	0.00	12.00	0.00			
		2.888	129.60	0.00	158.39	0.00	12.13	0.00			
		3.040	129.92	0.00	159.02	0.00	12.29	0.00			
		3.192	130.35	0.00	159.94	0.00	12.50	0.00			
		3.344	130.98	0.00	161.32	0.00	12.76	0.00			
		3.496	131.99	0.00	163.48	0.00	13.07	0.00			
		3.648	133.05	0.00	165.66	0.00	13.34	0.00			
		3.800	136.97	0.00	172.72	0.00	13.88	0.00			
		125	126	0.000	110.03	0.00	137.27	0.00	10.36	0.00	
0.152	106.86			0.00	131.71	0.00	9.95	0.00			
0.304	106.01			0.00	130.00	0.00	9.75	0.00			
0.456	105.19			0.00	128.30	0.00	9.51	0.00			
0.608	104.69			0.00	127.23	0.00	9.31	0.00			
0.760	104.35			0.00	126.51	0.00	9.16	0.00			
0.912	104.10			0.00	126.02	0.00	9.03	0.00			
1.064	103.91			0.00	125.68	0.00	8.94	0.00			
1.216	103.75			0.00	125.43	0.00	8.86	0.00			
125	126		1.368	103.63	0.00	125.26	0.00	8.81	0.00		
			1.520	103.54	0.00	125.14	0.00	8.77	0.00		
			1.672	103.49	0.00	125.07	0.00	8.75	0.00		
			1.824	103.46	0.00	125.04	0.00	8.74	0.00		
			1.976	103.46	0.00	125.04	0.00	8.74	0.00		
			2.128	103.49	0.00	125.07	0.00	8.75	0.00		
			2.280	103.54	0.00	125.15	0.00	8.78	0.00		
			2.432	103.63	0.00	125.26	0.00	8.82	0.00		
			2.584	103.75	0.00	125.44	0.00	8.88	0.00		
125	126	2.736	103.90	0.00	125.68	0.00	8.95	0.00			
		2.888	104.10	0.00	126.03	0.00	9.05	0.00			
		3.040	104.35	0.00	126.52	0.00	9.18	0.00			
		3.192	104.69	0.00	127.24	0.00	9.34	0.00			
		3.344	105.19	0.00	128.32	0.00	9.54	0.00			
		3.496	106.00	0.00	130.02	0.00	9.78	0.00			
		3.648	106.85	0.00	131.74	0.00	9.98	0.00			
		3.800	110.01	0.00	137.31	0.00	10.40	0.00			
		125	126	0.000	143.77	0.00	184.77	0.00	17.16	0.00	
0.152	139.82			0.00	177.94	0.00	16.71	0.00			
0.304	138.83			0.00	175.91	0.00	16.48	0.00			
0.456	137.94			0.00	173.92	0.00	16.22	0.00			
0.608	137.45			0.00	172.70	0.00	16.01	0.00			
0.760	137.15			0.00	171.93	0.00	15.83	0.00			
125	126		0.912	136.96	0.00	171.42	0.00	15.70	0.00		
			1.064	136.81	0.00	171.09	0.00	15.59	0.00		
			1.216	136.70	0.00	170.86	0.00	15.51	0.00		
			1.368	136.62	0.00	170.71	0.00	15.46	0.00		
			1.520	136.56	0.00	170.61	0.00	15.42	0.00		
			1.672	136.52	0.00	170.55	0.00	15.39	0.00		



**4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE**

Linie Nr.	LF/LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Lagerkräfte [kN/m]			Lagermomente [kNm/m]					
				px	py	pz	m <sub>x</sub>	m <sub>y</sub>	m <sub>z</sub>			
116	LK5	126	1.824	136.50	0.00	170.52	0.00	15.38	0.00			
			1.976	136.50	0.00	170.52	0.00	15.39	0.00			
			2.128	136.51	0.00	170.55	0.00	15.40	0.00			
			2.280	136.55	0.00	170.61	0.00	15.43	0.00			
			2.432	136.61	0.00	170.71	0.00	15.47	0.00			
			2.584	136.69	0.00	170.86	0.00	15.53	0.00			
			2.736	136.80	0.00	171.09	0.00	15.62	0.00			
			2.888	136.94	0.00	171.43	0.00	15.72	0.00			
			3.040	137.14	0.00	171.94	0.00	15.86	0.00			
			3.192	137.44	0.00	172.72	0.00	16.04	0.00			
			3.344	137.92	0.00	173.93	0.00	16.26	0.00			
			3.496	138.81	0.00	175.93	0.00	16.53	0.00			
			3.648	139.79	0.00	177.97	0.00	16.76	0.00			
			3.800	143.73	0.00	184.82	0.00	17.22	0.00			
						0.000	116.80	0.00	149.37	0.00	13.68	0.00
						0.152	113.61	0.00	144.02	0.00	13.36	0.00
						0.304	112.84	0.00	142.45	0.00	13.20	0.00
						0.456	112.15	0.00	140.92	0.00	13.01	0.00
						0.608	111.79	0.00	140.01	0.00	12.85	0.00
						0.760	111.58	0.00	139.43	0.00	12.72	0.00
						0.912	111.45	0.00	139.06	0.00	12.62	0.00
						1.064	111.36	0.00	138.82	0.00	12.55	0.00
						1.216	111.30	0.00	138.66	0.00	12.49	0.00
						1.368	111.26	0.00	138.56	0.00	12.45	0.00
						1.520	111.22	0.00	138.50	0.00	12.42	0.00
				1.672	111.20	0.00	138.46	0.00	12.40	0.00		
				1.824	111.19	0.00	138.44	0.00	12.39	0.00		
				1.976	111.19	0.00	138.44	0.00	12.40	0.00		
				2.128	111.20	0.00	138.46	0.00	12.41	0.00		
				2.280	111.22	0.00	138.50	0.00	12.43	0.00		
				2.432	111.25	0.00	138.56	0.00	12.46	0.00		
				2.584	111.29	0.00	138.67	0.00	12.50	0.00		
				2.736	111.36	0.00	138.83	0.00	12.57	0.00		
				2.888	111.44	0.00	139.07	0.00	12.65	0.00		
				3.040	111.57	0.00	139.44	0.00	12.75	0.00		
				3.192	111.78	0.00	140.02	0.00	12.88	0.00		
				3.344	112.13	0.00	140.94	0.00	13.04	0.00		
				3.496	112.82	0.00	142.47	0.00	13.24	0.00		
				3.648	113.59	0.00	144.05	0.00	13.40	0.00		
				3.800	116.77	0.00	149.41	0.00	13.73	0.00		
				0.000	129.32	0.00	169.94	0.00	16.69	0.00		
				0.152	125.67	0.00	162.82	0.00	16.08	0.00		
				0.304	124.67	0.00	160.59	0.00	15.79	0.00		
				0.456	123.70	0.00	158.37	0.00	15.45	0.00		
				0.608	123.09	0.00	156.95	0.00	15.17	0.00		
				0.760	122.65	0.00	155.99	0.00	14.95	0.00		
				0.912	122.31	0.00	155.33	0.00	14.77	0.00		
				1.064	122.04	0.00	154.86	0.00	14.64	0.00		
				1.216	121.82	0.00	154.53	0.00	14.54	0.00		
				1.368	121.64	0.00	154.30	0.00	14.47	0.00		
				1.520	121.51	0.00	154.14	0.00	14.42	0.00		
			1.672	121.42	0.00	154.04	0.00	14.39	0.00			
			1.824	121.38	0.00	153.99	0.00	14.37	0.00			
			1.976	121.38	0.00	153.99	0.00	14.37	0.00			
			2.128	121.42	0.00	154.04	0.00	14.39	0.00			
			2.280	121.51	0.00	154.14	0.00	14.43	0.00			
			2.432	121.64	0.00	154.30	0.00	14.48	0.00			
			2.584	121.81	0.00	154.53	0.00	14.56	0.00			
			2.736	122.03	0.00	154.87	0.00	14.66	0.00			
			2.888	122.31	0.00	155.34	0.00	14.80	0.00			
			3.040	122.65	0.00	156.00	0.00	14.98	0.00			
			3.192	123.09	0.00	156.96	0.00	15.20	0.00			
			3.344	123.70	0.00	158.39	0.00	15.48	0.00			
			3.496	124.66	0.00	160.62	0.00	15.83	0.00			
			3.648	125.66	0.00	162.85	0.00	16.13	0.00			
			3.800	129.30	0.00	169.99	0.00	16.75	0.00			
			0.000	102.36	0.00	134.54	0.00	13.22	0.00			
			0.152	99.47	0.00	128.90	0.00	12.74	0.00			
			0.304	98.68	0.00	127.14	0.00	12.50	0.00			
			0.456	97.92	0.00	125.38	0.00	12.23	0.00			
			0.608	97.43	0.00	124.25	0.00	12.01	0.00			
			0.760	97.08	0.00	123.49	0.00	11.84	0.00			
			0.912	96.82	0.00	122.97	0.00	11.70	0.00			
			1.064	96.60	0.00	122.60	0.00	11.59	0.00			
			1.216	96.42	0.00	122.34	0.00	11.52	0.00			
			1.368	96.28	0.00	122.15	0.00	11.46	0.00			
			1.520	96.18	0.00	122.03	0.00	11.42	0.00			
			1.672	96.11	0.00	121.95	0.00	11.39	0.00			
			1.824	96.08	0.00	121.91	0.00	11.38	0.00			
			1.976	96.08	0.00	121.91	0.00	11.38	0.00			
			2.128	96.11	0.00	121.95	0.00	11.40	0.00			
			2.280	96.18	0.00	122.03	0.00	11.42	0.00			
			2.432	96.28	0.00	122.15	0.00	11.47	0.00			
			2.584	96.42	0.00	122.34	0.00	11.53	0.00			
			2.736	96.60	0.00	122.60	0.00	11.61	0.00			
			2.888	96.81	0.00	122.98	0.00	11.72	0.00			
			3.040	97.08	0.00	123.50	0.00	11.86	0.00			
			3.192	97.43	0.00	124.26	0.00	12.04	0.00			
			3.344	97.91	0.00	125.39	0.00	12.26	0.00			
			3.496	98.67	0.00	127.16	0.00	12.54	0.00			
			3.648	99.46	0.00	128.92	0.00	12.77	0.00			
			3.800	102.35	0.00	134.58	0.00	13.26	0.00			
			0.000	165.84	0.00	185.60	0.00	10.19	0.00			
			0.160	54.39	0.00	63.00	0.00	4.03	0.00			
117	LF1	127	0.000	165.84	0.00	185.60	0.00	10.19	0.00			
			0.160	54.39	0.00	63.00	0.00	4.03	0.00			



Projekt: Röpertsberg RFEM

Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_ qfk=1,0

Datum: 13.03.2020

**4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE**

Linie Nr.	LF/LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Lagerkräfte [kN/m]			Lagermomente [kNm/m]		
				p <sub>x</sub>	p <sub>y</sub>	p <sub>z</sub>	m <sub>x</sub>	m <sub>y</sub>	m <sub>z</sub>
117	LF1	126	0.320	48.21	0.00	55.73	0.00	3.84	0.00
	LF2	127	0.000	203.68	0.00	291.06	0.00	27.05	0.00
			0.160	67.04	0.00	97.75	0.00	10.73	0.00
		126	0.320	59.47	0.00	85.89	0.00	10.09	0.00
	LF3	127	0.000	37.13	0.00	29.77	0.00	0.31	0.00
			0.160	11.99	0.00	11.52	0.00	0.23	0.00
		126	0.320	10.68	0.00	10.99	0.00	0.35	0.00
	LF4	127	0.000	17.39	0.00	7.63	0.00	-5.54	0.00
			0.160	6.27	0.00	2.28	0.00	-2.22	0.00
		126	0.320	5.67	0.00	2.03	0.00	-2.11	0.00
	LK1	127	0.000	494.02	0.00	612.23	0.00	45.05	0.00
			0.160	162.04	0.00	208.46	0.00	18.00	0.00
		126	0.320	143.77	0.00	184.77	0.00	17.16	0.00
	LK2	127	0.000	467.32	0.00	582.34	0.00	37.14	0.00
			0.160	154.30	0.00	195.98	0.00	14.68	0.00
		126	0.320	136.99	0.00	172.67	0.00	13.83	0.00
	LK3	127	0.000	374.79	0.00	463.15	0.00	27.85	0.00
			0.160	123.90	0.00	155.79	0.00	11.00	0.00
		126	0.320	110.03	0.00	137.27	0.00	10.36	0.00
	LK5	127	0.000	494.02	0.00	612.23	0.00	45.05	0.00
			0.160	162.04	0.00	208.46	0.00	18.00	0.00
		126	0.320	143.77	0.00	184.77	0.00	17.16	0.00
	LK6	127	0.000	401.47	0.00	493.05	0.00	35.75	0.00
			0.160	131.63	0.00	168.27	0.00	14.32	0.00
		126	0.320	116.80	0.00	149.37	0.00	13.68	0.00
	LK7	127	0.000	443.81	0.00	572.04	0.00	44.65	0.00
			0.160	145.82	0.00	192.91	0.00	17.69	0.00
		126	0.320	129.32	0.00	169.94	0.00	16.69	0.00
	LK8	127	0.000	351.28	0.00	452.85	0.00	35.35	0.00
			0.160	115.42	0.00	152.72	0.00	14.01	0.00
		126	0.320	102.36	0.00	134.54	0.00	13.22	0.00
Σ Lager	LF1			0.00	0.00	511.92			
Σ Laste	LF1			0.00	0.00	511.92			
Σ Lager	LF2			0.00	0.00	782.41			
Σ Laste	LF2			0.00	0.00	782.41			
Σ Lager	LF3			0.00	0.00	110.33			
Σ Laste	LF3			0.00	0.00	110.33			
Σ Lager	LF4			0.00	0.00	55.16			
Σ Laste	LF4			0.00	0.00	55.16			
Σ Lager	LK1			0.00	0.00	1702.15			
Σ Laste	LK1			0.00	0.00	1702.15			
Σ Lager	LK2			0.00	0.00	1627.68			
Σ Laste	LK2			0.00	0.00	1627.68			
Σ Lager	LK3			0.00	0.00	1304.09			
Σ Laste	LK3			0.00	0.00	1304.09			
Σ Lager	LK5			0.00	0.00	1702.15			
Σ Laste	LK5			0.00	0.00	1702.15			
Σ Lager	LK6			0.00	0.00	1378.56			
Σ Laste	LK6			0.00	0.00	1378.56			
Σ Lager	LK7			0.00	0.00	1553.20			
Σ Laste	LK7			0.00	0.00	1553.20			
Σ Lager	LK8			0.00	0.00	1229.62			
Σ Laste	LK8			0.00	0.00	1229.62			

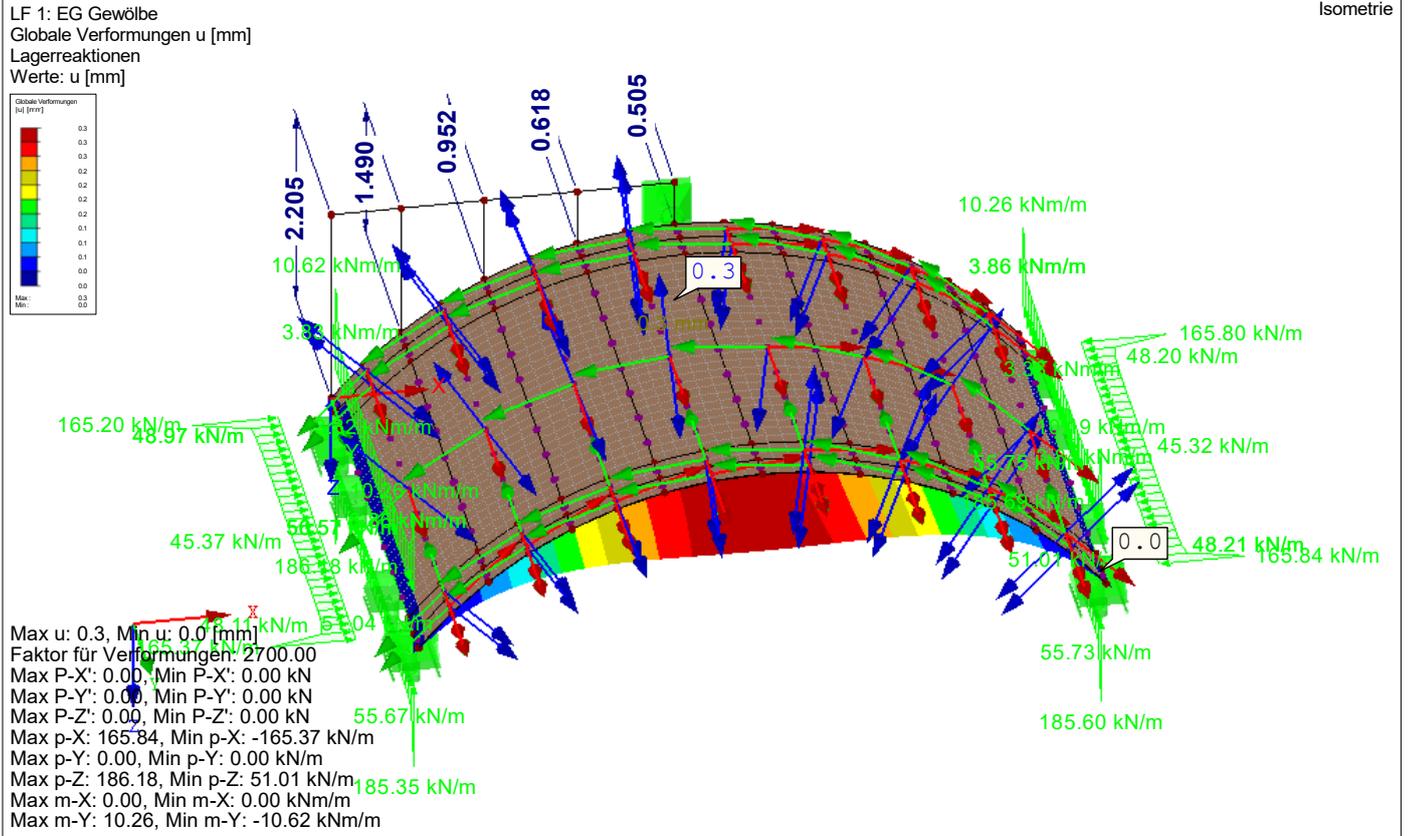


Projekt: Röpersberg RFEM

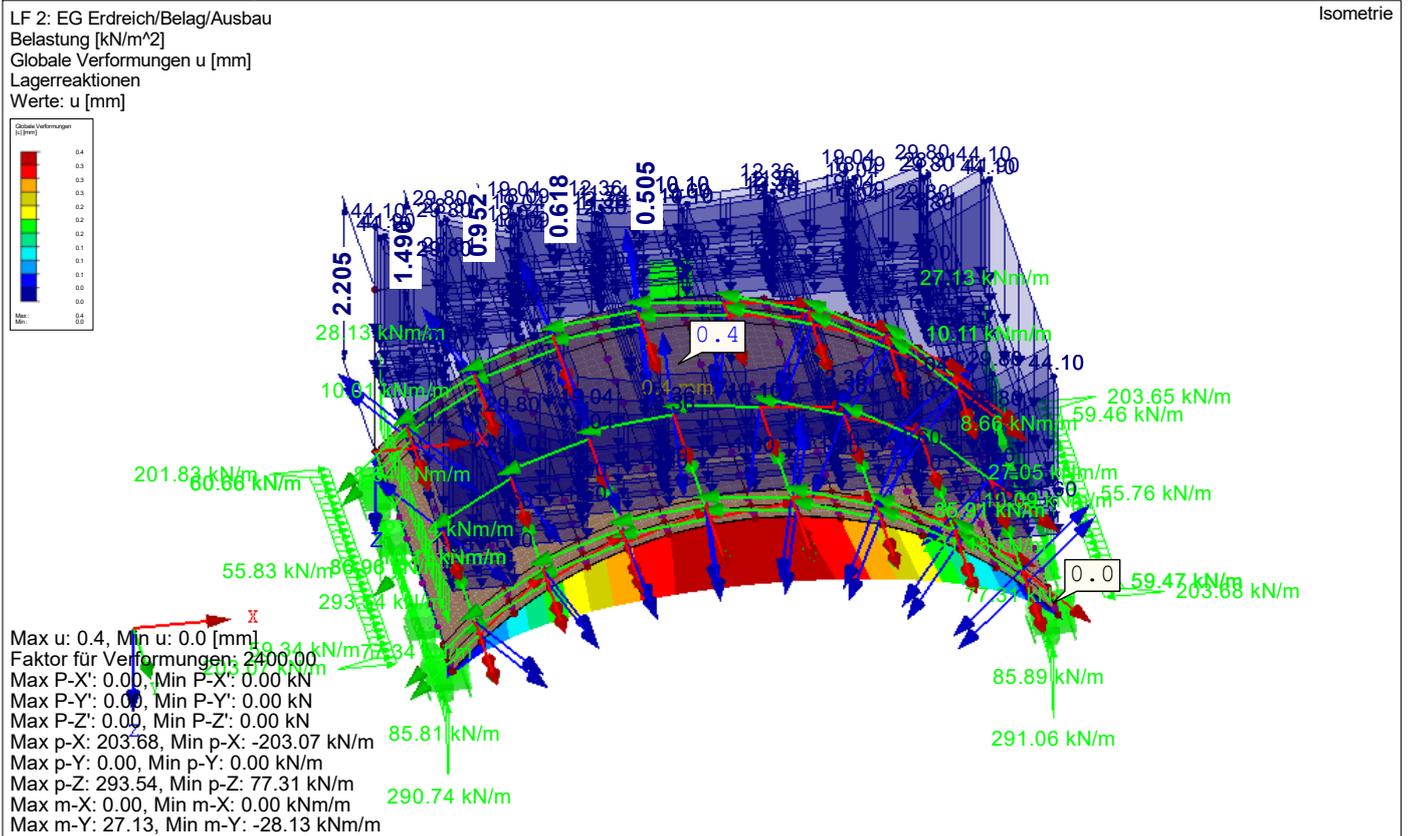
Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_qfk=1,0

Datum: 13.03.2020

### ■ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN



### ■ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN





Projekt: Röpersberg RFEM

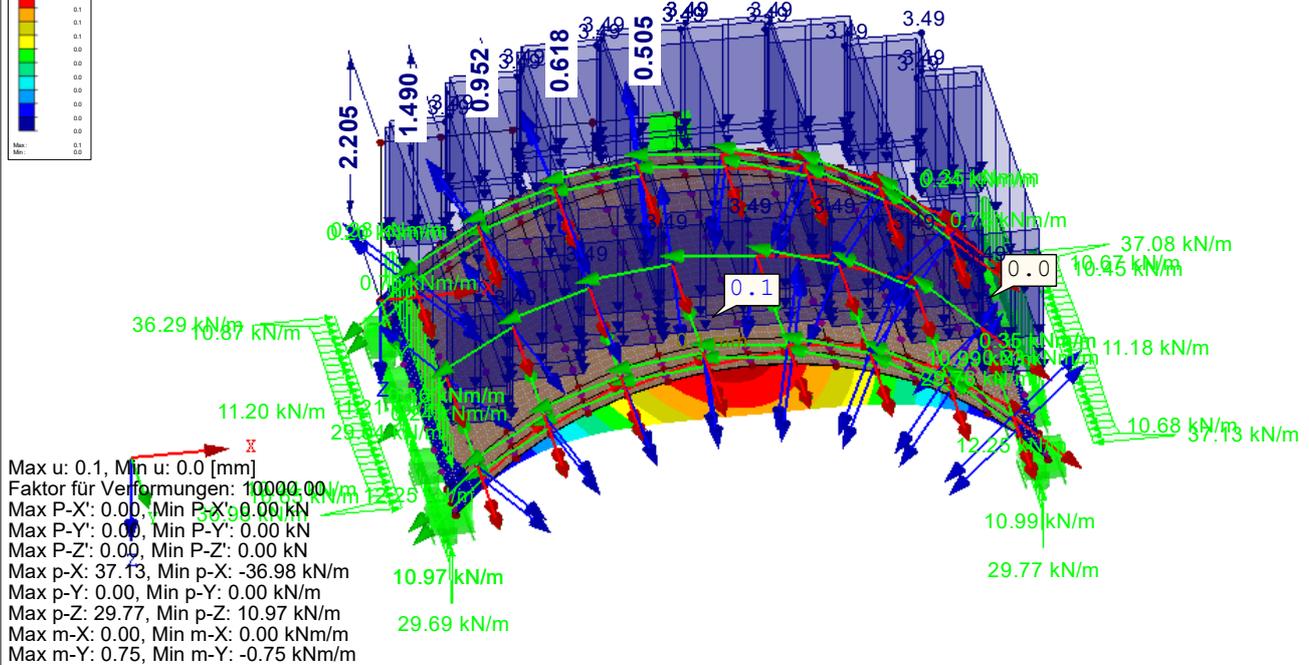
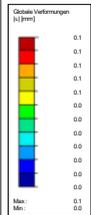
Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_qfk=1,0

Datum: 13.03.2020

### ■ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN

LF 3: Gleichmäßig verteilte Last - vollflächig  
Belastung [kN/m<sup>2</sup>]  
Globale Verformungen u [mm]  
Lagerreaktionen  
Werte: u [mm]

Isometrie

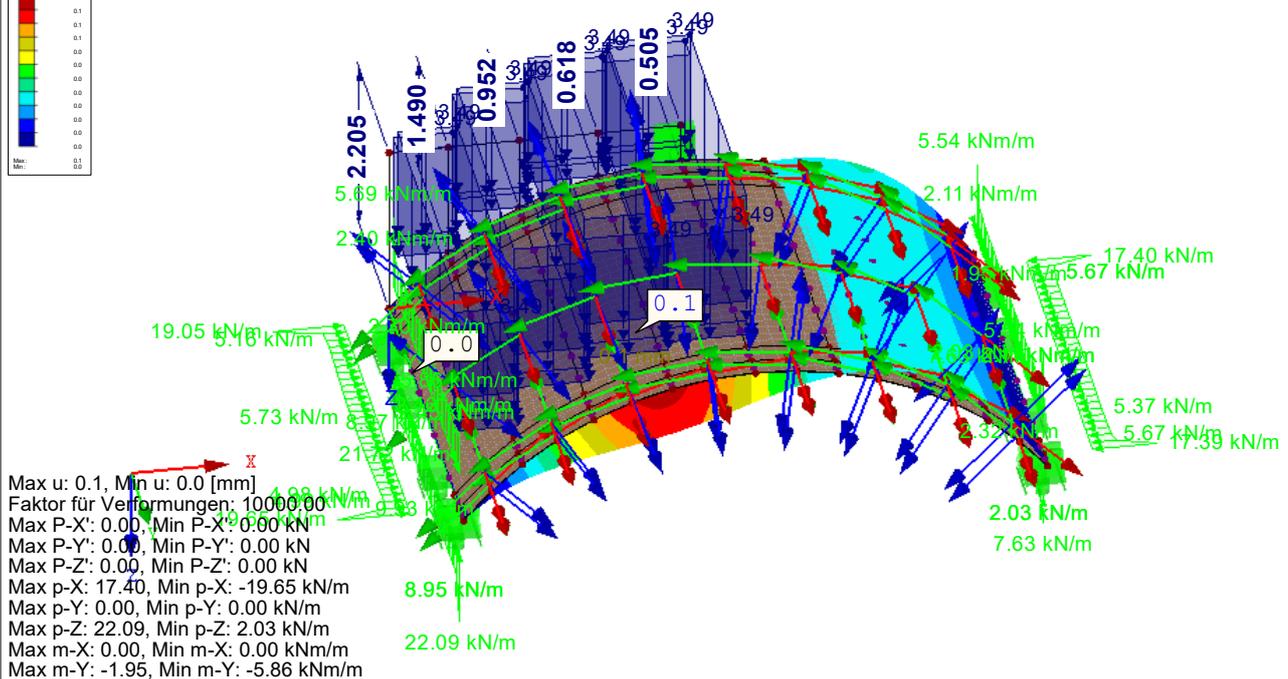
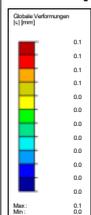


Max u: 0.1, Min u: 0.0 [mm]  
Faktor für Verformungen: 10000.00  
Max P-X: 0.00, Min P-X: 0.00 kN  
Max P-Y: 0.00, Min P-Y: 0.00 kN  
Max P-Z: 0.00, Min P-Z: 0.00 kN  
Max p-X: 37.13, Min p-X: -36.98 kN/m  
Max p-Y: 0.00, Min p-Y: 0.00 kN/m  
Max p-Z: 29.77, Min p-Z: 10.97 kN/m  
Max m-X: 0.00, Min m-X: 0.00 kNm/m  
Max m-Y: 0.75, Min m-Y: -0.75 kNm/m

### ■ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN

LF 4: Gleichmäßig verteilte Last - halbseitig  
Belastung [kN/m<sup>2</sup>]  
Globale Verformungen u [mm]  
Lagerreaktionen  
Werte: u [mm]

Isometrie



Max u: 0.1, Min u: 0.0 [mm]  
Faktor für Verformungen: 10000.00  
Max P-X: 0.00, Min P-X: 0.00 kN  
Max P-Y: 0.00, Min P-Y: 0.00 kN  
Max P-Z: 0.00, Min P-Z: 0.00 kN  
Max p-X: 17.40, Min p-X: -19.65 kN/m  
Max p-Y: 0.00, Min p-Y: 0.00 kN/m  
Max p-Z: 22.09, Min p-Z: 2.03 kN/m  
Max m-X: 0.00, Min m-X: 0.00 kNm/m  
Max m-Y: -1.95, Min m-Y: -5.86 kNm/m



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_qfk=1,0

Datum: 13.03.2020

### 4.1 KNOTEN - LAGERKRÄFTE

Ergebniskombinationen

Knoten Nr.	EK		Lagerkräfte [kN]			Lagermomente [kNm]			
			P <sub>x</sub>	P <sub>y</sub>	P <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	
60	EK1	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10
		Min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10
	EK2	Max	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	GZT (EQU) - Ständig / vorübergehend
		Min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	GZT (EQU) - Ständig / vorübergehend

### 4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE

Ergebniskombinationen

Linie Nr.	EK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Lagerkräfte [kN/m]			Lagermomente [kNm/m]				
				p <sub>x</sub>	p <sub>y</sub>	p <sub>z</sub>	m <sub>x</sub>	m <sub>y</sub>	m <sub>z</sub>		
3	EK1	3	0.000	0.00	489.89	614.91	-44.49	0.00	0.00		
			0.000	0.00	374.68	485.09	-54.17	0.00	0.00		
		0.160	0.00	153.83	196.84	-16.44	0.00	0.00			
		0.160	0.00	116.97	155.96	-19.90	0.00	0.00			
		0.320	0.00	146.37	187.36	-16.48	0.00	0.00			
		0.320	0.00	111.20	148.61	-19.93	0.00	0.00			
		Max p <sub>x</sub>	0.000	0.00	489.89	614.91	-44.49	0.00	0.00		
		Min p <sub>x</sub>	0.000	0.00	374.68	485.09	-54.17	0.00	0.00		
		Max p <sub>y</sub>	0.000	0.00	489.89	614.91	-44.49	0.00	0.00		
		Min p <sub>y</sub>	0.320	0.00	111.20	148.61	-19.93	0.00	0.00		
		Max p <sub>z</sub>	0.000	0.00	489.89	614.91	-44.49	0.00	0.00		
		Min p <sub>z</sub>	0.320	0.00	111.20	148.61	-19.93	0.00	0.00		
		Max m <sub>x</sub>	0.160	0.00	153.83	196.84	-16.44	0.00	0.00		
		Min m <sub>x</sub>	0.000	0.00	374.68	485.09	-54.17	0.00	0.00		
		Max m <sub>y</sub>	0.000	0.00	489.89	614.91	-44.49	0.00	0.00		
		Min m <sub>y</sub>	0.000	0.00	374.68	485.09	-54.17	0.00	0.00		
		Max m <sub>z</sub>	0.000	0.00	489.89	614.91	-44.49	0.00	0.00		
		Min m <sub>z</sub>	0.000	0.00	374.68	485.09	-54.17	0.00	0.00		
		EK2	3	0.000	0.00	489.89	614.91	-36.79	0.00	0.00	
				0.000	0.00	348.92	455.76	-46.72	0.00	0.00	
			0.160	0.00	153.83	196.84	-13.19	0.00	0.00		
			0.160	0.00	109.49	143.85	-17.06	0.00	0.00		
			0.320	0.00	146.37	187.36	-13.13	0.00	0.00		
			0.320	0.00	104.22	136.35	-17.09	0.00	0.00		
	Max p <sub>x</sub>		0.000	0.00	489.89	614.91	-36.79	0.00	0.00		
	Min p <sub>x</sub>		0.000	0.00	348.92	455.76	-46.72	0.00	0.00		
	Max p <sub>y</sub>	0.000	0.00	489.89	614.91	-36.79	0.00	0.00			
	Min p <sub>y</sub>	0.320	0.00	104.22	136.35	-17.09	0.00	0.00			
	Max p <sub>z</sub>	0.000	0.00	489.89	614.91	-36.79	0.00	0.00			
	Min p <sub>z</sub>	0.320	0.00	104.22	136.35	-17.09	0.00	0.00			
	Max m <sub>x</sub>	0.320	0.00	146.37	187.36	-13.13	0.00	0.00			
	Min m <sub>x</sub>	0.000	0.00	348.92	455.76	-46.72	0.00	0.00			
Max m <sub>y</sub>	0.000	0.00	489.89	614.91	-36.79	0.00	0.00				
Min m <sub>y</sub>	0.000	0.00	348.92	455.76	-46.72	0.00	0.00				
Max m <sub>z</sub>	0.000	0.00	489.89	614.91	-36.79	0.00	0.00				
Min m <sub>z</sub>	0.000	0.00	348.92	455.76	-46.72	0.00	0.00				
4	EK1	4	0.000	0.00	146.37	187.36	-16.48	0.00	0.00		
			0.000	0.00	111.20	148.61	-19.93	0.00	0.00		
			0.152	0.00	141.88	180.35	-16.20	0.00	0.00		
			0.152	0.00	107.81	143.09	-19.56	0.00	0.00		
			0.304	0.00	140.45	177.80	-16.00	0.00	0.00		
			0.304	0.00	106.75	141.08	-19.30	0.00	0.00		
			0.456	0.00	139.18	175.33	-15.76	0.00	0.00		
			0.456	0.00	105.81	139.12	-18.99	0.00	0.00		
			0.608	0.00	138.49	173.81	-15.56	0.00	0.00		
			0.608	0.00	105.31	137.91	-18.72	0.00	0.00		
			0.760	0.00	138.03	172.79	-15.40	0.00	0.00		
			0.760	0.00	104.97	137.10	-18.51	0.00	0.00		
			0.912	0.00	137.69	172.09	-15.28	0.00	0.00		
			0.912	0.00	104.73	136.54	-18.35	0.00	0.00		
			1.064	0.00	137.43	171.60	-15.18	0.00	0.00		
			1.064	0.00	104.53	136.15	-18.23	0.00	0.00		
			1.216	0.00	137.22	171.25	-15.11	0.00	0.00		
			1.216	0.00	104.37	135.87	-18.13	0.00	0.00		
			1.368	0.00	137.05	170.99	-15.06	0.00	0.00		
			1.368	0.00	104.24	135.68	-18.07	0.00	0.00		
			1.520	0.00	136.91	170.82	-15.03	0.00	0.00		
			1.520	0.00	104.13	135.54	-18.02	0.00	0.00		
			1.672	0.00	136.80	170.70	-15.01	0.00	0.00		
			1.672	0.00	104.04	135.45	-18.00	0.00	0.00		
			1.824	0.00	136.72	170.62	-15.00	0.00	0.00		
			1.824	0.00	103.98	135.39	-17.98	0.00	0.00		
			1.976	0.00	136.67	170.58	-15.00	0.00	0.00		
			1.976	0.00	103.94	135.36	-17.99	0.00	0.00		
			2.128	0.00	136.64	170.57	-15.02	0.00	0.00		
			2.128	0.00	103.92	135.35	-18.01	0.00	0.00		
			2.280	0.00	136.63	170.61	-15.04	0.00	0.00		
			2.280	0.00	103.92	135.38	-18.04	0.00	0.00		
			2.432	0.00	136.65	170.68	-15.08	0.00	0.00		
			2.432	0.00	103.93	135.43	-18.09	0.00	0.00		
			2.584	0.00	136.70	170.81	-15.13	0.00	0.00		
			2.584	0.00	103.97	135.53	-18.15	0.00	0.00		
			2.736	0.00	136.77	171.02	-15.20	0.00	0.00		
			2.736	0.00	104.03	135.70	-18.25	0.00	0.00		
			2.888	0.00	136.88	171.34	-15.29	0.00	0.00		
			2.888	0.00	104.11	135.95	-18.37	0.00	0.00		
					3.040	0.00	137.05	171.83	-15.41	0.00	0.00

**4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE****Ergebniskombinationen**

Linie Nr.	EK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Lagerkräfte [kN/m]			Lagermomente [kNm/m]			
				px	py	pz	m <sub>x</sub>	m <sub>y</sub>	m <sub>z</sub>	
4	EK1	4	3.040	0.00	104.23	136.34	-18.53	0.00	0.00	
			3.192	0.00	137.31	172.59	-15.56	0.00	0.00	
			3.192	0.00	104.42	136.94	-18.73	0.00	0.00	
			3.344	0.00	137.76	173.79	-15.75	0.00	0.00	
			3.344	0.00	104.74	137.90	-18.98	0.00	0.00	
		3.496	0.00	138.62	175.76	-15.99	0.00	0.00		
		3.496	0.00	105.35	139.47	-19.28	0.00	0.00		
		3.648	0.00	139.57	177.78	-16.19	0.00	0.00		
		3.648	0.00	106.03	141.09	-19.54	0.00	0.00		
		3.800	0.00	143.45	184.58	-16.59	0.00	0.00		
		3.800	0.00	108.90	146.49	-20.08	0.00	0.00		
		Max p <sub>x</sub>	0.000	0.00	146.37	187.36	-16.48	0.00	0.00	
		Min p <sub>x</sub>	0.000	0.00	111.20	148.61	-19.93	0.00	0.00	
		Max p <sub>y</sub>	0.000	0.00	146.37	187.36	-16.48	0.00	0.00	
		Min p <sub>y</sub>	2.280	0.00	103.92	135.38	-18.04	0.00	0.00	
		Max p <sub>z</sub>	0.000	0.00	146.37	187.36	-16.48	0.00	0.00	
		Min p <sub>z</sub>	2.128	0.00	103.92	135.35	-18.01	0.00	0.00	
		Max m <sub>x</sub>	1.824	0.00	136.72	170.62	-15.00	0.00	0.00	
		Min m <sub>x</sub>	3.800	0.00	108.90	146.49	-20.08	0.00	0.00	
		Max m <sub>y</sub>	0.000	0.00	146.37	187.36	-16.48	0.00	0.00	
		Min m <sub>y</sub>	0.000	0.00	111.20	148.61	-19.93	0.00	0.00	
		Max m <sub>z</sub>	0.000	0.00	146.37	187.36	-16.48	0.00	0.00	
		Min m <sub>z</sub>	0.000	0.00	111.20	148.61	-19.93	0.00	0.00	
		EK2	4	0.000	0.00	146.37	187.36	-13.13	0.00	0.00
				0.000	0.00	104.22	136.35	-17.09	0.00	0.00
	0.152			0.00	141.88	180.35	-12.77	0.00	0.00	
	0.152			0.00	100.91	130.64	-16.76	0.00	0.00	
	0.304			0.00	140.45	177.80	-12.54	0.00	0.00	
	0.304			0.00	99.80	128.51	-16.53	0.00	0.00	
	0.456			0.00	139.18	175.33	-12.26	0.00	0.00	
	0.456			0.00	98.77	126.41	-16.25	0.00	0.00	
	0.608			0.00	138.49	173.81	-12.02	0.00	0.00	
	0.608			0.00	98.14	125.06	-16.01	0.00	0.00	
	0.760			0.00	138.03	172.79	-11.83	0.00	0.00	
	0.760			0.00	97.68	124.12	-15.82	0.00	0.00	
	0.912			0.00	137.69	172.09	-11.69	0.00	0.00	
	0.912			0.00	97.32	123.46	-15.67	0.00	0.00	
	1.064			0.00	137.43	171.60	-11.57	0.00	0.00	
	1.064			0.00	97.03	122.97	-15.56	0.00	0.00	
	1.216			0.00	137.22	171.25	-11.49	0.00	0.00	
	1.216			0.00	96.78	122.62	-15.47	0.00	0.00	
	1.368			0.00	137.05	170.99	-11.43	0.00	0.00	
	1.368			0.00	96.59	122.36	-15.41	0.00	0.00	
	1.520			0.00	136.91	170.82	-11.38	0.00	0.00	
	1.520			0.00	96.43	122.18	-15.37	0.00	0.00	
	1.672			0.00	136.80	170.70	-11.36	0.00	0.00	
	1.672			0.00	96.31	122.05	-15.35	0.00	0.00	
	1.824			0.00	136.72	170.62	-11.35	0.00	0.00	
	1.824			0.00	96.23	121.98	-15.34	0.00	0.00	
	1.976			0.00	136.67	170.58	-11.35	0.00	0.00	
	1.976			0.00	96.20	121.95	-15.34	0.00	0.00	
	2.128	0.00	136.64	170.57	-11.37	0.00	0.00			
	2.128	0.00	96.20	121.97	-15.36	0.00	0.00			
2.280	0.00	136.63	170.61	-11.40	0.00	0.00				
2.280	0.00	96.23	122.03	-15.39	0.00	0.00				
2.432	0.00	136.65	170.68	-11.44	0.00	0.00				
2.432	0.00	96.31	122.14	-15.44	0.00	0.00				
2.584	0.00	136.70	170.81	-11.50	0.00	0.00				
2.584	0.00	96.42	122.31	-15.50	0.00	0.00				
2.736	0.00	136.77	171.02	-11.59	0.00	0.00				
2.736	0.00	96.57	122.56	-15.59	0.00	0.00				
2.888	0.00	136.88	171.34	-11.70	0.00	0.00				
2.888	0.00	96.77	122.92	-15.70	0.00	0.00				
3.040	0.00	137.05	171.83	-11.84	0.00	0.00				
3.040	0.00	97.01	123.43	-15.84	0.00	0.00				
3.192	0.00	137.31	172.59	-12.03	0.00	0.00				
3.192	0.00	97.34	124.17	-16.03	0.00	0.00				
3.344	0.00	137.76	173.79	-12.25	0.00	0.00				
3.344	0.00	97.80	125.29	-16.25	0.00	0.00				
3.496	0.00	138.62	175.76	-12.53	0.00	0.00				
3.496	0.00	98.53	127.03	-16.52	0.00	0.00				
3.648	0.00	139.57	177.78	-12.77	0.00	0.00				
3.648	0.00	99.30	128.78	-16.75	0.00	0.00				
3.800	0.00	143.45	184.58	-13.26	0.00	0.00				
3.800	0.00	102.14	134.41	-17.22	0.00	0.00				
Max p <sub>x</sub>	0.000	0.00	146.37	187.36	-13.13	0.00	0.00			
Min p <sub>x</sub>	0.000	0.00	104.22	136.35	-17.09	0.00	0.00			
Max p <sub>y</sub>	0.000	0.00	146.37	187.36	-13.13	0.00	0.00			
Min p <sub>y</sub>	1.976	0.00	96.20	121.95	-15.34	0.00	0.00			
Max p <sub>z</sub>	0.000	0.00	146.37	187.36	-13.13	0.00	0.00			
Min p <sub>z</sub>	1.976	0.00	96.20	121.95	-15.34	0.00	0.00			
Max m <sub>x</sub>	1.824	0.00	136.72	170.62	-11.35	0.00	0.00			
Min m <sub>x</sub>	3.800	0.00	102.14	134.41	-17.22	0.00	0.00			
Max m <sub>y</sub>	0.000	0.00	146.37	187.36	-13.13	0.00	0.00			
Min m <sub>y</sub>	0.000	0.00	104.22	136.35	-17.09	0.00	0.00			
Max m <sub>z</sub>	0.000	0.00	146.37	187.36	-13.13	0.00	0.00			
Min m <sub>z</sub>	0.000	0.00	104.22	136.35	-17.09	0.00	0.00			
5	EK1	5	0.000	0.00	143.45	184.58	-16.59	0.00	0.00	
			0.000	0.00	108.90	146.49	-20.08	0.00	0.00	
		0.160	0.00	161.62	208.22	-17.38	0.00	0.00		
		0.160	0.00	122.84	165.01	-21.08	0.00	0.00		
		0.320	0.00	492.52	611.46	-43.42	0.00	0.00		



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_qfk=1,0

Datum: 13.03.2020

4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE

Ergebniskombinationen

Table with columns: Linie Nr., EK, Knoten Nr., Stelle x [m], Lagerkräfte [kN/m] (px, py, pz), Lagermomente [kNm/m] (mx, my, mz). Rows include data for lines 5, 115, and 116 across various nodes and elements.



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_qfk=1,0

Datum: 13.03.2020

■ 4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE

Ergebniskombinationen

Linie Nr.	EK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Lagerkräfte [kN/m]			Lagermomente [kNm/m]			
				px	py	pz	m <sub>x</sub>	m <sub>y</sub>	m <sub>z</sub>	
116	EK1	126	1.672	0.00	136.52	170.55	-8.75	0.00	0.00	
			1.672	0.00	103.49	125.07	-15.39	0.00	0.00	
			1.824	0.00	136.50	170.52	-8.74	0.00	0.00	
			1.824	0.00	103.46	125.04	-15.38	0.00	0.00	
			1.976	0.00	136.50	170.52	-8.74	0.00	0.00	
			1.976	0.00	103.46	125.04	-15.39	0.00	0.00	
			2.128	0.00	136.51	170.55	-8.75	0.00	0.00	
			2.128	0.00	103.49	125.07	-15.40	0.00	0.00	
			2.280	0.00	136.55	170.61	-8.78	0.00	0.00	
			2.280	0.00	103.54	125.15	-15.43	0.00	0.00	
			2.432	0.00	136.61	170.71	-8.82	0.00	0.00	
			2.432	0.00	103.63	125.26	-15.47	0.00	0.00	
			2.584	0.00	136.69	170.86	-8.88	0.00	0.00	
			2.584	0.00	103.75	125.44	-15.53	0.00	0.00	
			2.736	0.00	136.80	171.09	-8.95	0.00	0.00	
			2.736	0.00	103.90	125.68	-15.62	0.00	0.00	
			2.888	0.00	136.94	171.43	-9.05	0.00	0.00	
			2.888	0.00	104.10	126.03	-15.72	0.00	0.00	
			3.040	0.00	137.14	171.94	-9.18	0.00	0.00	
			3.040	0.00	104.35	126.52	-15.86	0.00	0.00	
			3.192	0.00	137.44	172.72	-9.34	0.00	0.00	
			3.192	0.00	104.69	127.24	-16.04	0.00	0.00	
			3.344	0.00	137.92	173.93	-9.54	0.00	0.00	
			3.344	0.00	105.19	128.32	-16.26	0.00	0.00	
			3.496	0.00	138.81	175.93	-9.78	0.00	0.00	
			3.496	0.00	106.00	130.02	-16.53	0.00	0.00	
			3.648	0.00	139.79	177.97	-9.98	0.00	0.00	
			3.648	0.00	106.85	131.74	-16.76	0.00	0.00	
			3.800	0.00	143.73	184.82	-10.40	0.00	0.00	
			3.800	0.00	110.01	137.31	-17.22	0.00	0.00	
			Max p <sub>x</sub>	0.000	> 0.00	143.77	184.77	-10.36	0.00	0.00
			Min p <sub>x</sub>	0.000	> 0.00	110.03	137.27	-17.16	0.00	0.00
			Max p <sub>y</sub>	0.000	> 0.00	143.77	184.77	-10.36	0.00	0.00
			Min p <sub>y</sub>	1.976	> 0.00	103.46	125.04	-15.39	0.00	0.00
			Max p <sub>z</sub>	3.800	> 0.00	143.73	184.82	-10.40	0.00	0.00
			Min p <sub>z</sub>	1.824	> 0.00	103.46	125.04	-15.38	0.00	0.00
	Max m <sub>x</sub>	1.824	> 0.00	136.50	170.52	-8.74	0.00	0.00		
	Min m <sub>x</sub>	3.800	> 0.00	110.01	137.31	-17.22	0.00	0.00		
	Max m <sub>y</sub>	0.000	> 0.00	143.77	184.77	-10.36	> 0.00	0.00		
	Min m <sub>y</sub>	0.000	> 0.00	110.03	137.27	-17.16	> 0.00	0.00		
	Max m <sub>z</sub>	0.000	> 0.00	143.77	184.77	-10.36	0.00	> 0.00		
	Min m <sub>z</sub>	0.000	> 0.00	110.03	137.27	-17.16	0.00	> 0.00		
	EK2	126	0.000	0.00	143.77	184.77	-13.22	0.00	0.00	
			0.000	0.00	102.36	134.54	-17.16	0.00	0.00	
			0.152	0.00	139.82	177.94	-12.74	0.00	0.00	
			0.152	0.00	99.47	128.90	-16.71	0.00	0.00	
			0.304	0.00	138.83	175.91	-12.50	0.00	0.00	
			0.304	0.00	98.68	127.14	-16.48	0.00	0.00	
			0.456	0.00	137.94	173.92	-12.23	0.00	0.00	
			0.456	0.00	97.92	125.38	-16.22	0.00	0.00	
			0.608	0.00	137.45	172.70	-12.01	0.00	0.00	
			0.608	0.00	97.43	124.25	-16.01	0.00	0.00	
			0.760	0.00	137.15	171.93	-11.84	0.00	0.00	
			0.760	0.00	97.08	123.49	-15.83	0.00	0.00	
			0.912	0.00	136.96	171.42	-11.70	0.00	0.00	
			0.912	0.00	96.82	122.97	-15.70	0.00	0.00	
			1.064	0.00	136.81	171.09	-11.59	0.00	0.00	
			1.064	0.00	96.60	122.60	-15.59	0.00	0.00	
			1.216	0.00	136.70	170.86	-11.52	0.00	0.00	
			1.216	0.00	96.42	122.34	-15.51	0.00	0.00	
			1.368	0.00	136.62	170.71	-11.46	0.00	0.00	
			1.368	0.00	96.28	122.15	-15.46	0.00	0.00	
			1.520	0.00	136.56	170.61	-11.42	0.00	0.00	
			1.520	0.00	96.18	122.03	-15.42	0.00	0.00	
			1.672	0.00	136.52	170.55	-11.39	0.00	0.00	
			1.672	0.00	96.11	121.95	-15.39	0.00	0.00	
			1.824	0.00	136.50	170.52	-11.38	0.00	0.00	
			1.824	0.00	96.08	121.91	-15.38	0.00	0.00	
1.976			0.00	136.50	170.52	-11.38	0.00	0.00		
1.976			0.00	96.08	121.91	-15.39	0.00	0.00		
2.128			0.00	136.51	170.55	-11.40	0.00	0.00		
2.128			0.00	96.11	121.95	-15.40	0.00	0.00		
2.280			0.00	136.55	170.61	-11.42	0.00	0.00		
2.280			0.00	96.18	122.03	-15.43	0.00	0.00		
2.432	0.00	136.61	170.71	-11.47	0.00	0.00				
2.432	0.00	96.28	122.15	-15.47	0.00	0.00				
2.584	0.00	136.69	170.86	-11.53	0.00	0.00				
2.584	0.00	96.42	122.34	-15.53	0.00	0.00				
2.736	0.00	136.80	171.09	-11.61	0.00	0.00				
2.736	0.00	96.60	122.60	-15.62	0.00	0.00				
2.888	0.00	136.94	171.43	-11.72	0.00	0.00				
2.888	0.00	96.81	122.98	-15.72	0.00	0.00				
3.040	0.00	137.14	171.94	-11.86	0.00	0.00				
3.040	0.00	97.08	123.50	-15.86	0.00	0.00				
3.192	0.00	137.44	172.72	-12.04	0.00	0.00				
3.192	0.00	97.43	124.26	-16.04	0.00	0.00				
3.344	0.00	137.92	173.93	-12.26	0.00	0.00				
3.344	0.00	97.91	125.39	-16.26	0.00	0.00				
3.496	0.00	138.81	175.93	-12.54	0.00	0.00				
3.496	0.00	98.67	127.16	-16.53	0.00	0.00				
3.648	0.00	139.79	177.97	-12.77	0.00	0.00				
3.648	0.00	99.46	128.92	-16.76	0.00	0.00				
3.800	0.00	143.73	184.82	-13.26	0.00	0.00				



■ 4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE

Ergebniskombinationen

Linie Nr.	EK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Lagerkräfte [kN/m]			Lagermomente [kNm/m]			
				p <sub>x</sub>	p <sub>y</sub>	p <sub>z</sub>	m <sub>x</sub>	m <sub>y</sub>	m <sub>z</sub>	
116	EK2	125	3.800	0.00	102.35	134.58	-17.22	0.00	0.00	
		Max p <sub>x</sub>	0.000	143.77	184.77	-13.22	0.00	0.00		
		Min p <sub>x</sub>	0.000	102.36	134.54	-17.16	0.00	0.00		
		Max p <sub>y</sub>	0.000	143.77	184.77	-13.22	0.00	0.00		
		Min p <sub>y</sub>	1.976	0.00	96.08	121.91	-15.39	0.00	0.00	
		Max p <sub>z</sub>	3.800	0.00	143.73	184.82	-13.26	0.00	0.00	
		Min p <sub>z</sub>	1.824	0.00	96.08	121.91	-15.38	0.00	0.00	
		Max m <sub>x</sub>	1.824	0.00	136.50	170.52	-11.38	0.00	0.00	
		Min m <sub>x</sub>	3.800	0.00	102.35	134.58	-17.22	0.00	0.00	
		Max m <sub>y</sub>	0.000	0.00	143.77	184.77	-13.22	0.00	0.00	
		Min m <sub>y</sub>	0.000	0.00	102.36	134.54	-17.16	0.00	0.00	
		Max m <sub>z</sub>	0.000	0.00	143.77	184.77	-13.22	0.00	0.00	
		Min m <sub>z</sub>	0.000	0.00	102.36	134.54	-17.16	0.00	0.00	
		117	EK1	127	0.000	0.00	494.02	612.23	-27.85	0.00
	0.000			0.00	374.79	463.15	-45.05	0.00	0.00	
	0.160			0.00	162.04	208.46	-11.00	0.00	0.00	
	0.160			0.00	123.90	155.79	-18.00	0.00	0.00	
126	0.320			0.00	143.77	184.77	-10.36	0.00	0.00	
	0.320			0.00	110.03	137.27	-17.16	0.00	0.00	
Max p <sub>x</sub>	0.000			0.00	494.02	612.23	-27.85	0.00	0.00	
Min p <sub>x</sub>	0.000			0.00	374.79	463.15	-45.05	0.00	0.00	
Max p <sub>y</sub>	0.000			0.00	494.02	612.23	-27.85	0.00	0.00	
Min p <sub>y</sub>	0.320			0.00	110.03	137.27	-17.16	0.00	0.00	
Max p <sub>z</sub>	0.000			0.00	494.02	612.23	-27.85	0.00	0.00	
Min p <sub>z</sub>	0.320			0.00	110.03	137.27	-17.16	0.00	0.00	
Max m <sub>x</sub>	0.320			0.00	143.77	184.77	-10.36	0.00	0.00	
Min m <sub>x</sub>	0.000			0.00	374.79	463.15	-45.05	0.00	0.00	
Max m <sub>y</sub>	0.000		0.00	494.02	612.23	-27.85	0.00	0.00		
Min m <sub>y</sub>	0.000		0.00	374.79	463.15	-45.05	0.00	0.00		
Max m <sub>z</sub>	0.000		0.00	494.02	612.23	-27.85	0.00	0.00		
Min m <sub>z</sub>	0.000		0.00	374.79	463.15	-45.05	0.00	0.00		
EK2	EK2		127	0.000	0.00	494.02	612.23	-35.35	0.00	0.00
				0.000	0.00	351.28	452.85	-45.05	0.00	0.00
				0.160	0.00	162.04	208.46	-14.01	0.00	0.00
				0.160	0.00	115.42	152.72	-18.00	0.00	0.00
			126	0.320	0.00	143.77	184.77	-13.22	0.00	0.00
				0.320	0.00	102.36	134.54	-17.16	0.00	0.00
			Max p <sub>x</sub>	0.000	0.00	494.02	612.23	-35.35	0.00	0.00
			Min p <sub>x</sub>	0.000	0.00	351.28	452.85	-45.05	0.00	0.00
			Max p <sub>y</sub>	0.000	0.00	494.02	612.23	-35.35	0.00	0.00
			Min p <sub>y</sub>	0.320	0.00	102.36	134.54	-17.16	0.00	0.00
			Max p <sub>z</sub>	0.000	0.00	494.02	612.23	-35.35	0.00	0.00
			Min p <sub>z</sub>	0.320	0.00	102.36	134.54	-17.16	0.00	0.00
			Max m <sub>x</sub>	0.320	0.00	143.77	184.77	-13.22	0.00	0.00
			Min m <sub>x</sub>	0.000	0.00	351.28	452.85	-45.05	0.00	0.00
			Max m <sub>y</sub>	0.000	0.00	494.02	612.23	-35.35	0.00	0.00
			Min m <sub>y</sub>	0.000	0.00	351.28	452.85	-45.05	0.00	0.00
		Max m <sub>z</sub>	0.000	0.00	494.02	612.23	-35.35	0.00	0.00	
		Min m <sub>z</sub>	0.000	0.00	351.28	452.85	-45.05	0.00	0.00	



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_qfk=1,0

Datum: 13.03.2020

### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $m_x$ , LAGERREAKTIONEN

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10

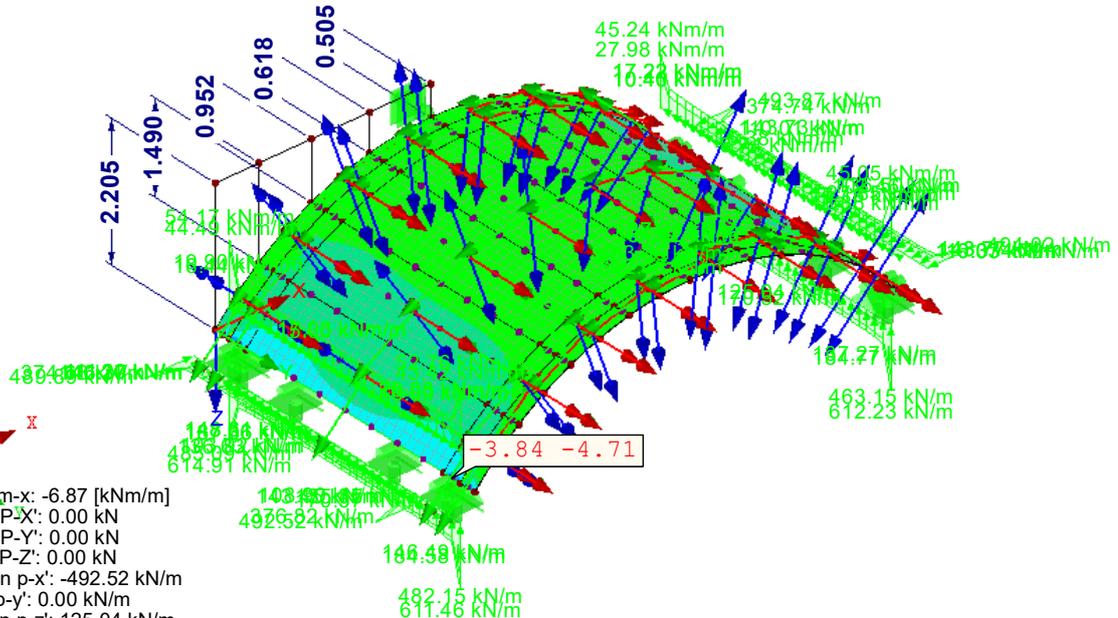
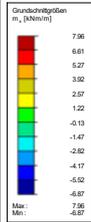
Grundschnittgrößen  $m_x$  [kNm/m]

Lagerreaktionen

Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte

Werte:  $m_x$  [kNm/m]

Isometrie



Max  $m_x$ : 7.96, Min  $m_x$ : -6.87 [kNm/m]  
Max  $P_x$ : 0.00, Min  $P_x$ : 0.00 kN  
Max  $P_y$ : 0.00, Min  $P_y$ : 0.00 kN  
Max  $P_z$ : 0.00, Min  $P_z$ : 0.00 kN  
Max  $p_x$ : 494.02, Min  $p_x$ : -492.52 kN/m  
Max  $p_y$ : 0.00, Min  $p_y$ : 0.00 kN/m  
Max  $p_z$ : 614.91, Min  $p_z$ : 125.04 kN/m  
Max  $m_x$ : 0.00, Min  $m_x$ : 0.00 kNm/m  
Max  $m_y$ : 45.24, Min  $m_y$ : -54.17 kNm/m

### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $m_y$ , LAGERREAKTIONEN

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10

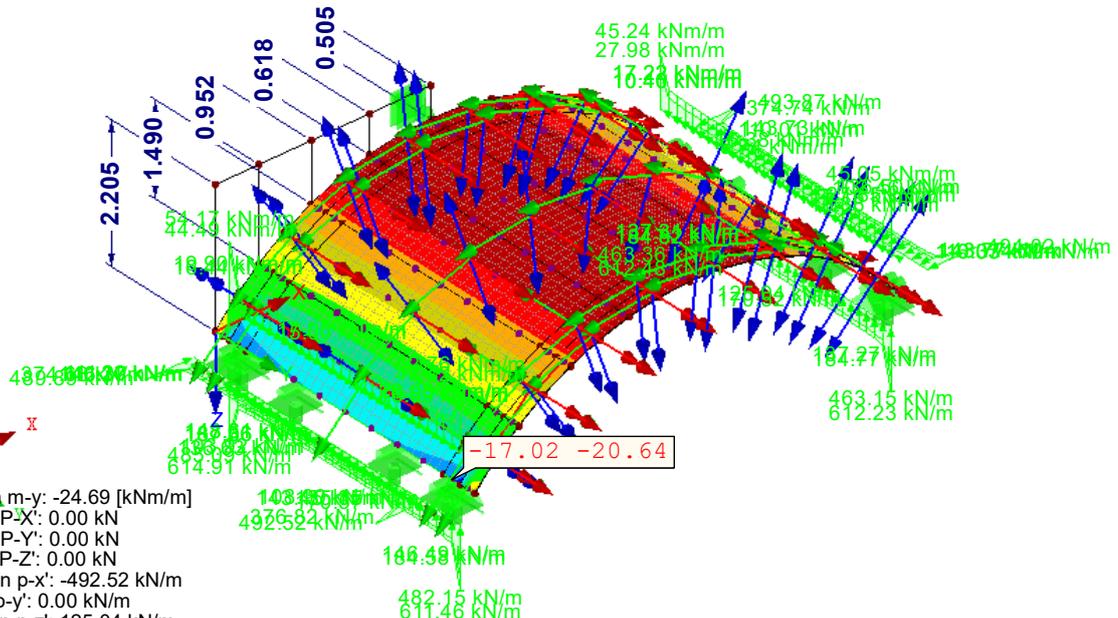
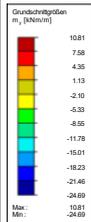
Grundschnittgrößen  $m_y$  [kNm/m]

Lagerreaktionen

Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte

Werte:  $m_y$  [kNm/m]

Isometrie



Max  $m_y$ : 10.81, Min  $m_y$ : -24.69 [kNm/m]  
Max  $P_x$ : 0.00, Min  $P_x$ : 0.00 kN  
Max  $P_y$ : 0.00, Min  $P_y$ : 0.00 kN  
Max  $P_z$ : 0.00, Min  $P_z$ : 0.00 kN  
Max  $p_x$ : 494.02, Min  $p_x$ : -492.52 kN/m  
Max  $p_y$ : 0.00, Min  $p_y$ : 0.00 kN/m  
Max  $p_z$ : 614.91, Min  $p_z$ : 125.04 kN/m  
Max  $m_x$ : 0.00, Min  $m_x$ : 0.00 kNm/m  
Max  $m_y$ : 45.24, Min  $m_y$ : -54.17 kNm/m



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_qfk=1,0

Datum: 13.03.2020

### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $m_{xy}$ , LAGERREAKTIONEN

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10

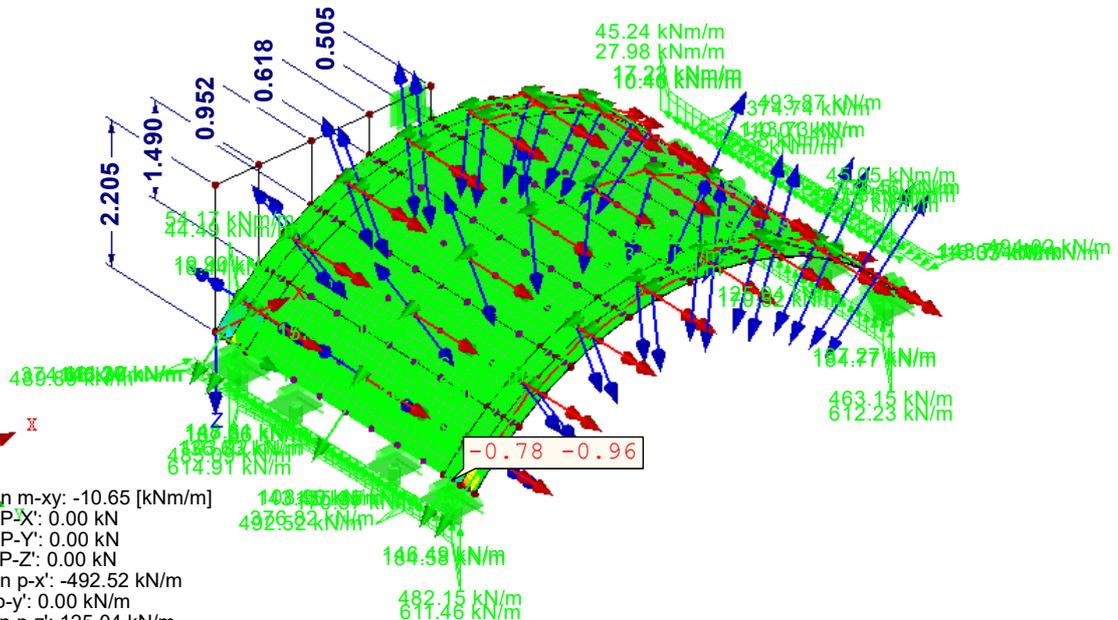
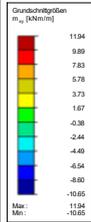
Grundschnittgrößen  $m_{xy}$  [kNm/m]

Lagerreaktionen

Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte

Werte:  $m_{xy}$  [kNm/m]

Isometrie



Max  $m_{xy}$ : 11.94, Min  $m_{xy}$ : -10.65 [kNm/m]  
Max P-X': 0.00, Min P-X': 0.00 kN  
Max P-Y': 0.00, Min P-Y': 0.00 kN  
Max P-Z': 0.00, Min P-Z': 0.00 kN  
Max p-x': 494.02, Min p-x': -492.52 kN/m  
Max p-y': 0.00, Min p-y': 0.00 kN/m  
Max p-z': 614.91, Min p-z': 125.04 kN/m  
Max m-x': 0.00, Min m-x': 0.00 kNm/m  
Max m-y': 45.24, Min m-y': -54.17 kNm/m

### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $v_x$ , LAGERREAKTIONEN

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10

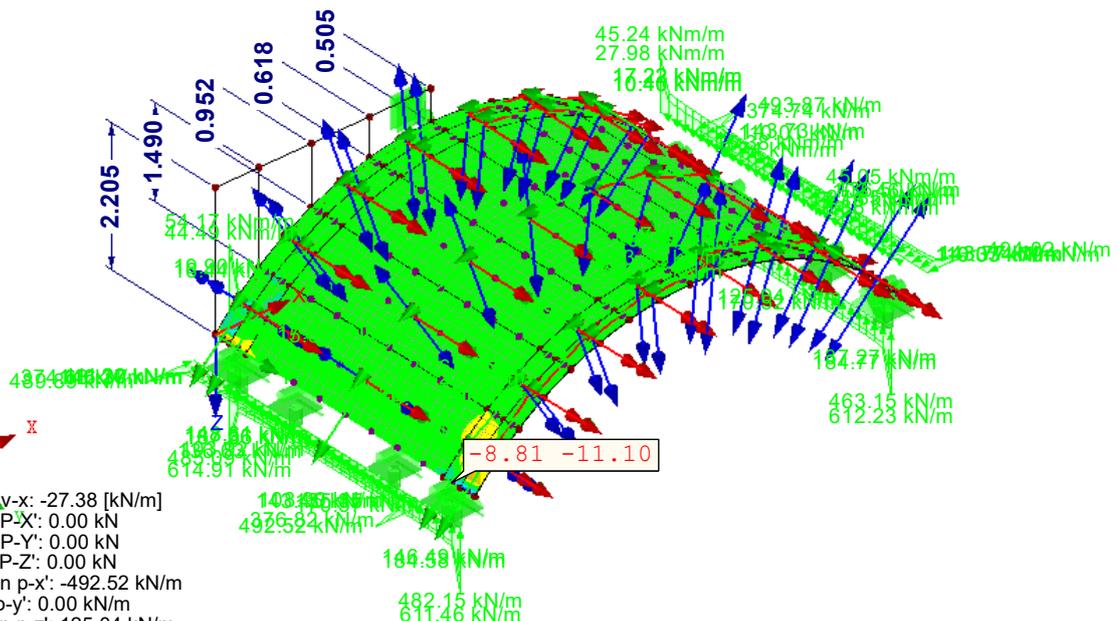
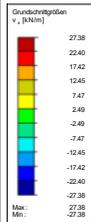
Grundschnittgrößen  $v_x$  [kN/m]

Lagerreaktionen

Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte

Werte:  $v_x$  [kN/m]

Isometrie



Max  $v_x$ : 27.38, Min  $v_x$ : -27.38 [kN/m]  
Max P-X': 0.00, Min P-X': 0.00 kN  
Max P-Y': 0.00, Min P-Y': 0.00 kN  
Max P-Z': 0.00, Min P-Z': 0.00 kN  
Max p-x': 494.02, Min p-x': -492.52 kN/m  
Max p-y': 0.00, Min p-y': 0.00 kN/m  
Max p-z': 614.91, Min p-z': 125.04 kN/m  
Max m-x': 0.00, Min m-x': 0.00 kNm/m  
Max m-y': 45.24, Min m-y': -54.17 kNm/m



### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $v_y$ , LAGERREAKTIONEN

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10

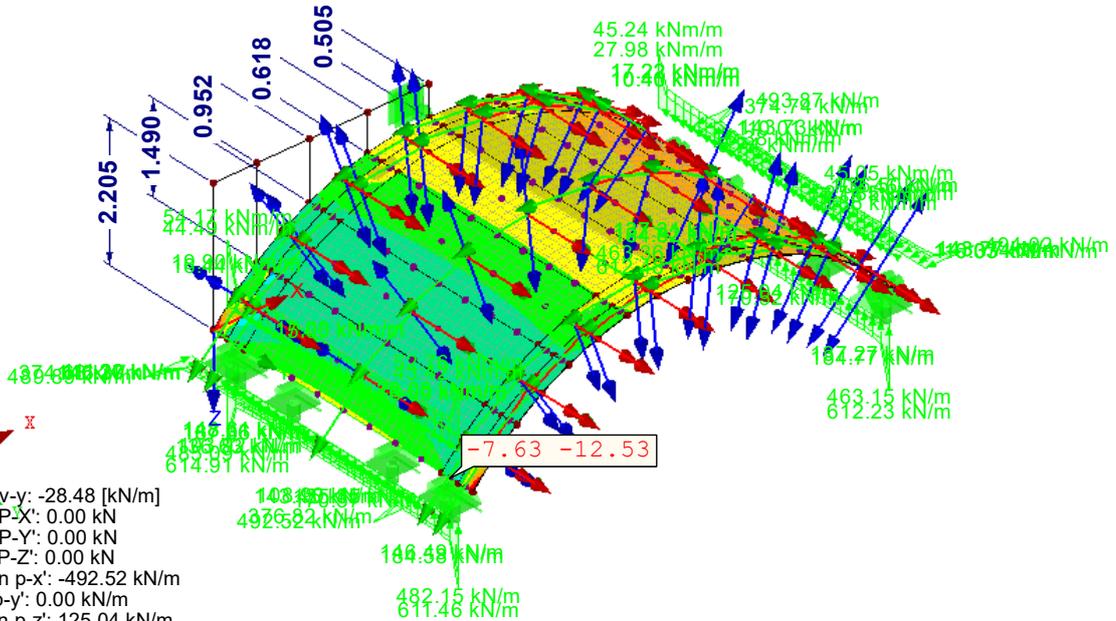
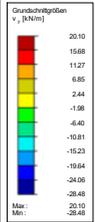
Grundschnittgrößen  $v_y$  [kN/m]

Lagerreaktionen

Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte

Werte:  $v_y$  [kN/m]

Isometrie



Max  $v_y$ : 20.10, Min  $v_y$ : -28.48 [kN/m]  
Max P-X': 0.00, Min P-X': 0.00 kN  
Max P-Y': 0.00, Min P-Y': 0.00 kN  
Max P-Z': 0.00, Min P-Z': 0.00 kN  
Max p-x': 494.02, Min p-x': -492.52 kN/m  
Max p-y': 0.00, Min p-y': 0.00 kN/m  
Max p-z': 614.91, Min p-z': 125.04 kN/m  
Max m-x': 0.00, Min m-x': 0.00 kNm/m  
Max m-y': 45.24, Min m-y': -54.17 kNm/m

### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $n_x$ , LAGERREAKTIONEN

EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10

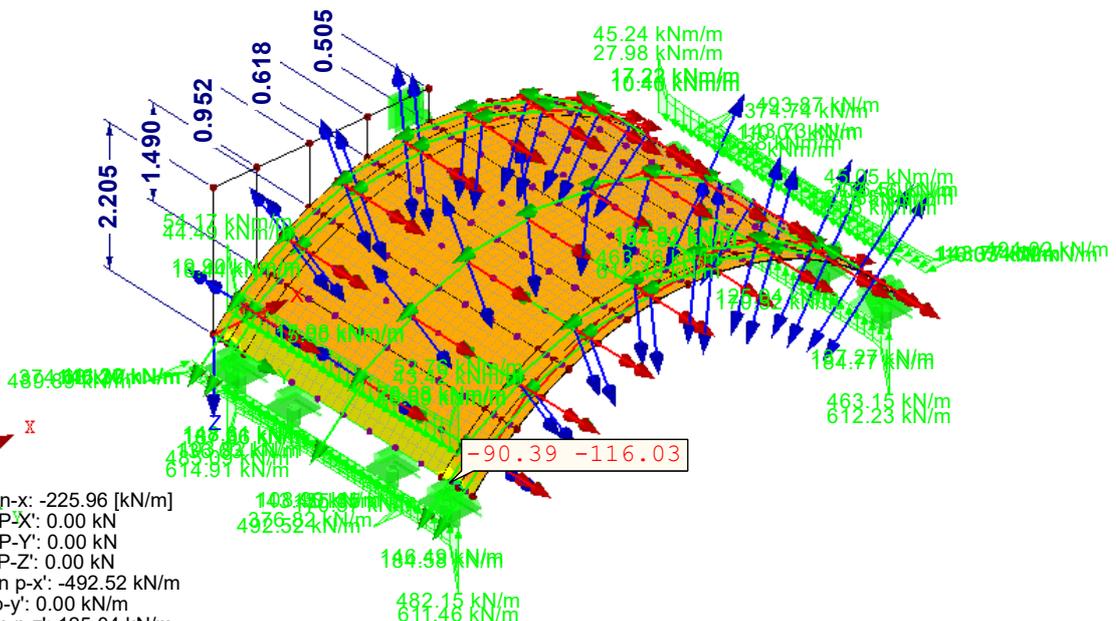
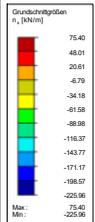
Grundschnittgrößen  $n_x$  [kN/m]

Lagerreaktionen

Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte

Werte:  $n_x$  [kN/m]

Isometrie



Max  $n_x$ : 75.40, Min  $n_x$ : -225.96 [kN/m]  
Max P-X': 0.00, Min P-X': 0.00 kN  
Max P-Y': 0.00, Min P-Y': 0.00 kN  
Max P-Z': 0.00, Min P-Z': 0.00 kN  
Max p-x': 494.02, Min p-x': -492.52 kN/m  
Max p-y': 0.00, Min p-y': 0.00 kN/m  
Max p-z': 614.91, Min p-z': 125.04 kN/m  
Max m-x': 0.00, Min m-x': 0.00 kNm/m  
Max m-y': 45.24, Min m-y': -54.17 kNm/m



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.2 Nachweis Kämpfer betha\_qfk=1,0

Datum: 13.03.2020

### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $n_y$ , LAGERREAKTIONEN

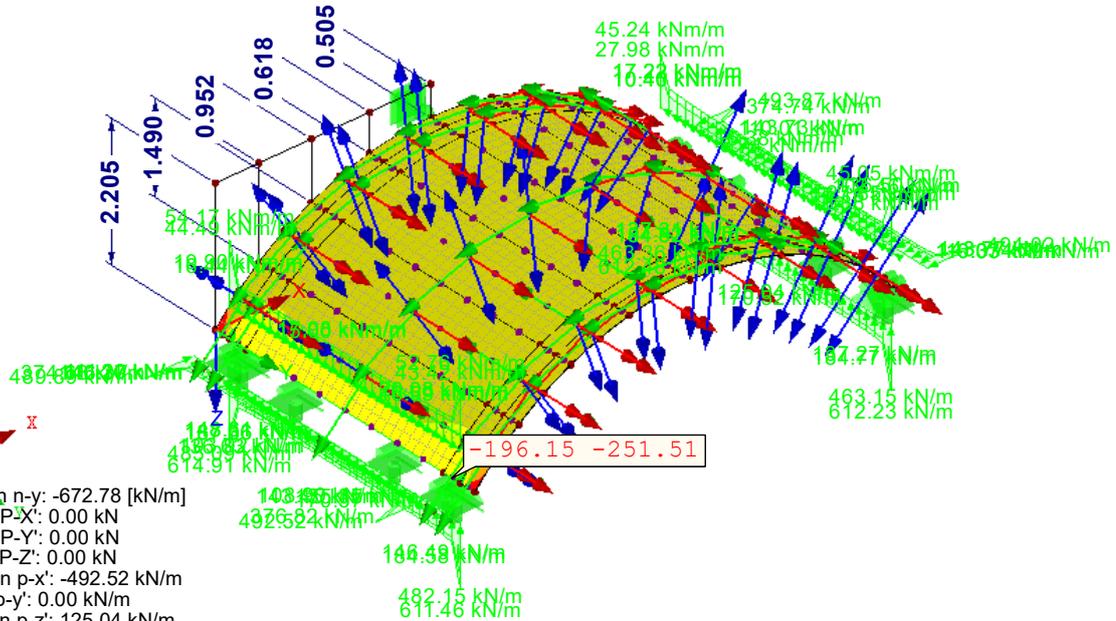
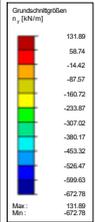
EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10

Grundschnittgrößen n-y [kN/m]

Lagerreaktionen

Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte

Werte: n-y [kN/m]



Max n-y: 131.89, Min n-y: -672.78 [kN/m]  
Max P-X': 0.00, Min P-X': 0.00 kN  
Max P-Y': 0.00, Min P-Y': 0.00 kN  
Max P-Z': 0.00, Min P-Z': 0.00 kN  
Max p-x': 494.02, Min p-x': -492.52 kN/m  
Max p-y': 0.00, Min p-y': 0.00 kN/m  
Max p-z': 614.91, Min p-z': 125.04 kN/m  
Max m-x': 0.00, Min m-x': 0.00 kNm/m  
Max m-y': 45.24, Min m-y': -54.17 kNm/m

### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $n_{xy}$ , LAGERREAKTIONEN

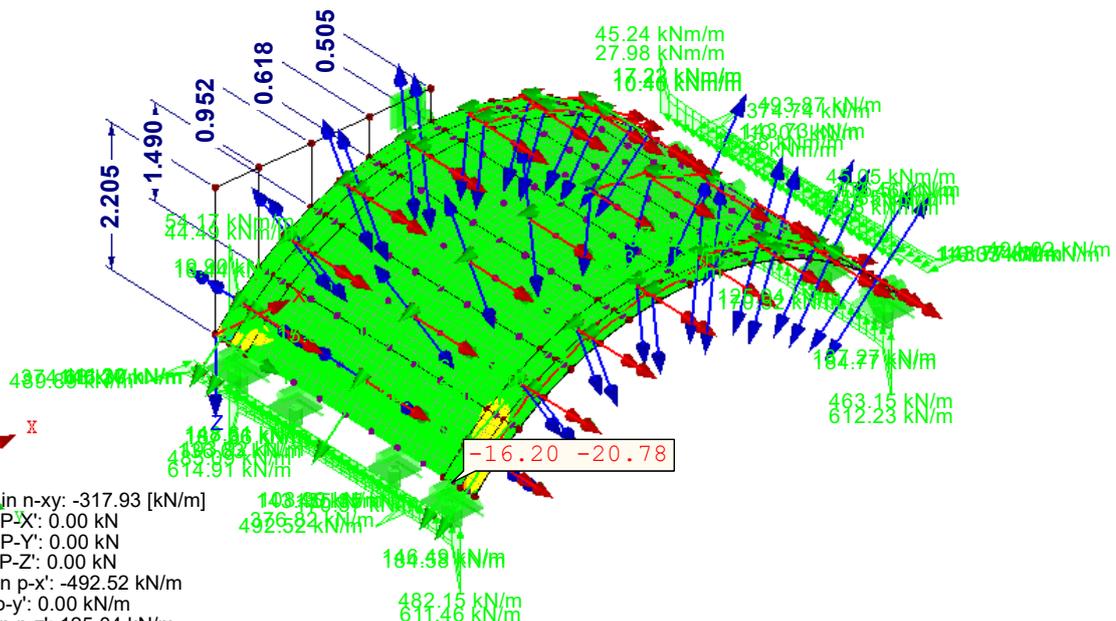
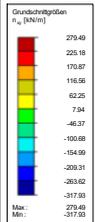
EK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10

Grundschnittgrößen n-xy [kN/m]

Lagerreaktionen

Ergebniskombinationen: Max- und Min-Werte

Werte: n-xy [kN/m]



Max n-xy: 279.49, Min n-xy: -317.93 [kN/m]  
Max P-X': 0.00, Min P-X': 0.00 kN  
Max P-Y': 0.00, Min P-Y': 0.00 kN  
Max P-Z': 0.00, Min P-Z': 0.00 kN  
Max p-x': 494.02, Min p-x': -492.52 kN/m  
Max p-y': 0.00, Min p-y': 0.00 kN/m  
Max p-z': 614.91, Min p-z': 125.04 kN/m  
Max m-x': 0.00, Min m-x': 0.00 kNm/m  
Max m-y': 45.24, Min m-y': -54.17 kNm/m



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.3 Außergewöhnlicher Lastfall

Datum: 13.03.2020

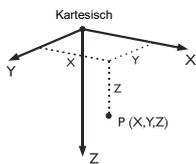
## MODELL-BASISANGABEN

Allgemein	Modellname	: Gewölbe Grundmodell mit außergewöhnlichem Lastfall
	Projektname	: Röpersberg RFEM
	Modelltyp	: 3D
	Positive Richtung der globalen Z-Achse	: Nach unten
Klassifizierung der Lastfälle und Kombinationen		: Nach Norm: EN 1990 + EN 1991-2; Straßenbrücken
		: Nationaler Anhang: DIN - Deutschland
Optionen	<input type="checkbox"/> RF-Formfindung - Ermittlung von initialen Gleichgewichtsformen für Membran- und Seilkonstruktionen	
	<input type="checkbox"/> RF-ZUSCHNITT	
	<input type="checkbox"/> Rohrleitungsanalyse	
	<input type="checkbox"/> CQC-Regel anwenden	
	<input type="checkbox"/> CAD/BIM-Modell ermöglichen	
	Erdbeschleunigung g	: 10.00 m/s <sup>2</sup>

## FE-NETZ-EINSTELLUNGEN

Allgemein	Angestrebte Länge der Finiten Elemente	$l_{FE}$	: 0.150 m
	Maximaler Abstand zwischen Knoten und Linie um in die Linie zu integrieren	$\epsilon$	: 0.001 m
	Maximale Anzahl der FE-Netz-Knoten (in Tausenden)		: 500
	Stäbe	Anzahl Teilungen von Stäben mit Seil, Bettung, Voute oder plastischer Charakteristik	
Stäbe	<input checked="" type="checkbox"/> Stäbe bei Theorie III. Ordnung bzw. Durchschlagproblem intern teilen		
	<input checked="" type="checkbox"/> Teilung der Stäbe durch den Knoten, der auf den Stäben liegt		
Flächen	Maximales Verhältnis der FE-Viereck-Diagonalen	$\Delta_D$	: 1.800
	Maximale Neigung von zwei Finiten Elementen aus der Ebene	$\alpha$	: 0.50 °
	Form der Finiten Elemente:		: Drei- und Vierecke
		<input checked="" type="checkbox"/> Gleiche Quadrate generieren, wo möglich	

## 1.1 KNOTEN



Knoten Nr.	Knotentyp	Bezugs-Knoten	Koordinaten-System	Knotenkoordinaten			Kommentar
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
1	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	-2.205	
2	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	0.000	
3	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.280	0.000	
4	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.600	0.000	
5	Standard	-	Kartesisch	0.000	4.400	0.000	
6	Standard	-	Kartesisch	0.000	4.720	0.000	
7	Standard	-	Kartesisch	0.000	5.000	0.000	
8	Standard	-	Kartesisch	0.342	0.000	-0.378	
9	Standard	-	Kartesisch	0.342	0.280	-0.378	
10	Standard	-	Kartesisch	0.342	0.600	-0.378	
11	Standard	-	Kartesisch	0.342	4.400	-0.378	
12	Standard	-	Kartesisch	0.342	4.720	-0.378	
13	Standard	-	Kartesisch	0.342	5.000	-0.378	
14	Standard	-	Kartesisch	0.724	0.000	-2.205	
15	Standard	-	Kartesisch	0.724	0.000	-0.715	
16	Standard	-	Kartesisch	0.724	0.280	-0.715	
17	Standard	-	Kartesisch	0.724	0.440	-0.715	
18	Standard	-	Kartesisch	0.724	0.600	-0.715	
19	Standard	-	Kartesisch	0.724	4.400	-0.715	
20	Standard	-	Kartesisch	0.724	4.560	-0.715	
21	Standard	-	Kartesisch	0.724	4.720	-0.715	
22	Standard	-	Kartesisch	0.724	5.000	-0.715	
23	Standard	-	Kartesisch	1.141	0.000	-1.008	
24	Standard	-	Kartesisch	1.141	0.280	-1.008	
25	Standard	-	Kartesisch	1.141	0.600	-1.008	
26	Standard	-	Kartesisch	1.141	4.400	-1.008	
27	Standard	-	Kartesisch	1.141	4.720	-1.008	
28	Standard	-	Kartesisch	1.141	5.000	-1.008	
29	Standard	-	Kartesisch	1.587	0.000	-2.205	
30	Standard	-	Kartesisch	1.587	0.000	-1.253	
31	Standard	-	Kartesisch	1.587	0.280	-1.253	
32	Standard	-	Kartesisch	1.587	0.440	-1.253	
33	Standard	-	Kartesisch	1.587	0.600	-1.253	
34	Standard	-	Kartesisch	1.587	4.400	-1.253	
35	Standard	-	Kartesisch	1.587	4.560	-1.253	
36	Standard	-	Kartesisch	1.587	4.720	-1.253	
37	Standard	-	Kartesisch	1.587	5.000	-1.253	
38	Standard	-	Kartesisch	2.059	0.000	-1.447	
39	Standard	-	Kartesisch	2.059	0.280	-1.447	
40	Standard	-	Kartesisch	2.059	0.600	-1.447	
41	Standard	-	Kartesisch	2.059	4.400	-1.447	
42	Standard	-	Kartesisch	2.059	4.720	-1.447	
43	Standard	-	Kartesisch	2.059	5.000	-1.447	
44	Standard	-	Kartesisch	2.549	0.000	-2.205	
45	Standard	-	Kartesisch	2.549	0.000	-1.587	
46	Standard	-	Kartesisch	2.549	0.280	-1.586	
47	Standard	-	Kartesisch	2.549	0.440	-1.586	
48	Standard	-	Kartesisch	2.549	0.600	-1.586	



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.3 Außergewöhnlicher Lastfall

Datum: 13.03.2020

## 1.1 KNOTEN

Knoten Nr.	Knotentyp	Bezugs- Knoten	Koordinaten- System	Knotenkoordinaten			Kommentar
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
49	Standard	-	Kartesisch	2.549	4.400	-1.586	
50	Standard	-	Kartesisch	2.549	4.560	-1.586	
51	Standard	-	Kartesisch	2.549	4.720	-1.586	
52	Standard	-	Kartesisch	2.549	5.000	-1.586	
53	Standard	-	Kartesisch	3.051	0.000	-1.672	
54	Standard	-	Kartesisch	3.051	0.280	-1.671	
55	Standard	-	Kartesisch	3.051	0.600	-1.671	
56	Standard	-	Kartesisch	3.051	4.400	-1.671	
57	Standard	-	Kartesisch	3.051	4.720	-1.671	
58	Standard	-	Kartesisch	3.051	5.000	-1.671	
59	Standard	-	Kartesisch	3.560	0.000	-2.205	
60	Standard	-	Kartesisch	3.560	0.000	-1.700	
61	Standard	-	Kartesisch	3.560	0.280	-1.700	
62	Standard	-	Kartesisch	3.560	0.600	-1.700	
63	Standard	-	Kartesisch	3.560	4.400	-1.700	
64	Standard	-	Kartesisch	3.560	4.720	-1.700	
65	Standard	-	Kartesisch	3.560	5.000	-1.700	
66	Standard	-	Kartesisch	4.069	0.000	-1.671	
67	Standard	-	Kartesisch	4.069	0.280	-1.671	
68	Standard	-	Kartesisch	4.069	0.600	-1.671	
69	Standard	-	Kartesisch	4.069	4.400	-1.671	
70	Standard	-	Kartesisch	4.069	4.720	-1.671	
71	Standard	-	Kartesisch	4.069	5.000	-1.671	
72	Standard	-	Kartesisch	4.571	0.000	-1.586	
73	Standard	-	Kartesisch	4.571	0.140	-1.586	
74	Standard	-	Kartesisch	4.571	0.280	-1.586	
75	Standard	-	Kartesisch	4.571	0.440	-1.586	
76	Standard	-	Kartesisch	4.571	0.600	-1.586	
77	Standard	-	Kartesisch	2.549	2.030	-1.586	
78	Standard	-	Kartesisch	4.571	4.400	-1.586	
79	Standard	-	Kartesisch	4.571	4.560	-1.586	
80	Standard	-	Kartesisch	4.571	4.720	-1.586	
81	Standard	-	Kartesisch	4.571	5.000	-1.586	
82	Standard	-	Kartesisch	5.061	0.000	-1.447	
83	Standard	-	Kartesisch	5.061	0.280	-1.447	
84	Standard	-	Kartesisch	5.061	0.600	-1.447	
85	Standard	-	Kartesisch	2.059	2.030	-1.447	
86	Standard	-	Kartesisch	5.061	4.400	-1.447	
87	Standard	-	Kartesisch	5.061	4.720	-1.447	
88	Standard	-	Kartesisch	5.061	5.000	-1.447	
89	Standard	-	Kartesisch	5.533	0.000	-1.253	
90	Standard	-	Kartesisch	5.533	0.140	-1.253	
91	Standard	-	Kartesisch	5.533	0.280	-1.253	
92	Standard	-	Kartesisch	5.533	0.440	-1.253	
93	Standard	-	Kartesisch	5.533	0.600	-1.253	
94	Standard	-	Kartesisch	0.724	2.030	-0.715	
95	Standard	-	Kartesisch	1.587	2.030	-1.253	
96	Standard	-	Kartesisch	5.533	4.400	-1.253	
97	Standard	-	Kartesisch	5.533	4.560	-1.253	
98	Standard	-	Kartesisch	5.533	4.720	-1.253	
99	Standard	-	Kartesisch	5.533	5.000	-1.253	
100	Standard	-	Kartesisch	5.979	0.000	-1.008	
101	Standard	-	Kartesisch	5.979	0.280	-1.008	
102	Standard	-	Kartesisch	5.979	0.600	-1.008	
103	Standard	-	Kartesisch	1.141	2.030	-1.008	
104	Standard	-	Kartesisch	5.979	4.400	-1.008	
105	Standard	-	Kartesisch	5.979	4.720	-1.008	
106	Standard	-	Kartesisch	5.979	5.000	-1.008	
107	Standard	-	Kartesisch	6.396	0.000	-0.715	
108	Standard	-	Kartesisch	6.396	0.140	-0.715	
109	Standard	-	Kartesisch	6.396	0.280	-0.715	
110	Standard	-	Kartesisch	6.396	0.440	-0.715	
111	Standard	-	Kartesisch	6.396	0.600	-0.715	
113	Standard	-	Kartesisch	6.396	4.400	-0.715	
114	Standard	-	Kartesisch	6.396	4.560	-0.715	
115	Standard	-	Kartesisch	6.396	4.720	-0.715	
116	Standard	-	Kartesisch	6.396	5.000	-0.715	
117	Standard	-	Kartesisch	6.778	0.000	-0.378	
118	Standard	-	Kartesisch	6.778	0.280	-0.378	
119	Standard	-	Kartesisch	6.778	0.600	-0.378	
120	Standard	-	Kartesisch	6.778	4.400	-0.378	
121	Standard	-	Kartesisch	6.778	4.720	-0.378	
122	Standard	-	Kartesisch	6.778	5.000	-0.378	
123	Standard	-	Kartesisch	7.120	0.000	0.000	
124	Standard	-	Kartesisch	7.120	0.280	0.000	
125	Standard	-	Kartesisch	7.120	0.600	0.000	
126	Standard	-	Kartesisch	7.120	4.400	0.000	
127	Standard	-	Kartesisch	7.120	4.720	0.000	
128	Standard	-	Kartesisch	7.120	5.000	0.000	

## 1.2 LINIEN

Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge			Kommentar
			L [m]			
1	Polylinie	2,1		2.205	Z	
2	Polylinie	2,3		0.280	Y	
3	Polylinie	3,4		0.320	Y	
4	Polylinie	4,5		3.800	Y	
5	Polylinie	5,6		0.320	Y	
6	Polylinie	6,7		0.280	Y	
7	Bogen	15,8,2		1.020	XZ	
8	Bogen	16,9,3		1.020	XZ	



Projekt: Röpertsberg RFEM

Modell: Anhang C.3 Außergewöhnlicher Lastfall

Datum: 13.03.2020

## 1.2 LINIEN

Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge L [m]		Kommentar
9	Spline	16,9,3	1.020	XZ	
10	Spline	18,10,4	1.020	XZ	
11	Spline	19,11,5	1.020	XZ	
12	Spline	6,12,21	1.020	XZ	
13	Spline	7,13,22	1.020	XZ	
14	Polylinie	1,14	0.724	X	
15	Polylinie	15,14	1.490	Z	
16	Polylinie	15,16	0.280		
17	Spline	16-18	0.320	Y	
18	Polylinie	18,94	1.430	Y	
19	Spline	21-19	0.320	Y	
20	Polylinie	21,22	0.280	Y	
21	Bogen	30,23,15	1.020	XZ	
22	Bogen	31,24,16	1.020	XZ	
23	Spline	31,24,16	1.020	XZ	
24	Spline	33,25,18	1.020	XZ	
25	Spline	34,26,19	1.020	XZ	
26	Spline	21,27,36	1.020	XZ	
27	Spline	22,28,37	1.020	XZ	
28	Polylinie	14,29	0.864	X	
29	Polylinie	30,29	0.952	Z	
30	Polylinie	30,31	0.280	Y	
31	Spline	31-33	0.320	Y	
32	Polylinie	33,95	1.430	Y	
33	Spline	36-34	0.320	Y	
34	Polylinie	36,37	0.280	Y	
35	Bogen	7,37,65	4.079	XZ	
36	Bogen	45,38,30	1.020	XZ	
37	Bogen	46,39,31	1.020	XZ	
38	Spline	46,39,31	1.020	XZ	
39	Spline	48,40,33	1.020	XZ	
40	Spline	49,41,34	1.020	XZ	
41	Spline	36,42,51	1.020	XZ	
42	Spline	37,43,52	1.020	XZ	
43	Polylinie	29,44	0.961	X	
44	Polylinie	45,44	0.618	Z	
45	Polylinie	45,46	0.280	YZ	
46	Spline	46-48	0.320	Y	
47	Polylinie	48,77	1.430	Y	
48	Spline	51-49	0.320	Y	
49	Polylinie	51,52	0.280	Y	
50	Bogen	60,53,45	1.020	XZ	
51	Spline	61,54,46	1.020	XZ	
52	Bogen	61,54,46	1.020	XZ	
53	Spline	62,55,48	1.020	XZ	
54	Spline	63,56,49	1.020	XZ	
55	Spline	51,57,64	1.020	XZ	
56	Spline	52,58,65	1.020	XZ	
57	Polylinie	44,59	1.011	X	
58	Polylinie	60,59	0.505	Z	
59	Polylinie	60,61	0.280	Y	
60	Polylinie	61,62	0.320	Y	
61	Polylinie	62,63	3.800	Y	
62	Polylinie	63,64	0.320	Y	
63	Polylinie	64,65	0.280	Y	
64	Spline	72,66,60	1.020	XZ	
65	Bogen	74,67,61	1.020	XZ	
66	Spline	74,67,61	1.020	XZ	
67	Spline	76,68,62	1.020	XZ	
68	Spline	78,69,63	1.020	XZ	
69	Spline	64,70,80	1.020	XZ	
70	Spline	65,71,81	1.020	XZ	
71	Spline	74-72	0.280	Y	
72	Spline	76-74	0.320	Y	
73	Polylinie	78,76	3.800	Y	
74	Spline	77,85,95	1.020	XZ	
75	Spline	78-80	0.320	Y	
76	Polylinie	81,80	0.280	Y	
77	Spline	89,82,72	1.020	XZ	
78	Spline	91,83,74	1.020	XZ	
79	Bogen	91,83,74	1.020	XZ	
80	Spline	93,84,76	1.020	XZ	
81	Polylinie	49,77	2.370	Y	
82	Spline	96,86,78	1.020	XZ	
83	Spline	80,87,98	1.020	XZ	
84	Spline	81,88,99	1.020	XZ	
85	Spline	91-89	0.280	Y	
86	Spline	93-91	0.320	Y	
87	Polylinie	93,96	3.800	Y	
88	Polylinie	34,95	2.370	Y	
89	Spline	95,103,94	1.020	XZ	
90	Spline	96-98	0.320	Y	
91	Polylinie	99,98	0.280	Y	
92	Bogen	65,99,128	4.079	XZ	
93	Spline	107,100,89	1.020	XZ	
94	Bogen	109,101,91	1.020	XZ	
95	Spline	109,101,91	1.020	XZ	
96	Spline	111,102,93	1.020	XZ	
98	Spline	113,104,96	1.020	XZ	
99	Spline	98,105,115	1.020	XZ	
100	Spline	99,106,116	1.020	XZ	
101	Spline	109-107	0.280	Y	
102	Spline	111-109	0.320	Y	
103	Polylinie	111,113	3.800	Y	



Projekt: Röpertsberg RFEM

Modell: Anhang C.3 Außergewöhnlicher Lastfall

Datum: 13.03.2020

### 1.2 LINIEN

Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge L [m]		Kommentar
104	Polylinie	19,94	2.370	Y	
105	Spline	113-115	0.320	Y	
106	Polylinie	116, 115	0.280	Y	
107	Spline	123,117,107	1.020	XZ	
108	Bogen	124, 118, 109	1.020	XZ	
109	Spline	124,118,109	1.020	XZ	
110	Spline	125,119,111	1.020	XZ	
111	Spline	126,120,113	1.020	XZ	
112	Spline	115,121,127	1.020	XZ	
113	Spline	116,122,128	1.020	XZ	
114	Polylinie	124,123	0.280	Y	
115	Polylinie	125,124	0.320	Y	
116	Polylinie	126,125	3.800	Y	
117	Polylinie	127,126	0.320	Y	
118	Polylinie	128,127	0.280	Y	

### 1.3 MATERIALIEN

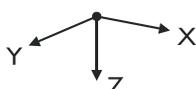
Mat. Nr.	Modul E [kN/cm <sup>2</sup> ]	Modul G [kN/cm <sup>2</sup> ]	Querdehnzahl ν [-]	Spez. Gewicht γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Wärmedehn. α [1/°C]	Teilsch.-Beiwert γ <sub>M</sub> [-]	Material-Modell
1	Mauerwerk (Mauerziegel, II, 2.00, 4)   DIN 1053-100 242.00	110.00	0.100	19.61	6.00E-06	1.50	Isotrop linear elastisch
Benutzerdefiniertes Material							

### 1.4 FLÄCHEN

Fläche Nr.	Flächentyp		Begrenzungslinien Nr.	Mat. Nr.	Dicke		Fläche A [m <sup>2</sup> ]	Gewicht G [kg]
	Geometrie	Steifigkeit			Typ	d [mm]		
1	Quadrangel	Standard	51,46,53,60	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
2	Quadrangel	Standard	66,72,67,60	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
3	Quadrangel	Standard	50,45,52,59	1	Konstant	640.0	0.285	358.36
4	Quadrangel	Standard	53,47,81,54,61	1	Konstant	640.0	3.874	4863.28
6	Quadrangel	Standard	64,71,66,59	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
7	Quadrangel	Standard	67,73,68,61	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
8	Quadrangel	Standard	69,75,68,62	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
9	Quadrangel	Standard	36,30,37,45	1	Konstant	640.0	0.285	358.36
10	Quadrangel	Standard	38,31,39,46	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
11	Quadrangel	Standard	23,17,24,31	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
12	Quadrangel	Standard	9,3,10,17	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
13	Quadrangel	Standard	41,33,40,48	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
14	Quadrangel	Standard	26,19,25,33	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
16	Quadrangel	Standard	40,88,74,81	1	Konstant	640.0	2.416	3033.14
17	Quadrangel	Standard	48,54,62,55	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
18	Quadrangel	Standard	10,4,11,104,18	1	Konstant	640.0	3.874	4863.28
19	Quadrangel	Standard	21,16,22,30	1	Konstant	640.0	0.285	358.36
20	Quadrangel	Standard	7,2,8,16	1	Konstant	640.0	0.285	358.36
21	Quadrangel	Standard	12,20,13,6	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
22	Quadrangel	Standard	26,34,27,20	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
23	Quadrangel	Standard	41,49,42,34	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
24	Quadrangel	Standard	55,63,56,49	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
25	Quadrangel	Standard	78,86,80,72	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
26	Quadrangel	Standard	95,102,96,86	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
27	Quadrangel	Standard	109,115,110,102	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
28	Quadrangel	Standard	83,90,82,75	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
29	Quadrangel	Standard	99,105,98,90	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
30	Quadrangel	Standard	112,117,111,105	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
31	Quadrangel	Standard	80,87,82,73	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
32	Quadrangel	Standard	96,87,98,103	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
33	Quadrangel	Standard	110,116,111,103	1	Konstant	640.0	3.874	4863.27
34	Quadrangel	Standard	77,85,78,71	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
35	Quadrangel	Standard	93,101,95,85	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
36	Quadrangel	Standard	112,106,113,118	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
37	Quadrangel	Standard	99,91,100,106	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
38	Quadrangel	Standard	83,76,84,91	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
39	Quadrangel	Standard	69,63,70,76	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
40	Quadrangel	Standard	5,11,19,12	1	Konstant	640.0	0.326	409.54
41	Quadrangel	Standard	25,104,89,88	1	Konstant	640.0	2.416	3033.15
42	Quadrangel	Standard	107,114,109,101	1	Konstant	640.0	0.285	358.35
43	Quadrangel	Standard	74,32,39,47	1	Konstant	640.0	1.458	1830.13
44	Quadrangel	Standard	89,18,24,32	1	Konstant	640.0	1.458	1830.13

### 1.7 KNOTENLAGER

Lager Nr.	Knoten Nr.	Achsensystem	Stütze in Z	Lagerung bzw. Feder					
				u <sub>x</sub>	u <sub>y</sub>	u <sub>z</sub>	φ <sub>x</sub>	φ <sub>y</sub>	φ <sub>z</sub>
1	60	Global X,Y,Z	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>





Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.3 Außergewöhnlicher Lastfall

Datum: 13.03.2020

## 1.8 LINIENLAGER

Lager Nr.	Linien Nr.	Bezugssystem	Drehung $\beta$ [°]	Wand in Z	Feste Stützung bzw. Einspannung					
					$u_x$	$u_y$	$u_z$	$\varphi_x$	$\varphi_y$	$\varphi_z$
1	2-6,114-118	Global		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 2.1 LASTFÄLLE

Lastfall	LF-Bezeichnung	EN 1990 + EN 1991-2; Straßenbrücke Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung			
			Aktiv	X	Y	Z
LF1	EG Gewölbe	Ständige Lasten	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000
LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau	Ständige Lasten	<input type="checkbox"/>			
LF5	Unplanmäßiges Fahrzeug	Außergewöhnlich	<input type="checkbox"/>			

### 2.1.1 LASTFÄLLE - BERECHNUNGSPARAMETER

Lastfall	LF-Bezeichnung	Berechnungsparameter	
		Berechnungstheorie	Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen
LF1	EG Gewölbe	Berechnungstheorie	<input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	<input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson
LF2	EG Erdreich/Belag/Ausbau	Berechnungstheorie	<input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	<input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson
LF5	Unplanmäßiges Fahrzeug	Berechnungstheorie	<input checked="" type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	<input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson
		Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für:	<input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für $GJ, E I_y, E I_z, EA, GA_y, GA_z$ )

## 2.5 LASTKOMBINATIONEN

Lastkombin.	Lastkombination		Nr.	Faktor	Lastfall
	BS	Bezeichnung			
LK4	AGE	GZT (EQU) - Außergewöhnlich - psi-1,1	1	1.00	LF1
			2	1.00	LF2
			3	1.00	LF5

### 2.5.2 LASTKOMBINATIONEN - BERECHNUNGSPARAMETER

Lastkombin.	Bezeichnung	Berechnungsparameter	
		Berechnungstheorie	Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen
LK4	GZT (EQU) - Außergewöhnlich - psi-1,1	Berechnungstheorie	<input checked="" type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta)
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	<input checked="" type="radio"/> Picard
		Optionen	<input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte $N$ <input checked="" type="checkbox"/> Querkräfte $V_y$ und $V_z$ <input checked="" type="checkbox"/> Momente $M_y, M_z$ und $M_T$
		Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für:	<input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für $GJ, E I_y, E I_z, EA, GA_y, GA_z$ )

## 3.4 FLÄCHENLASTEN

LF2: EG Erdreich/Belag/Ausbau

LF2  
EG Erdreich/Belag/Ausbau

Nr.	An Flächen Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastparameter			An Knoten Nr.
					Symbol	Wert	Einheit	
1	4,7,16-18,31-33,40,41,43,44	Kraft	Konstant	ZP	p	2.00	kN/m <sup>2</sup>	
2	1-3,6,8-14,17,19-30,34-40,42	Kraft	Konstant	ZP	p	1.60	kN/m <sup>2</sup>	
3	18	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>1</sub>	41.90	kN/m <sup>2</sup>	7
5	4	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>2</sub>	28.31	kN/m <sup>2</sup>	22
					p <sub>1</sub>	9.60	kN/m <sup>2</sup>	65
6	7	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>2</sub>	11.74	kN/m <sup>2</sup>	52
					p <sub>1</sub>	9.60	kN/m <sup>2</sup>	65
7	31	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>2</sub>	11.74	kN/m <sup>2</sup>	81
					p <sub>1</sub>	18.09	kN/m <sup>2</sup>	99
8	32	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>2</sub>	11.74	kN/m <sup>2</sup>	81
					p <sub>1</sub>	18.09	kN/m <sup>2</sup>	99
9	33	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>2</sub>	28.31	kN/m <sup>2</sup>	116
					p <sub>1</sub>	41.90	kN/m <sup>2</sup>	128
10	12,20,21,40	Kraft	Linear in X	ZP	p <sub>2</sub>	28.31	kN/m <sup>2</sup>	116
					p <sub>1</sub>	44.10	kN/m <sup>2</sup>	7



LASTEN

Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.3 Außergewöhnlicher Lastfall

Datum: 13.03.2020

3.4 FLÄCHENLASTEN

LF2: EG Erdreich/Belag/Ausbau

Table with columns: Nr., An Flächen Nr., Last-Art, Last-Verteilung, Last-Richtung, Lastparameter (Symbol, Wert, Einheit), An Knoten Nr. Rows 11-19.

LF5
Unplanmäßiges Fahrzeug

3.4 FLÄCHENLASTEN

LF5: Unplanmäßiges Fahrzeug

Table with columns: Nr., An Flächen Nr., Last-Art, Last-Verteilung, Last-Richtung, Lastparameter (Symbol, Wert, Einheit). Row 1.

4.1 KNOTEN - LAGERKRÄFTE

Table with columns: Knoten Nr., LF/LK, Lagerkräfte [kN] (Px, Py, Pz), Lagermomente [kNm] (Mx, My, Mz). Rows for knot 60.

4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE

Table with columns: Linie Nr., LF/LK, Knoten Nr., Stelle x [m], Lagerkräfte [kN/m] (px, py, pz), Lagermomente [kNm/m] (mx, my, mz). Rows for lines 2, 3, 4.



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.3 Außergewöhnlicher Lastfall

Datum: 13.03.2020

**4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE**

Linie Nr.	LF/LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Lagerkräfte [kN/m]			Lagermomente [kNm/m]			
				px	py	pz	mx	my	mz	
4	LF1	4	3.496	-45.09	0.00	51.51	0.00	-3.46	0.00	
			3.648	-45.05	0.00	51.49	0.00	-3.46	0.00	
		3.800	-45.14	0.00	51.61	0.00	-3.44	0.00		
		5	4	0.000	-55.80	0.00	79.54	0.00	-9.06	0.00
				0.152	-55.44	0.00	78.85	0.00	-9.05	0.00
	0.304			-55.50	0.00	78.73	0.00	-9.02	0.00	
				0.456	-55.58	0.00	78.59	0.00	-8.99	0.00
				0.608	-55.64	0.00	78.45	0.00	-8.95	0.00
				0.760	-55.68	0.00	78.33	0.00	-8.91	0.00
				0.912	-55.70	0.00	78.23	0.00	-8.88	0.00
				1.064	-55.72	0.00	78.14	0.00	-8.85	0.00
				1.216	-55.73	0.00	78.08	0.00	-8.83	0.00
				1.368	-55.74	0.00	78.00	0.00	-8.81	0.00
				1.520	-55.74	0.00	78.02	0.00	-8.81	0.00
				1.672	-55.75	0.00	78.08	0.00	-8.81	0.00
				1.824	-55.76	0.00	78.00	0.00	-8.80	0.00
				1.976	-55.78	0.00	77.96	0.00	-8.79	0.00
				2.128	-55.80	0.00	78.01	0.00	-8.80	0.00
				2.280	-55.82	0.00	78.05	0.00	-8.81	0.00
				2.432	-55.84	0.00	78.11	0.00	-8.82	0.00
				2.584	-55.86	0.00	78.18	0.00	-8.84	0.00
				2.736	-55.89	0.00	78.26	0.00	-8.87	0.00
				2.888	-55.91	0.00	78.37	0.00	-8.90	0.00
				3.040	-55.92	0.00	78.51	0.00	-8.93	0.00
				3.192	-55.92	0.00	78.67	0.00	-8.98	0.00
				3.344	-55.91	0.00	78.87	0.00	-9.03	0.00
				3.496	-55.87	0.00	79.10	0.00	-9.09	0.00
	3.648	-55.83	0.00	79.30	0.00	-9.13	0.00			
	3.800	-55.96	0.00	80.10	0.00	-9.22	0.00			
	5	LF5	4	0.000	-0.62	0.00	0.45	0.00	-1.37	0.00
				0.152	-1.15	0.00	2.19	0.00	-1.83	0.00
				0.304	-1.57	0.00	3.11	0.00	-2.10	0.00
				0.456	-2.19	0.00	4.33	0.00	-2.46	0.00
				0.608	-2.86	0.00	5.58	0.00	-2.84	0.00
				0.760	-3.58	0.00	6.86	0.00	-3.22	0.00
				0.912	-4.34	0.00	8.22	0.00	-3.63	0.00
				1.064	-5.12	0.00	9.63	0.00	-4.04	0.00
				1.216	-5.90	0.00	11.10	0.00	-4.46	0.00
				1.368	-6.69	0.00	12.59	0.00	-4.89	0.00
				1.520	-7.44	0.00	14.07	0.00	-5.32	0.00
1.672				-8.17	0.00	15.50	0.00	-5.74	0.00	
1.824				-8.86	0.00	16.85	0.00	-6.13	0.00	
1.976				-9.48	0.00	18.07	0.00	-6.50	0.00	
2.128				-10.01	0.00	19.15	0.00	-6.84	0.00	
2.280				-10.46	0.00	20.08	0.00	-7.15	0.00	
2.432				-10.84	0.00	20.85	0.00	-7.42	0.00	
2.584				-11.13	0.00	21.45	0.00	-7.65	0.00	
2.736				-11.33	0.00	21.89	0.00	-7.84	0.00	
2.888				-11.45	0.00	22.19	0.00	-8.00	0.00	
3.040				-11.50	0.00	22.35	0.00	-8.12	0.00	
3.192				-11.46	0.00	22.38	0.00	-8.20	0.00	
3.344				-11.36	0.00	22.29	0.00	-8.26	0.00	
3.496				-11.20	0.00	22.11	0.00	-8.28	0.00	
3.648				-11.06	0.00	21.92	0.00	-8.28	0.00	
3.800	-10.87	0.00	21.58	0.00	-8.24	0.00				
5	LK4	4	0.000	-101.85	0.00	131.74	0.00	-13.83	0.00	
			0.152	-101.71	0.00	132.56	0.00	-14.32	0.00	
			0.304	-102.22	0.00	133.39	0.00	-14.57	0.00	
			0.456	-102.95	0.00	134.47	0.00	-14.90	0.00	
			0.608	-103.72	0.00	135.56	0.00	-15.24	0.00	
			0.760	-104.51	0.00	136.69	0.00	-15.58	0.00	
			0.912	-105.32	0.00	137.91	0.00	-15.95	0.00	
			1.064	-106.13	0.00	139.21	0.00	-16.33	0.00	
			1.216	-106.95	0.00	140.58	0.00	-16.72	0.00	
			1.368	-107.74	0.00	141.96	0.00	-17.13	0.00	
			1.520	-108.51	0.00	143.46	0.00	-17.55	0.00	
			1.672	-109.26	0.00	144.98	0.00	-17.96	0.00	
			1.824	-109.95	0.00	146.20	0.00	-18.34	0.00	
			1.976	-110.58	0.00	147.36	0.00	-18.70	0.00	
			2.128	-111.14	0.00	148.51	0.00	-19.06	0.00	
			2.280	-111.61	0.00	149.49	0.00	-19.37	0.00	
			2.432	-112.00	0.00	150.32	0.00	-19.66	0.00	
			2.584	-112.31	0.00	151.02	0.00	-19.92	0.00	
			2.736	-112.53	0.00	151.57	0.00	-20.14	0.00	
			2.888	-112.65	0.00	152.00	0.00	-20.34	0.00	
			3.040	-112.69	0.00	152.32	0.00	-20.50	0.00	
			3.192	-112.63	0.00	152.54	0.00	-20.64	0.00	
			3.344	-112.48	0.00	152.67	0.00	-20.75	0.00	
			3.496	-112.23	0.00	152.72	0.00	-20.83	0.00	
			3.648	-112.02	0.00	152.72	0.00	-20.87	0.00	
3.800	-112.05	0.00	153.29	0.00	-20.90	0.00				
5	LF1	5	0.000	-45.14	0.00	51.61	0.00	-3.44	0.00	
			0.160	-45.28	0.00	51.63	0.00	-3.40	0.00	
	6	5	0.320	-45.66	0.00	51.73	0.00	-3.32	0.00	
			0.000	-55.96	0.00	80.10	0.00	-9.22	0.00	
	6	5	0.160	-56.11	0.00	80.65	0.00	-9.24	0.00	
			0.320	-56.54	0.00	80.98	0.00	-9.19	0.00	
	LF5	5	0.000	-10.87	0.00	21.58	0.00	-8.24	0.00	
			0.160	-10.80	0.00	21.18	0.00	-8.15	0.00	
	6	5	0.320	-11.02	0.00	20.72	0.00	-8.01	0.00	
			0.000	-112.05	0.00	153.29	0.00	-20.90	0.00	
6	5	0.160	-112.27	0.00	153.46	0.00	-20.79	0.00		
		0.320	-113.30	0.00	153.43	0.00	-20.52	0.00		
6	LF1	6	0.000	-45.66	0.00	51.73	0.00	-3.32	0.00	



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.3 Außergewöhnlicher Lastfall

Datum: 13.03.2020

■ 4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE

Linie Nr.	LF/LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Lagerkräfte [kN/m]			Lagermomente [kNm/m]				
				px	py	pz	mx	my	mz		
6	LF1	6	0.140	-49.27	0.00	55.29	0.00	-3.15	0.00		
		7	0.280	-33.05	0.00	33.54	0.00	-3.00	0.00		
	LF2	6	0.000	-56.54	0.00	80.98	0.00	-9.19	0.00		
		7	0.140	-61.54	0.00	86.06	0.00	-8.96	0.00		
	LF5	6	0.000	-39.59	0.00	54.01	0.00	-8.41	0.00		
		7	0.140	-11.02	0.00	20.72	0.00	-8.01	0.00		
	LK4	6	0.140	-12.79	0.00	21.14	0.00	-7.79	0.00		
			0.280	-10.66	0.00	11.22	0.00	-7.53	0.00		
		7	0.000	-113.30	0.00	153.43	0.00	-20.52	0.00		
			0.140	-123.69	0.00	162.50	0.00	-19.91	0.00		
	114	LF1	124	0.000	45.68	0.00	51.74	0.00	3.32	0.00	
			123	0.140	49.30	0.00	55.32	0.00	3.15	0.00	
		124	0.280	33.07	0.00	33.56	0.00	3.00	0.00		
	LF2	124	0.000	56.11	0.00	80.09	0.00	9.08	0.00		
		123	0.140	61.07	0.00	85.21	0.00	8.85	0.00		
		124	0.280	39.32	0.00	53.45	0.00	8.31	0.00		
	LF5	124	0.000	0.86	0.00	-0.33	0.00	-1.39	0.00		
		123	0.140	0.13	0.00	-0.23	0.00	-1.28	0.00		
		124	0.280	-1.31	0.00	0.83	0.00	-1.25	0.00		
	LK4	124	0.000	102.71	0.00	131.50	0.00	10.99	0.00		
		123	0.140	110.57	0.00	140.30	0.00	10.71	0.00		
		124	0.280	71.12	0.00	87.83	0.00	10.05	0.00		
115	LF1	125	0.000	45.14	0.00	51.59	0.00	3.44	0.00		
		124	0.160	45.29	0.00	51.63	0.00	3.39	0.00		
	LF2	124	0.320	45.68	0.00	51.74	0.00	3.32	0.00		
		125	0.000	55.56	0.00	79.28	0.00	9.12	0.00		
	LF5	124	0.160	55.68	0.00	79.69	0.00	9.13	0.00		
		124	0.320	56.11	0.00	80.09	0.00	9.08	0.00		
	LK4	125	0.000	1.97	0.00	-0.07	0.00	-1.66	0.00		
			0.160	1.44	0.00	-0.25	0.00	-1.52	0.00		
		124	0.320	0.86	0.00	-0.33	0.00	-1.39	0.00		
			125	0.000	102.73	0.00	130.79	0.00	10.88	0.00	
		124	0.160	102.48	0.00	131.07	0.00	10.99	0.00		
			124	0.320	102.71	0.00	131.50	0.00	10.99	0.00	
116	LF1	126	0.000	45.13	0.00	51.58	0.00	3.44	0.00		
			0.152	45.07	0.00	51.52	0.00	3.46	0.00		
			0.304	45.10	0.00	51.53	0.00	3.46	0.00		
			0.456	45.14	0.00	51.53	0.00	3.46	0.00		
			0.608	45.17	0.00	51.50	0.00	3.46	0.00		
			0.760	45.20	0.00	51.47	0.00	3.45	0.00		
			0.912	45.21	0.00	51.44	0.00	3.44	0.00		
			1.064	45.23	0.00	51.42	0.00	3.44	0.00		
			1.216	45.24	0.00	51.39	0.00	3.43	0.00		
			1.368	45.24	0.00	51.37	0.00	3.42	0.00		
			1.520	45.25	0.00	51.36	0.00	3.42	0.00		
			1.672	45.25	0.00	51.35	0.00	3.42	0.00		
			1.824	45.25	0.00	51.34	0.00	3.41	0.00		
			1.976	45.25	0.00	51.34	0.00	3.41	0.00		
			2.128	45.25	0.00	51.35	0.00	3.42	0.00		
			2.280	45.25	0.00	51.36	0.00	3.42	0.00		
			2.432	45.24	0.00	51.37	0.00	3.42	0.00		
			2.584	45.24	0.00	51.39	0.00	3.43	0.00		
			2.736	45.23	0.00	51.42	0.00	3.44	0.00		
			2.888	45.22	0.00	51.45	0.00	3.44	0.00		
			3.040	45.20	0.00	51.48	0.00	3.45	0.00		
			3.192	45.17	0.00	51.51	0.00	3.46	0.00		
			3.344	45.15	0.00	51.53	0.00	3.46	0.00		
			3.496	45.10	0.00	51.53	0.00	3.46	0.00		
	3.648	45.07	0.00	51.52	0.00	3.46	0.00				
	3.800	45.14	0.00	51.59	0.00	3.44	0.00				
		LF2	126	0.000	55.92	0.00	79.49	0.00	9.05	0.00	
					0.152	55.83	0.00	79.00	0.00	9.00	0.00
					0.304	55.88	0.00	78.87	0.00	8.97	0.00
					0.456	55.92	0.00	78.71	0.00	8.93	0.00
					0.608	55.93	0.00	78.55	0.00	8.89	0.00
					0.760	55.93	0.00	78.42	0.00	8.86	0.00
					0.912	55.92	0.00	78.31	0.00	8.83	0.00
					1.064	55.90	0.00	78.22	0.00	8.81	0.00
					1.216	55.88	0.00	78.15	0.00	8.79	0.00
					1.368	55.86	0.00	78.09	0.00	8.78	0.00
					1.520	55.83	0.00	78.05	0.00	8.77	0.00
					1.672	55.81	0.00	78.02	0.00	8.77	0.00
			1.824	55.80	0.00	78.00	0.00	8.77	0.00		
			1.976	55.78	0.00	77.99	0.00	8.77	0.00		
			2.128	55.77	0.00	78.00	0.00	8.78	0.00		
			2.280	55.77	0.00	78.01	0.00	8.79	0.00		
			2.432	55.76	0.00	78.04	0.00	8.80	0.00		
			2.584	55.75	0.00	78.08	0.00	8.82	0.00		
			2.736	55.75	0.00	78.14	0.00	8.84	0.00		
			2.888	55.74	0.00	78.21	0.00	8.87	0.00		
			3.040	55.72	0.00	78.31	0.00	8.91	0.00		
			3.192	55.69	0.00	78.42	0.00	8.94	0.00		
		3.344	55.65	0.00	78.56	0.00	8.98	0.00			
		3.496	55.58	0.00	78.70	0.00	9.03	0.00			
		3.648	55.52	0.00	78.82	0.00	9.06	0.00			
		3.800	55.56	0.00	79.28	0.00	9.12	0.00			
	LF5	126	0.000	12.63	0.00	4.48	0.00	-5.09	0.00		
				0.152	12.01	0.00	4.34	0.00	-4.91	0.00	
				0.304	11.68	0.00	4.26	0.00	-4.81	0.00	
				0.456	11.26	0.00	4.13	0.00	-4.67	0.00	
				0.608	10.85	0.00	3.99	0.00	-4.53	0.00	
				0.760	10.45	0.00	3.84	0.00	-4.39	0.00	
				0.912	10.06	0.00	3.69	0.00	-4.26	0.00	



### 4.3 LINIEN - LAGERKRÄFTE

Linie Nr.	LF/LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Lagerkräfte [kN/m]			Lagermomente [kNm/m]					
				$p_x$	$p_y$	$p_z$	$m_x$	$m_y$	$m_z$			
116	LF5	126	1.064	9.68	0.00	3.53	0.00	-4.12	0.00			
			1.216	9.29	0.00	3.36	0.00	-3.98	0.00			
			1.368	8.91	0.00	3.20	0.00	-3.85	0.00			
			1.520	8.52	0.00	3.03	0.00	-3.71	0.00			
			1.672	8.12	0.00	2.86	0.00	-3.57	0.00			
			1.824	7.72	0.00	2.69	0.00	-3.43	0.00			
			1.976	7.32	0.00	2.52	0.00	-3.29	0.00			
			2.128	6.90	0.00	2.34	0.00	-3.14	0.00			
			2.280	6.48	0.00	2.15	0.00	-3.00	0.00			
			2.432	6.06	0.00	1.96	0.00	-2.86	0.00			
			2.584	5.62	0.00	1.76	0.00	-2.72	0.00			
			2.736	5.18	0.00	1.55	0.00	-2.58	0.00			
			2.888	4.74	0.00	1.34	0.00	-2.44	0.00			
			3.040	4.29	0.00	1.11	0.00	-2.31	0.00			
			3.192	3.83	0.00	0.87	0.00	-2.18	0.00			
			3.344	3.38	0.00	0.63	0.00	-2.04	0.00			
			3.496	2.92	0.00	0.39	0.00	-1.92	0.00			
			3.648	2.57	0.00	0.21	0.00	-1.82	0.00			
				125	3.800	1.97	0.00	-0.07	0.00	-1.66	0.00	
				LK4	126	0.000	113.77	0.00	135.55	0.00	7.37	0.00
			0.152			113.00	0.00	134.86	0.00	7.52	0.00	
			0.304			112.75	0.00	134.66	0.00	7.59	0.00	
	0.456	112.40	0.00			134.36	0.00	7.69	0.00			
	0.608	112.03	0.00			134.05	0.00	7.79	0.00			
	0.760	111.66	0.00			133.74	0.00	7.89	0.00			
	0.912	111.27	0.00			133.44	0.00	7.99	0.00			
	1.064	110.89	0.00			133.16	0.00	8.10	0.00			
	1.216	110.49	0.00			132.90	0.00	8.21	0.00			
	1.368	110.08	0.00			132.66	0.00	8.33	0.00			
	1.520	109.68	0.00			132.44	0.00	8.46	0.00			
	1.672	109.26	0.00			132.23	0.00	8.59	0.00			
		125	3.800	102.73	0.00	130.79	0.00	10.88	0.00			
	117	LF1	127	0.000	45.68	0.00	51.74	0.00	3.31	0.00		
				0.160	45.29	0.00	51.62	0.00	3.39	0.00		
0.320				45.13	0.00	51.58	0.00	3.44	0.00			
		LF2	127	0.000	56.53	0.00	80.33	0.00	9.01	0.00		
0.160				56.07	0.00	79.92	0.00	9.06	0.00			
		126	0.320	55.92	0.00	79.49	0.00	9.05	0.00			
		LF5	127	0.000	13.76	0.00	4.79	0.00	-5.32	0.00		
0.160				13.19	0.00	4.60	0.00	-5.22	0.00			
		126	0.320	12.63	0.00	4.48	0.00	-5.09	0.00			
		LK4	127	0.000	116.05	0.00	136.86	0.00	6.96	0.00		
0.160				114.64	0.00	136.14	0.00	7.20	0.00			
0.320				113.77	0.00	135.55	0.00	7.37	0.00			
118	LF1	128	0.000	33.07	0.00	33.55	0.00	3.00	0.00			
			0.140	49.30	0.00	55.31	0.00	3.15	0.00			
			0.280	45.68	0.00	51.74	0.00	3.31	0.00			
		LF2	128	0.000	39.68	0.00	53.61	0.00	8.24	0.00		
	0.140			61.55	0.00	85.50	0.00	8.77	0.00			
		127	0.280	56.53	0.00	80.33	0.00	9.01	0.00			
		LF5	128	0.000	10.28	0.00	3.26	0.00	-5.13	0.00		
	0.140			14.79	0.00	5.85	0.00	-5.35	0.00			
		127	0.280	13.76	0.00	4.79	0.00	-5.32	0.00			
		LK4	128	0.000	83.09	0.00	90.42	0.00	6.07	0.00		
	0.140			125.74	0.00	146.67	0.00	6.54	0.00			
	0.280			116.05	0.00	136.86	0.00	6.96	0.00			
Σ Lager	LF1			0.00	0.00	511.92						
Σ Laste	LF1			0.00	0.00	511.92						
Σ Lager	LF2			0.00	0.00	783.53						
Σ Laste	LF2			0.00	0.00	783.53						
Σ Lager	LF5			0.00	0.00	79.97						
Σ Laste	LF5			0.00	0.00	79.97						
Σ Lager	LK4			0.00	0.00	1375.42						
Σ Laste	LK4			0.00	0.00	1375.42						



Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.3 Außergewöhnlicher Lastfall

Datum: 13.03.2020

▀ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN

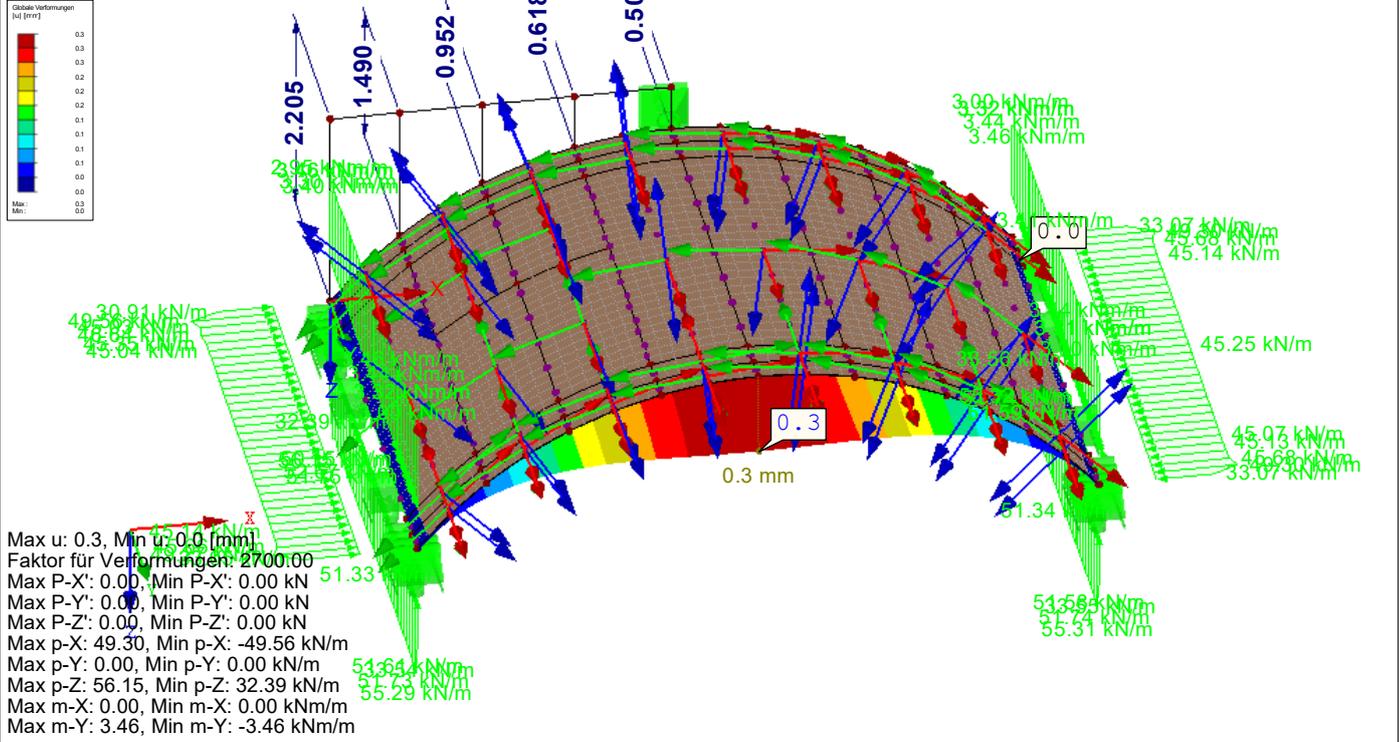
LF 1: EG Gewölbe

Globale Verformungen u [mm]

Lagerreaktionen

Werte: u [mm]

Isometrie



▀ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN

LF 2: EG Erdrreich/Belag/Ausbau

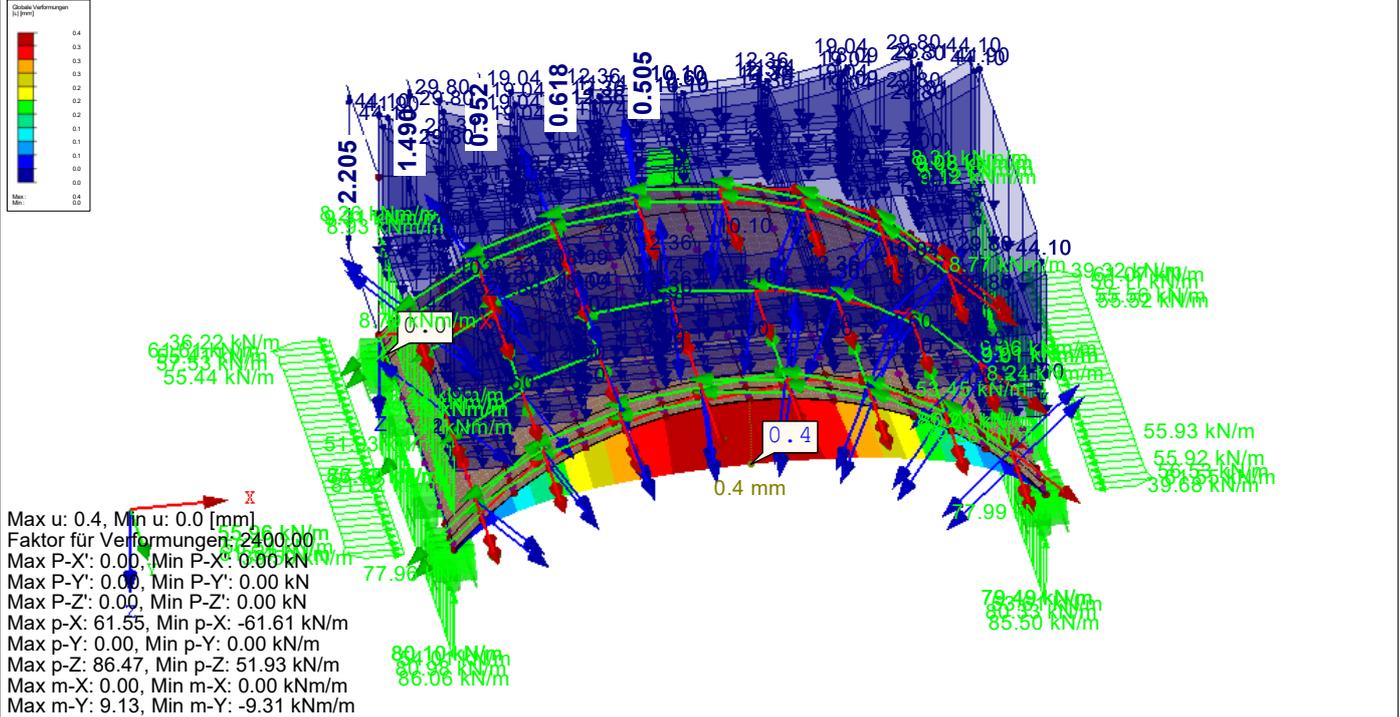
Belastung [kN/m²]

Globale Verformungen u [mm]

Lagerreaktionen

Werte: u [mm]

Isometrie





Projekt: Röpersberg RFEM

Modell: Anhang C.3 Außergewöhnlicher Lastfall

Datum: 13.03.2020

## ■ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN

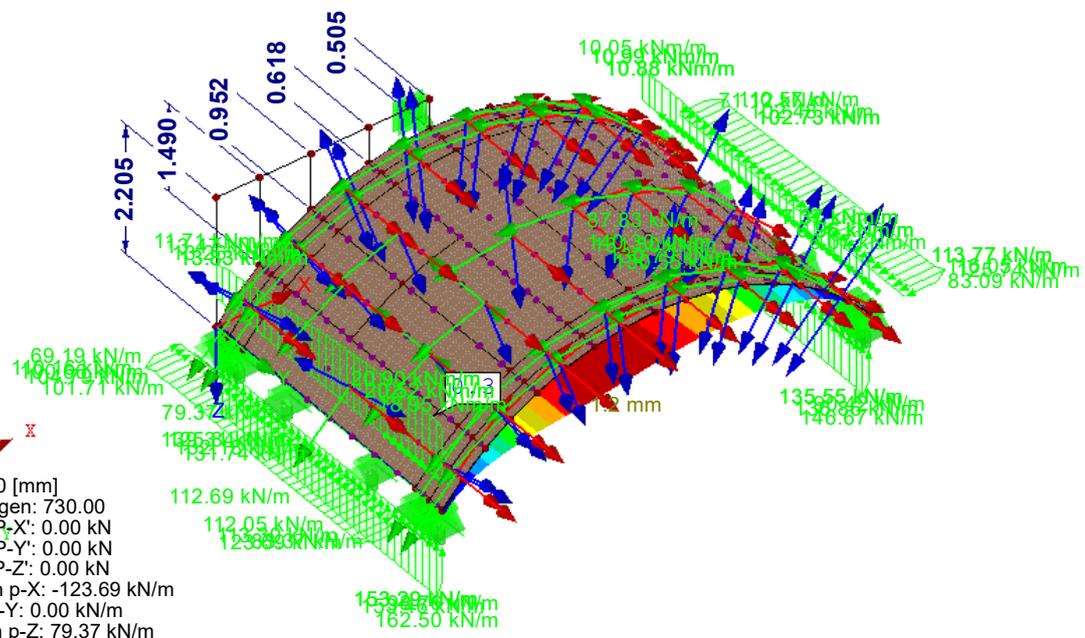
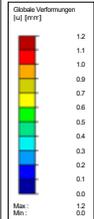
LK 4: GZT (EQU) - Außergewöhnlich - psi-1,1

Globale Verformungen u [mm]

Lagerreaktionen

Werte: u [mm]

Isometrie



Max u: 1.2, Min u: 0.0 [mm]  
Faktor für Verformungen: 730.00  
Max P-X: 0.00, Min P-X: 0.00 kN  
Max P-Y: 0.00, Min P-Y: 0.00 kN  
Max P-Z: 0.00, Min P-Z: 0.00 kN  
Max p-X: 125.74, Min p-X: -123.69 kN/m  
Max p-Y: 0.00, Min p-Y: 0.00 kN/m  
Max p-Z: 162.50, Min p-Z: 79.37 kN/m  
Max m-X: 0.00, Min m-X: 0.00 kNm/m  
Max m-Y: 10.99, Min m-Y: -20.90 kNm/m

## ■ GLOBALE VERFORMUNGEN u, LAGERREAKTIONEN

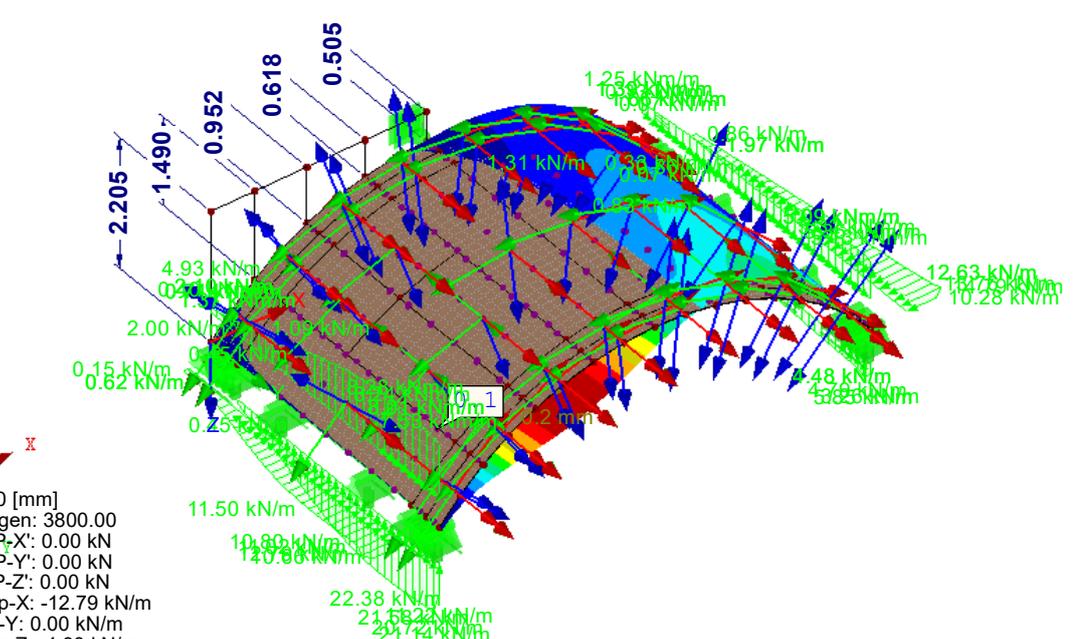
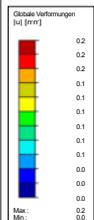
LF 5: Unplanmäßiges Fahrzeug

Globale Verformungen u [mm]

Lagerreaktionen

Werte: u [mm]

Isometrie



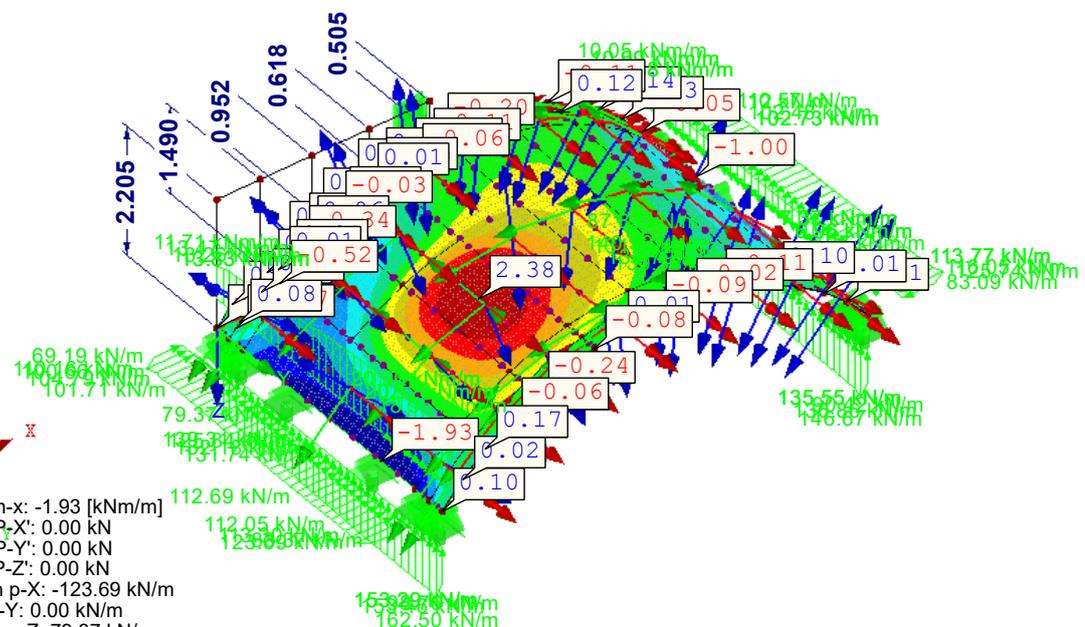
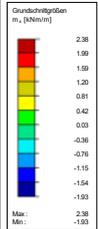
Max u: 0.2, Min u: 0.0 [mm]  
Faktor für Verformungen: 3800.00  
Max P-X: 0.00, Min P-X: 0.00 kN  
Max P-Y: 0.00, Min P-Y: 0.00 kN  
Max P-Z: 0.00, Min P-Z: 0.00 kN  
Max p-X: 14.79, Min p-X: -12.79 kN/m  
Max p-Y: 0.00, Min p-Y: 0.00 kN/m  
Max p-Z: 22.38, Min p-Z: -4.93 kN/m  
Max m-X: 0.00, Min m-X: 0.00 kNm/m  
Max m-Y: -0.40, Min m-Y: -8.28 kNm/m



GRUNDSCHNITTGRÖSSEN  $m_x$ , LAGERREAKTIONEN

LK 4: GZT (EQU) - Außergewöhnlich - psi-1,1  
Grundschnittgrößen m-x [kNm/m]  
Lagerreaktionen  
Werte: m-x [kNm/m]

Isometrie

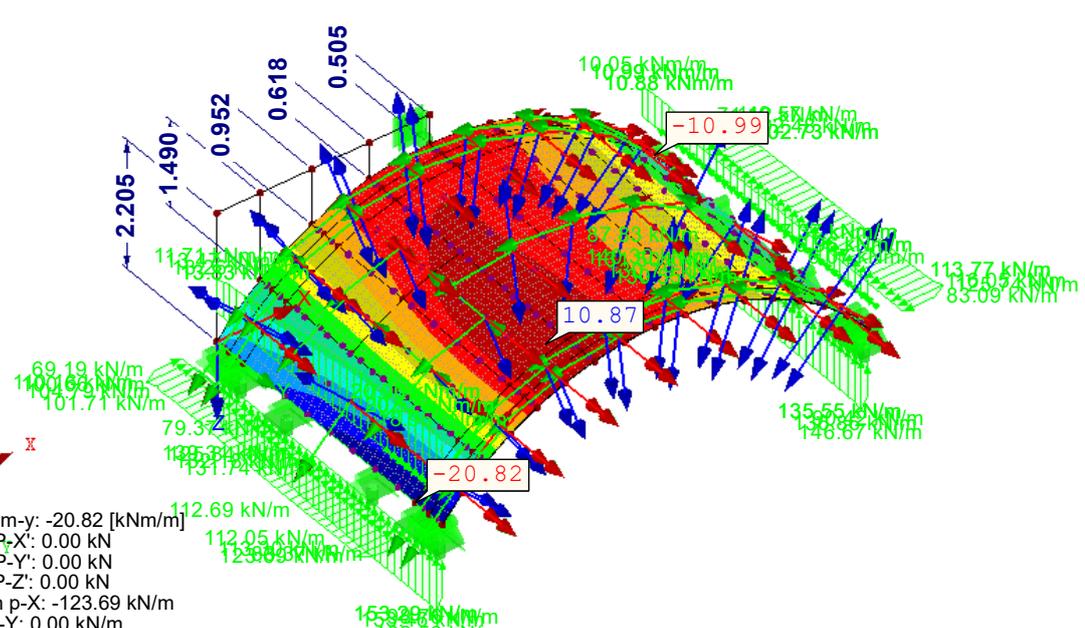
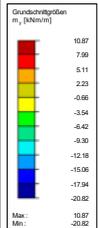


Max m-x: 2.38, Min m-x: -1.93 [kNm/m]  
Max P-X: 0.00, Min P-X: 0.00 kN  
Max P-Y: 0.00, Min P-Y: 0.00 kN  
Max P-Z: 0.00, Min P-Z: 0.00 kN  
Max p-X: 125.74, Min p-X: -123.69 kN/m  
Max p-Y: 0.00, Min p-Y: 0.00 kN/m  
Max p-Z: 162.50, Min p-Z: 79.37 kN/m  
Max m-X: 0.00, Min m-X: 0.00 kNm/m  
Max m-Y: 10.99, Min m-Y: -20.90 kNm/m

GRUNDSCHNITTGRÖSSEN  $m_y$ , LAGERREAKTIONEN

LK 4: GZT (EQU) - Außergewöhnlich - psi-1,1  
Grundschnittgrößen m-y [kNm/m]  
Lagerreaktionen  
Werte: m-y [kNm/m]

Isometrie



Max m-y: 10.87, Min m-y: -20.82 [kNm/m]  
Max P-X: 0.00, Min P-X: 0.00 kN  
Max P-Y: 0.00, Min P-Y: 0.00 kN  
Max P-Z: 0.00, Min P-Z: 0.00 kN  
Max p-X: 125.74, Min p-X: -123.69 kN/m  
Max p-Y: 0.00, Min p-Y: 0.00 kN/m  
Max p-Z: 162.50, Min p-Z: 79.37 kN/m  
Max m-X: 0.00, Min m-X: 0.00 kNm/m  
Max m-Y: 10.99, Min m-Y: -20.90 kNm/m



Projekt: Röpersberg RFEM

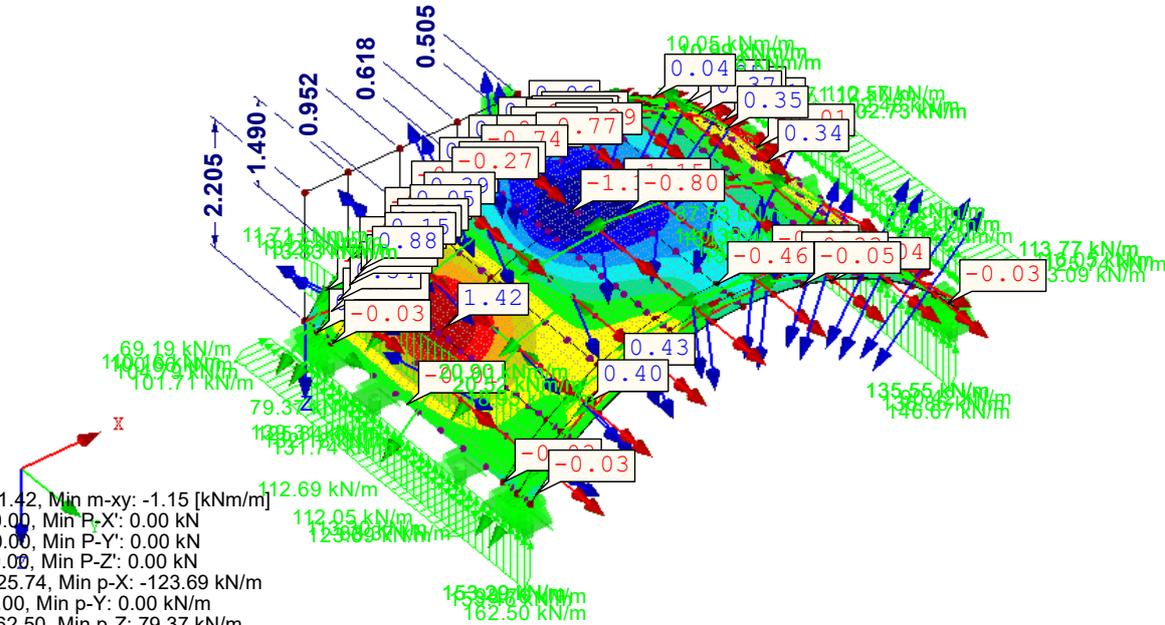
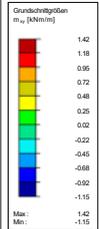
Modell: Anhang C.3 Außergewöhnlicher Lastfall

Datum: 13.03.2020

### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $m_{xy}$ , LAGERREAKTIONEN

LK 4: GZT (EQU) - Außergewöhnlich - psi-1,1  
Grundschnittgrößen  $m_{xy}$  [kNm/m]  
Lagerreaktionen  
Werte:  $m_{xy}$  [kNm/m]

Isometrie

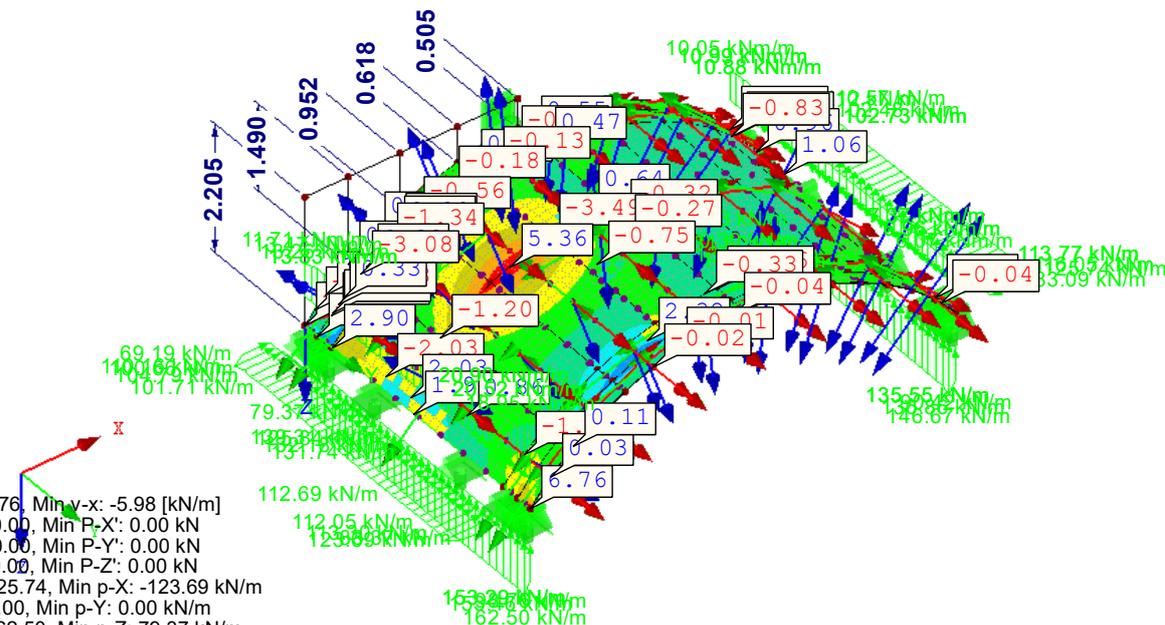
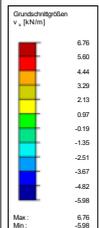


Max  $m_{xy}$ : 1.42, Min  $m_{xy}$ : -1.15 [kNm/m]  
Max P-X: 0.00, Min P-X: 0.00 kN  
Max P-Y: 0.00, Min P-Y: 0.00 kN  
Max P-Z: 0.00, Min P-Z: 0.00 kN  
Max p-X: 125.74, Min p-X: -123.69 kN/m  
Max p-Y: 0.00, Min p-Y: 0.00 kN/m  
Max p-Z: 162.50, Min p-Z: 79.37 kN/m  
Max m-X: 0.00, Min m-X: 0.00 kNm/m  
Max m-Y: 10.99, Min m-Y: -20.90 kNm/m

### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $v_x$ , LAGERREAKTIONEN

LK 4: GZT (EQU) - Außergewöhnlich - psi-1,1  
Grundschnittgrößen  $v_x$  [kN/m]  
Lagerreaktionen  
Werte:  $v_x$  [kN/m]

Isometrie



Max  $v_x$ : 6.76, Min  $v_x$ : -5.98 [kN/m]  
Max P-X: 0.00, Min P-X: 0.00 kN  
Max P-Y: 0.00, Min P-Y: 0.00 kN  
Max P-Z: 0.00, Min P-Z: 0.00 kN  
Max p-X: 125.74, Min p-X: -123.69 kN/m  
Max p-Y: 0.00, Min p-Y: 0.00 kN/m  
Max p-Z: 162.50, Min p-Z: 79.37 kN/m  
Max m-X: 0.00, Min m-X: 0.00 kNm/m  
Max m-Y: 10.99, Min m-Y: -20.90 kNm/m



Projekt: Röpersberg RFEM

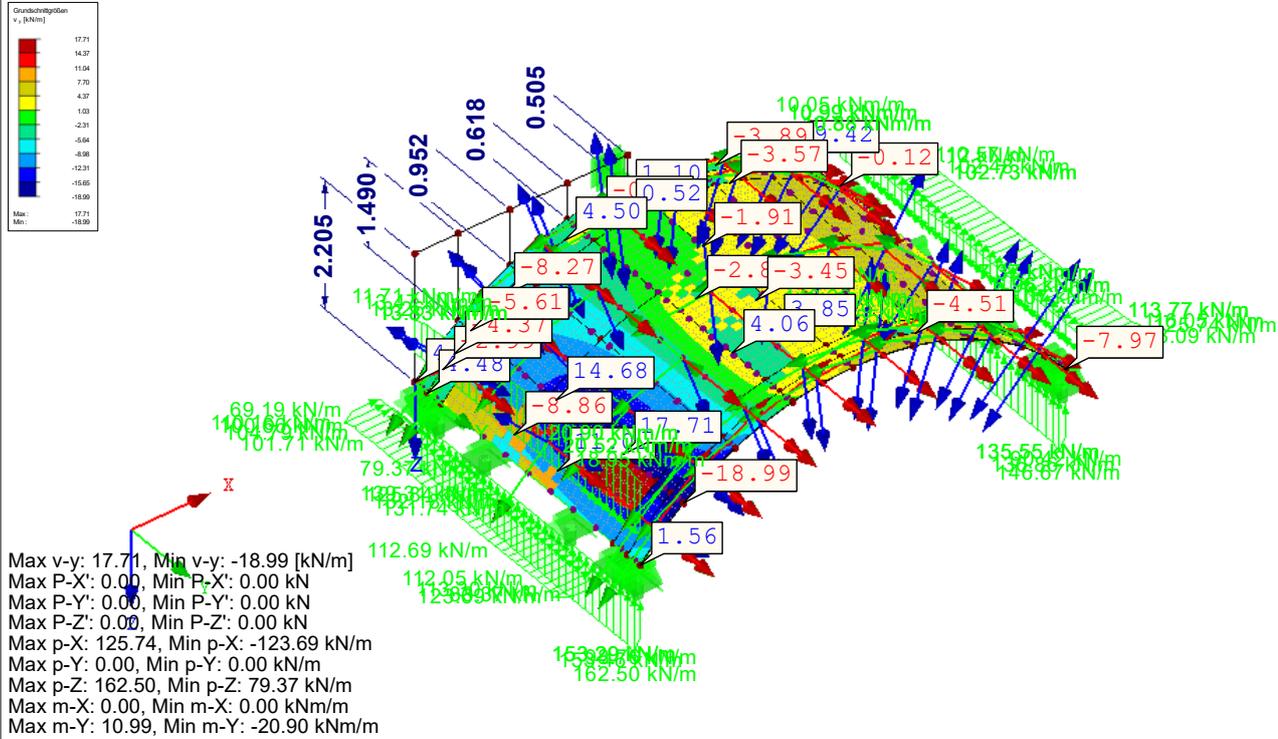
Modell: Anhang C.3 Außergewöhnlicher Lastfall

Datum: 13.03.2020

### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $v_y$ , LAGERREAKTIONEN

LK 4: GZT (EQU) - Außergewöhnlich - psi-1,1  
Grundschnittgrößen  $v-y$  [kN/m]  
Lagerreaktionen  
Werte:  $v-y$  [kN/m]

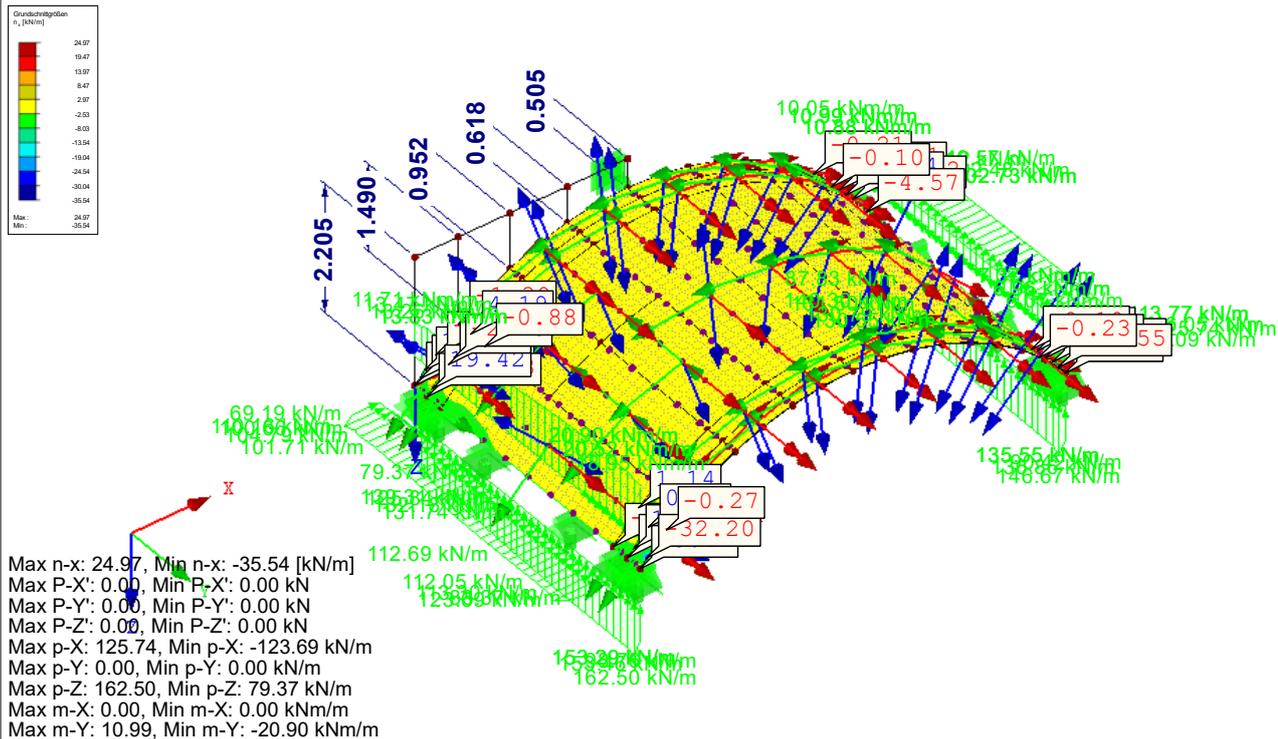
Isometrie



### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $n_x$ , LAGERREAKTIONEN

LK 4: GZT (EQU) - Außergewöhnlich - psi-1,1  
Grundschnittgrößen  $n-x$  [kN/m]  
Lagerreaktionen  
Werte:  $n-x$  [kN/m]

Isometrie





Projekt: Röpersberg RFEM

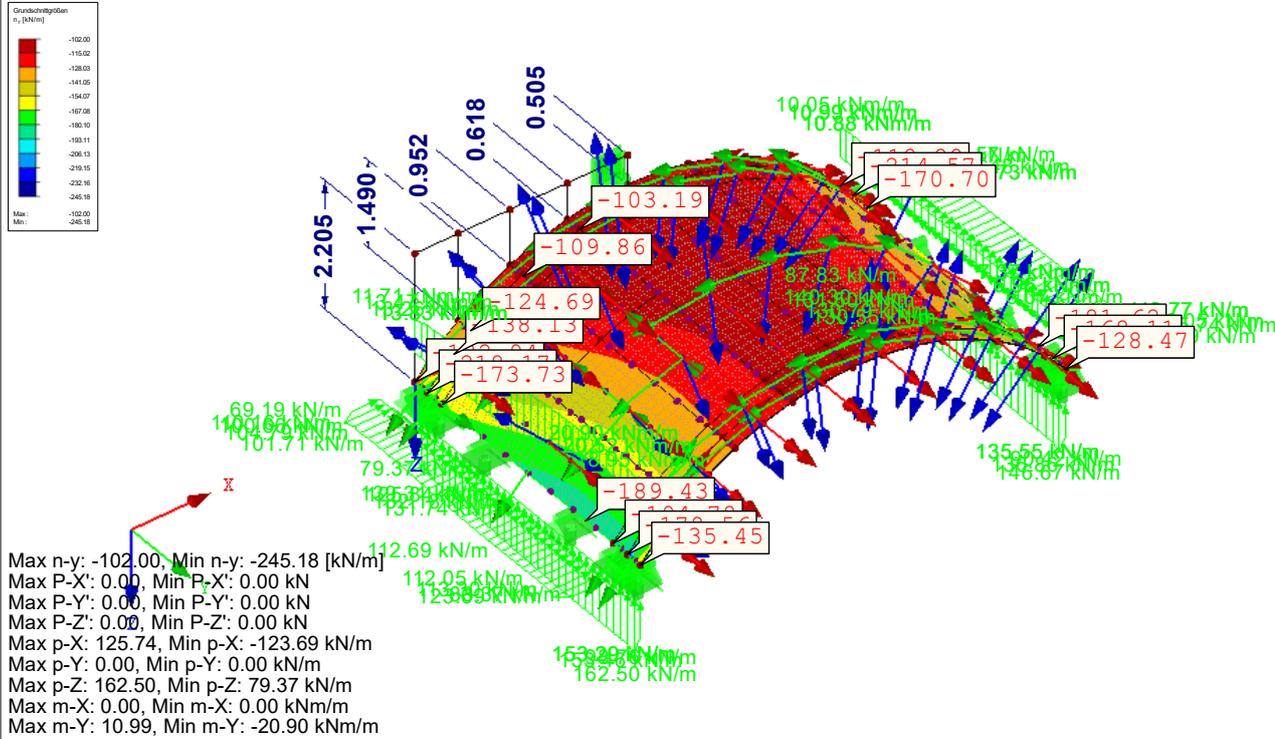
Modell: Anhang C.3 Außergewöhnlicher Lastfall

Datum: 13.03.2020

### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $n_y$ , LAGERREAKTIONEN

LK 4: GZT (EQU) - Außergewöhnlich - psi-1,1  
Grundschnittgrößen n-y [kN/m]  
Lagerreaktionen  
Werte: n-y [kN/m]

Isometrie



### GRUNDSCHNITTGRÖSSEN $n_{xy}$ , LAGERREAKTIONEN

LK 4: GZT (EQU) - Außergewöhnlich - psi-1,1  
Grundschnittgrößen n-xy [kN/m]  
Lagerreaktionen  
Werte: n-xy [kN/m]

Isometrie

