

# Erneuerung Waldenburgerbahn Los 4: Hölstein bis Hirschlang

Auflageprojekt

## Untersuchungsbericht

Eindolung Vordere Frenke

Eingangs Hölstein Nord

Version 1.0 | 3. Mai 2019



Projektverfasser  
Gruner AG

Bauherrschaft  
BLT Baselland Transport AG



Bernhard Senn



Urs Willimann



Reto Rotzler



Peter Baumann

## **Impressum**

---

Auftragsnummer 211'171'000  
Auftraggeber BLT Baselland Transport AG  
Datum 3. Mai 2019  
Version 1.0  
Autor(en) Gernot Hörtnagl  
Freigabe Bernhard Senn  
Verteiler Peter Baumann (BLT), Fredy Fecker (BLT), Andreas Anetzeder (BHU; Rapp Infra AG)  
Datei K:\211171\_011\_WB\_Los 3, DSP\05\_Berichte\1.014\270\_Stat Ueberprf\_1-014\_05042019.doc  
Seitenanzahl 65

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Tragsystem</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Objektskizze</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Annahmen / Systemabgrenzung</b>	<b>8</b>
4.1	Grundlagen	8
4.2	Nutzung	8
4.3	Modell	9
4.4	Materialkennwerte	9
4.5	Einwirkungen	9
4.6	Gefährdungsbilder	12
<b>5</b>	<b>Tragsicherheitsnachweise – Ergebnisse tabellarisch</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Sofortmassnahmen / Empfehlungen</b>	<b>16</b>
6.1	Sofortmassnahmen	16
6.2	Empfehlungen	16
<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>18</b>
7.1	Planausschnitt aus Schalungs- und Armierungsplan	18
7.2	Empfohlene Sondagen am Bauwerk	20
7.3	Statische Nachrechnung	21

## **1 Einleitung**

Die Gruner AG wurde im Zuge des geplanten Doppelspurausbaus Lampenberg - Bahnübergang Steinenweg beauftragt, das Plangenehmigungsverfahren für das Los 3 durchzuführen. Im Rahmen dieses Auftrages wurde auch die Eindolung Vordere Frenke Eingangs Hölstein Nord - Objekt 1.014 statisch überprüft.

## 2 Tragsystem

Die Eindolung Hölstein Nord Hauensteinstrasse und Waldenburgerbahn (Objekt-Nr.: 1.014) über die vordere Frenke wurde ca. 1966 in Stahlbeton erstellt.

Das Bauwerk ist als Einfeldrahmentragwerk aus neun in Flussrichtung hintereinander angeordneten unten offenen Rahmentragwerken ausgeführt. Die Fugen zwischen den einzelnen Rahmenelementen sind mit einer Verzahnung und einer doppelten Lage Dachpappe ausgeführt. Der entlang der Hauensteinstrasse verlaufende Sammelkanal quert unter dem Bauwerk die vordere Frenke.

Das Bauwerk ist flach fundiert.

Baujahr	1966
Gesamtlänge Brücke	in Flussrichtung ca. 54 m
Spannweiten	7.45 m
Tragwerk	unten offener Rahmen
<p><b>Schnitt</b></p>	
- Deckenplatte	$h = 0.35$ m, zu Wänden gevoutet von 0.35 auf 0.50 m
- Wände	$H = 2.6$ m / $b = 0.50$ m
Lager:	keine
Fahrbahnübergänge	keine
Fundation	Flachfundation
Baugrund	Niederterrassenschotter
Längsgefälle	variabel
Quergefälle	variabel
Lichthöhe unter Brücke	ca. 2.4 m (nach Plan)

### 3 Objektskizze

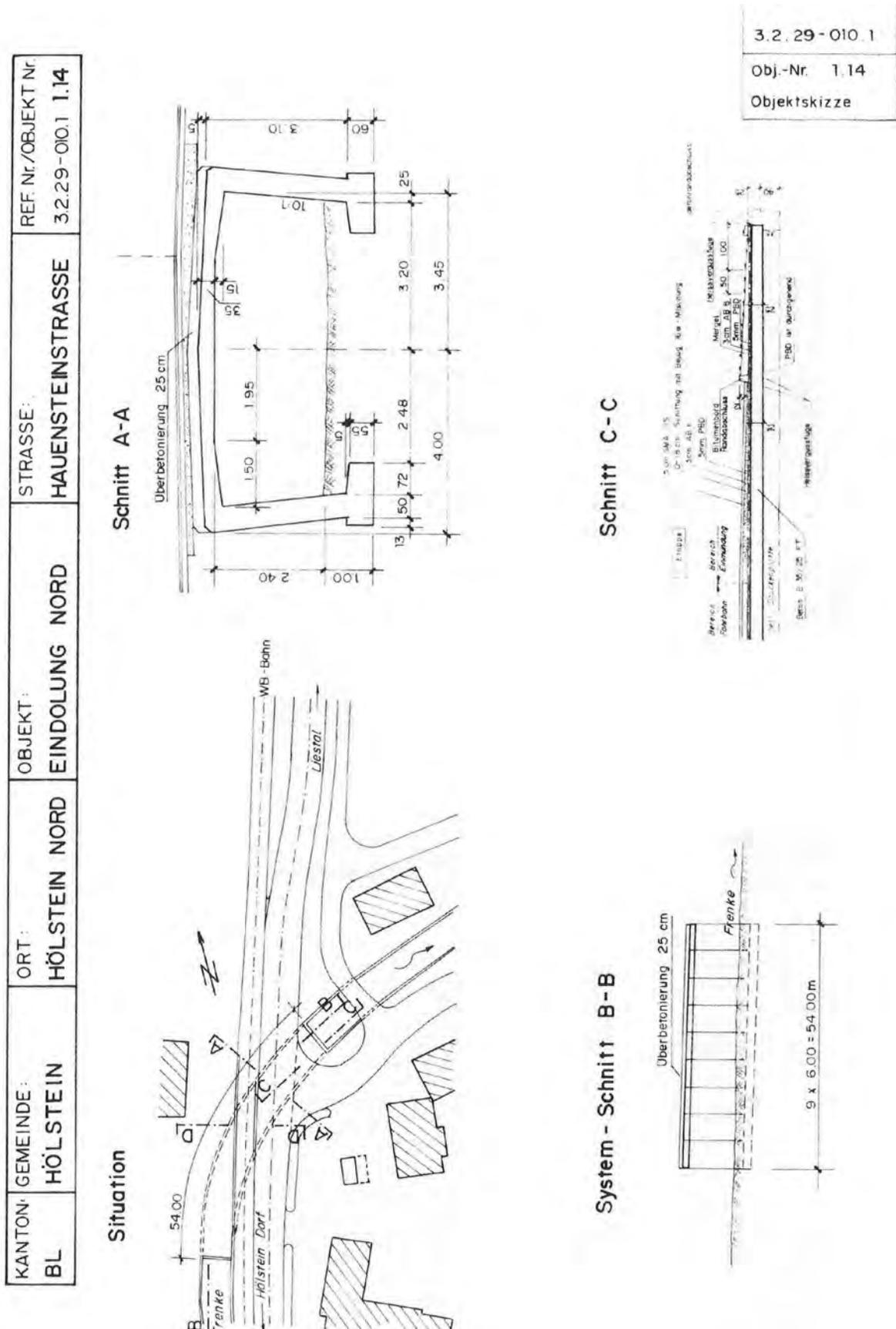


Abbildung 1: Objektskizze



Abbildung 2: Objektskizze Schnitte/Aufbau

## 4 Annahmen / Systemabgrenzung

### 4.1 Grundlagen

#### 4.1.1 Plangrundlagen

- Projektpläne aus der Bauzeit (unvollständig)(Itin&Kipfer, Liestal) 1966
- Statische Berechnung Kreuzung Sammelkanal (Itin&Kipfer, Liestal) 1966

#### 4.1.2 Normen / Richtlinien / normenbezogene Dokumente

- Normenreihe: "Projektierung von Tragwerken" SIA 260 ff 2003
- Normenreihe: "Erhaltung von Tragwerken" SIA 269/1 ff 2011
- ASTRA-Dok: 82003, "Beurteilung der Erdbebensicherheit bestehender Strassenbrücken" (Nachweis erfolgte nach Stufe 1) 2005
- ASTRA-FH-K: 22001-23110, "Überprüfung der Tragsicherheit bestehender Bauwerke" 2008

### 4.2 Nutzung

In der Betriebsphase sind die folgenden Anforderungen an die Nutzung gestellt:

- Ausbaugeschwindigkeiten auf Eindolung: 70 km/h (Tram)
- Ausbaugeschwindigkeiten auf Eindolung: 50 km/h (Strassenverkehr)

Verkehrsregime	
Verkehr auf Brücke	
Waldenburgbahn Betreiber: Baselland Transport AG (BLT)	ein Gleise, b = 1.0 m
Strassenverkehr	Hauensteinstrasse (Ausnahmetransportroute Typ I), Abzweigung zu Hauptstrasse
unter Brücke	vordere Frenke

Die Restnutzungsdauer wird für bestehende Bauwerke gemäss ASTRA-Merkblatt 22001-24211 angenommen:

$t_{\text{Nutz}} = 100 \text{ Jahre} - \text{Bauteilalter} (> 25 \text{ Jahre})$	$t_{\text{Nutz}}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tragkonstruktion</li> <li>- Unterbau</li> </ul>	100 - 52 = 48 Jahre  <u>48 Jahre</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entwässerung</li> <li>- Abdichtung / Schutzschichtbelag</li> </ul>	50 - 52 < 0 es liegen keine Angaben über durchgeführte Erhaltungsmassnahmen vor  <u>25 Jahre</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deckschichtbelag</li> <li>- Fahrbahnübergänge / Geländer</li> </ul>	25 - 52 < 0 es liegen keine Angaben über durchgeführte Erhaltungsmassnahmen vor  <u>25 Jahre</u>

### 4.3 Modell

Für die statische Überprüfung wurden ein räumliches Tragwerksmodelle aus Schalenelementen gebildet. Es wurde nur ein einzelner Rahmen modelliert und das Bahngleis in ungünstiger Lage angesetzt. Die Geometrie wurde gemäss Plan Bacheindolung Schalungs- und Armierungsplan Pl.35 angenommen. Die Beanspruchungen des Überbauquerschnitts werden am Schalenmodell für die verschiedenen Anordnungen der Schmalspurbahnlast längs der Gleisachse untersucht. Die Streifenfundamente unter den Wandscheiben werden mit einer vertikalen und horizontalen Bettung angenommen.

### 4.4 Materialkennwerte

Diese wurden aus den Plangrundlagen entnommen und aktualisiert.

Beton BH 300	Fundamente / Widerlager /	Raumgewicht Druckfestigkeit Schubspannungsgrenze	$\gamma_c = 25.0 \text{ kN/m}^3$ $f_{cd} = 10.9 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{cd} = 0.81 \text{ N/mm}^2$
Beton BH 300	Überbau	Raumgewicht Druckfestigkeit Schubspannungsgrenze	$\gamma_c = 25.0 \text{ kN/m}^3$ $f_{cd} = 10.9 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{cd} = 0.81 \text{ N/mm}^2$
Bewehrungsstahl TYP II	alle Bauteile	Fliessgrenze	$f_{sd} = 300 \text{ N/mm}^2$

### 4.5 Einwirkungen

#### 4.5.1 Ständige Einwirkungen

<b>Eigengewicht</b>	Beton	$g_k$	25.0 kN/m <sup>3</sup>
<b>Auflast</b>	Bereich Gleis	$g_k$	Gleis+Schotter inkl. Abdichtung (ca. 0.6 m) oder Infundo Fahrbahn (ca. 0.4 m) 12.5 kN/m <sup>2</sup>
	Bereich Fahrbahn	$g_k$	Aufbeton 25 cm PBD-Abdichtung 0.5 cm Schutzschicht 3 cm Schiftung mit Belag 0-18 cm Tragschicht 12 cm Verschleissicht 5 cm 11.2 - 15.5 kN/m <sup>2</sup>
	Bereich ausserhalb Strasse	$g_k$	Aufbeton 15/25 cm PBD-Abdichtung 0.5 cm Schutzschicht 6 cm Mergel 10-22 cm 7.3 - 12.2 kN/m <sup>2</sup>
			vereinfacht für Rahmen mit Bahnlasten flächig angesetzt 12.5 kN/m <sup>2</sup>
<b>Erddruck</b>	Schotter	$g_k$ $\varphi'$ $c'$	20.0 kN/m <sup>3</sup> 35 ° 0 kN/
			Werte nach angenommen, Grundlage geotechnischer Bericht; Geologisches Institut Basel; 2017

#### 4.5.2 Veränderliche Einwirkungen

**Schnee** nicht massgebend, Verkehrslasten/Nutzlasten erheblich grösser

**Wind** für eingeschüttetes Rahmenbauwerk nicht massgebend

**Temperatur**

$\alpha =$	1.00E-05 /°C		
Mittlere Orttemperatur	10 °C		
gleichmässig	$\Delta T_{1,r} =$	$\pm 20$ °C	
ungleichmässig	oben warm		
	$\Delta T_{2,r} =$	12 °C	oben $\Delta T_{1,r} + \Delta T_{2,r}$ 32 °C
			unten 20 °C
	oben kalt		
	$\Delta T_{2,r} =$	-4 °C	oben $\Delta T_{1,r} + \Delta T_{2,r}$ -24 °C
			unten -20 °C

wird im Rahmen der Überprüfung nicht weiter berücksichtigt

#### Schmalspurverkehr

##### Vertikale Einwirkungen

Lastmodell 4 - Stadt- und Agglomerationsverkehr

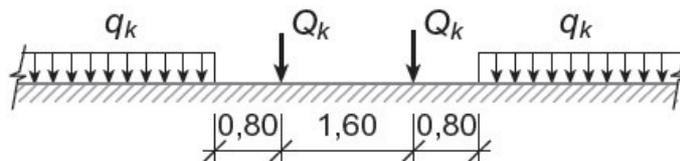


Abbildung 3 Lastanordnung in Gleislängsrichtung

$$Q_k = 130 \text{ kN}$$

$$q_k = 25 \text{ kN/m}$$

$$\text{Dynamischer Beiwert } \Phi = 1.48 \text{ (Regelbereich)}$$

Angenommene Lastausbreitung: in Querrichtung durch Infundo-Element auf Elementbreite ca. 2.6 m, zusätzlich Lastausbreitung unter 45° bis Mitte Tragwerk auf gesamt ca. 3.0 m  
 in Längsrichtung für Achslasten  $Q_k$  auf 4-fache Gleishöhe (4 x 0.15 m) plus Lastausbreitung unter 45° in Infundo-Element unter Gleis plus zusätzlich Lastausbreitung unter 45° bis Mitte Tragwerk auf gesamt ca. 1.5 m

##### Horizontale Einwirkung

Anfahr- und Bremskräfte  
 Länge Gleis auf Eindolung ca. 22 m  
 auf einem Rahmenelement max. ca. 6.9 m

$$QA_k = 0.3 \cdot \sum (Q_k + q_k \cdot l_{\text{tot}}) \leq 250 \text{ kN}$$

$$= 130 \text{ kN}$$

$$QB_k = 0.25 \cdot \sum (Q_k + q_k \cdot l_{\text{tot}}) \leq 1250 \text{ kN}$$

$$= 108 \text{ kN}$$

Zentrifugalkraft  
 für Rahmentragwerk nicht massgebend

Schlingerkraft  
 für Rahmentragwerk nicht massgebend

## Strassenverkehr

### Vertikale Einwirkungen

#### Lastmodell 1

Laststellung	Achslastgruppe $Q_{ki}$	Beiwert $\alpha_{Qi}$ <sup>1</sup>	Verteilte Belastung $q_{ki}$	Beiwert $\alpha_{qi}$ <sup>2</sup>
Fahrstreifen 1 $b_1 = 3.0 \text{ m}$	2·300 kN	0.90	9 kN/m <sup>2</sup>	0.90
Fahrstreifen 2 $b_2 = 3.0 \text{ m}$	2·200 kN	0.90	2.5 kN/m <sup>2</sup>	0.90
Restfläche	-	-	2.5 kN/m <sup>2</sup>	0.90

#### Ausnahmetransporte Typ I

Ausnahmetransporte	Gesamtlast	Anzahl Achsen pro Normfahrtschemel
TYP I	$Q_k = 4800 \text{ kN}$	$n = 8$ max. Achslast 300 kN
TYP II	$Q_k = 2400 \text{ kN}$	$n = 6$ max. Achslast 200 kN
TYP III	$Q_k = 900 \text{ kN}$	$n = 4$ max. Achslast 112.5 kN

**Es wird angenommen, dass nicht gleichzeitig ein Ausnahmetransport Typ I oder II gleichzeitig mit den Bahnlasten am Bauwerk angreift.**

**Gemäss SIA 261/1;10.1.1.3;2003 sind Bauwerke auf Routen für Ausnahmetransporte des Typs I und II während der Überfahrt des Ausnahmetransportes für den übrigen Verkehr zu sperren.**

Bei der vorliegenden Bauwerksgeometrie wird Typ III ist durch LM1 mit  $\alpha = 0.9$  abgedeckt.

## Horizontale Einwirkungen

### Anfahr- und Bremskräfte

Anfahr- und Bremskräfte <sup>3</sup>	$Q_{ki}, q_{ki}, b_1$ gemäss Tabelle oben $l = \text{ca. } 6.9 \text{ m}$ auf einem Rahmenelement	$Q_{Ak} = Q_{Bk} = 1.2 \cdot \alpha_{Q1} \cdot Q_{k1} + 0.1 \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{k1} \cdot b_1 \cdot l$ $= 665 \text{ kN} \leq 900 \text{ kN}$
--------------------------------------	--	---

<sup>1</sup> In einem ersten Schritt werden die Beiwerte gemäss SIA 261 eingesetzt. In Abhängigkeit von den Ergebnissen können diese nach SIA 269/1 aktualisiert werden

<sup>2</sup> vgl. obige Fussnote

<sup>3</sup> Aktualisierung gemäss SIA 269/1, Art. 10.2.2:  $Q_{Ak,act} = Q_{Bk,act} = 0.8 \cdot Q_{k1} + 0.07 \cdot q_{k1} \cdot b_1 \cdot l = 493 \text{ kN}$

### 4.5.3 Aussergewöhnliche Einwirkungen

<b>Erdbeben</b>	Gefährdungszone	Z3a
	Bauwerksklasse	II

Keine rechnerische Prüfung der Erdbebensicherheit, bei Beurteilung gemäss ASTRA Dokumentation, Beurteilung der Erdbebensicherheit bestehender Strassenbrücken (2005) nach Stufe 1. kann die Erdbebensicherheit als genügend beurteilt werden.

**Entgleisung** Entgleisungslastmodelle 1 und 2 für Lastmodell 4 nach SIA 261;2014

	Entgleisungslastmodell		
	1		2
	q <sub>Ed</sub> [kN/m]	Q <sub>Ed</sub> [kN/m]	q <sub>Ed</sub> [kN/m]
Lastmodell 4	35	180	72 <sup>1)</sup>

1) für Tragwerkslängen < 20 m ist der Bemessungswert q<sub>Ed</sub> mit den 1.4-fachen charakteristischen Werten des jeweiligen Lastmodells und der effektiven Tragwerkslänge zu bestimmen. Länge Schräg auf Rahmenelement gemessen ca. 6.8 m.

Eine zusätzliche Lastausbreitung durch das Infundosystem wurde nicht berücksichtigt, da Lasten aus Entgleisung möglicherweise ausserhalb (Lastflächen nach SIA 261 angenommen).

### 4.5.4 Akzeptierte Risiken

Die nachfolgenden Gefährdungsbilder werden von der Bauherrschaft als akzeptiertes Risiko hingenommen:

<b>Brand</b> (auf / unter der Brücke)
<b>Explosion</b> (auf / unter der Brücke)
<b>Sabotage</b>
<b>Kriegsmässige Einwirkungen</b>

## 4.6 Gefährdungsbilder

### 4.6.1 Grenzzustand Typ 2: Nachweis der Tragsicherheit

(gem. SIA 261, für andauernde und vorübergehende Bemessungssituationen)

Ständige Einwirkungen

ungünstig wirkend	$\gamma_{G,sup} = 1.35$	
ungünstig wirkend	$\gamma_{G,sup} = 1.20$	(nach SIA 269/1 bei Prüfung der Geometrie, für Eigengewicht angenommen, in Nachrechnung für Konstruktionseigengewicht angesetzt)
günstig wirkend	$\gamma_{G,sup} = 0.80$	
günstig wirkend	$\gamma_{G,sup} = 0.90$	(nach SIA 269/1 bei Prüfung der Geometrie, für Eigengewicht angenommen)

Veränderlich Einwirkungen

	<b>Lastbeiwert</b> (Leiteinwirkung)	<b>Reduktionsbeiwert</b> (Begleiteinwirkung)
Bahnlast	$\gamma_Q = 1.45$	$\psi_0 = 1.00$
Strassenverkehrslast	$\gamma_Q = 1.50$	$\psi_0 = 0.75$

$$E_d = E\{\gamma_G G_k, \gamma_P P_k, \gamma_{Q1} Q_{k1}, \psi_{0i} Q_{ki}, X_d, a_d\}$$

#### 4.6.2 Grenzzustand Typ 4: Ermüdung

nur Ermüdung aus Bahnlasten untersucht

$$E_d = G_k + Q_{k,\text{Bahn}}$$

#### 4.6.3 Aussergewöhnliche Bemessungssituation

(gem. SIA 260)

$$E_d = E\{G_k, P_k, A_d, \gamma_{Q2}Q_{ki}, X_d, a_d\}$$

## 5 Tragsicherheitsnachweise – Ergebnisse tabellarisch

Die Betrachtung wird auf Grundlage des Bewehrungsplanes Hauptstrasse Nr.12 Talhaus-Hölstein, Teilstück: Wasmatt-Dorfeingang (handschriftlich ergänzt Hölstein-Nord) Bacheindolung Schalungs- u. Armierungsplan Plan 35 gemacht. Die auf diesem Plan dargestellte Schalung stimmt mit der Objektskizze des Objektes Eindolung Nord 1.014 überein. Die handschriftliche Ergänzung Hölstein Nord wird als Hinweis auf das Objekt 1.014 gesehen. Die Objekte 1.014 und 1.015 wurden zeitgleich erstellt. Es ist naheliegend das die Normalelemente des Objektes 1.015 auch für das Objekt 1.014 verwendet wurde.

Die Nachrechnung erfolgt für einen Rahmen des Bauwerks im Bereich der Gleisachse der Waldenburgerbahn. Die Gleise wurden dabei auf einer festen Fahrbahn, System Infundo angenommen.

Die Materialkennwerte wurden gemäss Kap. 4.4 angenommen, Beton BH 300 und Stahl Typ II. Eine Erhöhung der Betonfestigkeit auf Grund einer möglichen Nacherhärtung wurde nicht angesetzt.

Eine Überprüfung der Tragwerke betreffend Strassenverkehrslasten wurde nicht im Detail geführt. Die hier aufgeführten Erfüllungsgrade sind die Resultate in den massgebenden Schnitten für Belastungen aus den Bahnverkehr LM4.

Bauteil	Erfüllungsgrad $n = R_d / E_d$		Sofort- massnahmen	Bemerkungen
	Zielwert	erreicht	Empfehlung	
<b>Überbau unter LM4</b> <b>längs</b> (in Tragrichtung Rahmen)				5)
Feldmitte				
- Biegung	1.0	1.02		
- Querkraft	1.0	i.O.		
Anschnitt Wand				
- Biegung	1.0	1.25		
- Querkraft	1.0	1.01		1)
<b>quer - Tragwerksmitte</b>				
- Biegung	1.0	1.01		2)
<b>Aufgehendes</b>				
Anschnitt Decke				
- Biegung	1.0	1.22		
- Querkraft	1.0	i.O.		
Anschnitt Fundament				
- Biegung	1.0	1.63		
- Querkraft	1.0	i.O.		
<b>quer</b>				
- Biegung	1.0	<b>0.93</b>		2),4)
<b>Erdbeben</b>				3)
Stufe 1	-	erfüllt		

<b>Entgleisung</b>				
Tragsicherheit		i.O.		
Gesamtstabilität		i.O.		
<b>Ermüdung – Überbau</b>				
längs:		<b>nicht erfüllt</b>		
quer:		<b>nicht erfüllt</b>		

- 1) Schrägeisen nicht berücksichtigt
- 2) keine Angabe zu Abständen der Verteileisen auf Bewehrungsplan, Anzahl der Verteileisen auf Plan und Eisenliste unterschiedlich, kein Bewehrungsabschluss in Richtung der Verteileisen → ungenügende Verankerung
- 3) Überprüfung gemäss ASTRA – Doc. 82003: "Beurteilung der Erdbebensicherheit bestehender Strassenbrücken" im Rahmen der statischen Überprüfung gemäss Stufe 1 erfolgt.
- 4) lokaler Effekt im oberen Wandbereich, kann über Deckenbewehrung aufgenommen werden
- 5)  $\gamma_{G,sup} = 1.20$  für Lastfall Eigengewicht gemäss SIA 269/1 angesetzt

## 6 Sofortmassnahmen / Empfehlungen

### 6.1 Sofortmassnahmen

keine

### 6.2 Empfehlungen

Die statische Überprüfung wurde als generelle Überprüfung, durchgeführt:

- Einwirkungen gemäss SIA 261 bzw. SIA 269/1
- Lastbeiwerte gemäss SIA 260 bzw. SIA 269/ff
- Materialkennwerte auf Basis SIA 269/2

Die Betrachtung wird auf Grundlage des Bewehrungsplanes Hauptstrasse Nr.12 Talhaus-Hölstein, Teilstück: Wasmatt-Dorfeingang (handschriftlich ergänzt Hölstein-Nord) Bacheindolung Schalungs- u. Armierungsplan Plan 35 gemacht. Die auf diesem Plan dargestellte Schalung stimmt mit der Objektskizze des Objektes Eindolung Nord 1.014 überein. Die handschriftliche Ergänzung Hölstein Nord wird als Hinweis auf das Objekt 1.014 gesehen. Die Objekte 1.014 und 1.015 wurden zeitgleich erstellt. Es ist naheliegend das die Normalelemente des Objektes 1.015 auch für das Objekt 1.014 verwendet wurde. **Um diese Annahme zu bestätigen sollte eine Sondage am Objekt 1.014 durchgeführt werden. Im Rahmen der Sondage soll auch die in den Plänen angegebene Stahlqualität am Objekt überprüft werden, da für die Bauzeit Stahl II unüblich wäre.** Der Überprüfung wurde gemäss Bestandsakten ein Stahl II nach SIA 269/2 zugrunde gelegt, mit einer besseren Stahlgüte könnten auch die Nachweise in Querrichtung erbracht werden.

Bei dieser Betrachtung liegen die ermittelten Erfüllungsfaktoren für Tragsicherheit in Längsrichtung knapp über den geforderten Zielwert von 1.0. Die Anforderungen der aktuell geltenden Tragwerksnormen können in Längsrichtung für das Lastmodell 4 für Schmalspur nach SIA 261 unter Berücksichtigung SIA 269/ff erfüllt werden.

In Querrichtung liegen die ermittelten Erfüllungsfaktoren für Tragsicherheit mit Minimal 0.93 knapp unter den geforderten Zielwert von 1.0. Die Anforderungen der aktuell geltenden Tragwerksnormen können in für das Lastmodell 4 für Schmalspur nach SIA 261 unter Berücksichtigung SIA 269/ff nicht erfüllt werden.

Wenn für die vertikalen Bahnlasten LM 4 ein reduzierter Teilsicherheitsbeiwert (1.38 statt 1.45) akzeptiert wird oder sich in der empfohlenen Sondage am Bauwerk bessere Stahleigenschaften als Stahl II nach SIA269/2 zeigen können die Nachweise als erbracht betrachtet werden.

Die Quereisen am Bauteilrand sind möglicherweise nicht ausreichend verankert und die Bewehrung im Fugenbereich nicht geschlossen (keine Oberflächenbewehrung), die Biegeform der Quereisen ist auf den Bewehrungsplänen nicht ersichtlich, Eisenlisten sind nicht vorhanden. Dieser Mangel dürfte alle Rahmenelemente, auch jene des Strassenverkehrs betreffen. Dort dürfte die Unterdeckung der Querbewehrung aber durch die dort vorhandene, wahrscheinlich armierte, 25 cm starke Überbetonierung kompensiert werden, welche auch Lastverteilend wirkt.

Hinsichtlich des Ermüdungsnachweises kann der Erfüllungsgrad mit einer Betrachtung nach SIA 269/1 nicht gesteigert werden (Nachweis mit charakteristischen Einwirkungen ohne Lastbeiwerte). Da Massnahmen zur Erhöhung der Ermüdungssicherheit nur durch umfassende, bauliche Eingriffe am gesamten Bauwerk möglich sind (Einbau zusätzl. Bewehrung, Aufbetonieren der Querschnitte, etc.), sollte zunächst eine Verkürzung der Inspektionsintervalle zum frühzeitigen Aufdecken etwaiger Schäden vorgesehen werden.

Zur Prüfung der getroffenen Annahmen und zur Abklärung des Bewehrungsverlaufes im Fugenbereich werden Sondagen am Bauwerk empfohlen. Der mögliche Umfang dieser Sondagen wird in Kapitel 7.2 aufgezeigt.

Falls sich durch die empfohlenen Sondagen eine andere Bewehrung zeigt als angenommen, ist anhand der neuen Erkenntnisse der vorliegende Untersuchungsbericht zu überarbeiten und es sind gegebenenfalls entsprechend Massnahmen aufzuzeigen.

Es wird empfohlen, die durch die statische Beurteilung gewonnen Erkenntnisse als Grundlage für die Erstellung einer Nutzungsvereinbarung und einer Projektbasis für das untersuchte Bauwerk zu verwenden.

## 7 Anhang

### 7.1 Planausschnitt aus Schalungs- und Armierungsplan

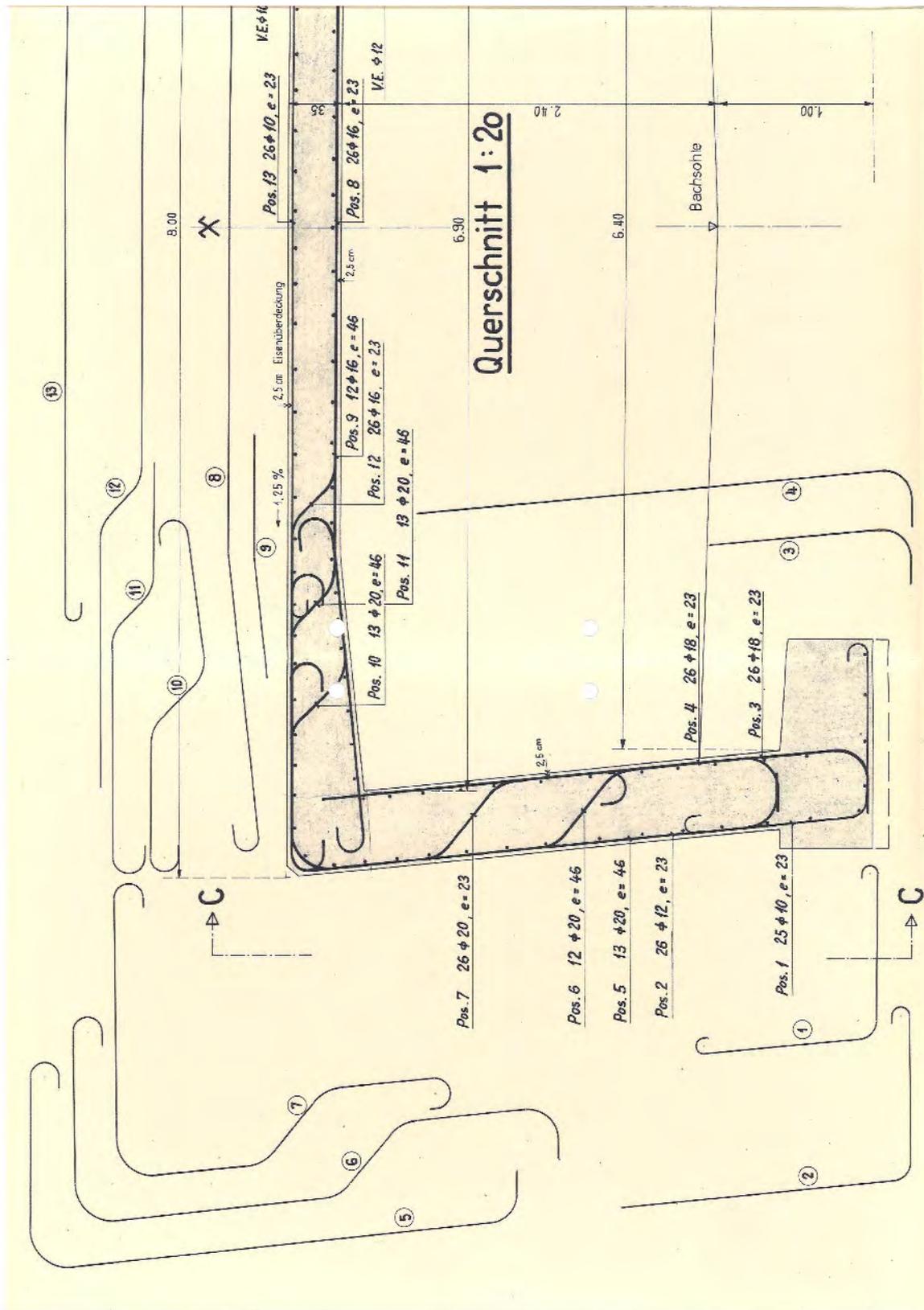


Abbildung 1 Schnitt Rahmenbewehrung

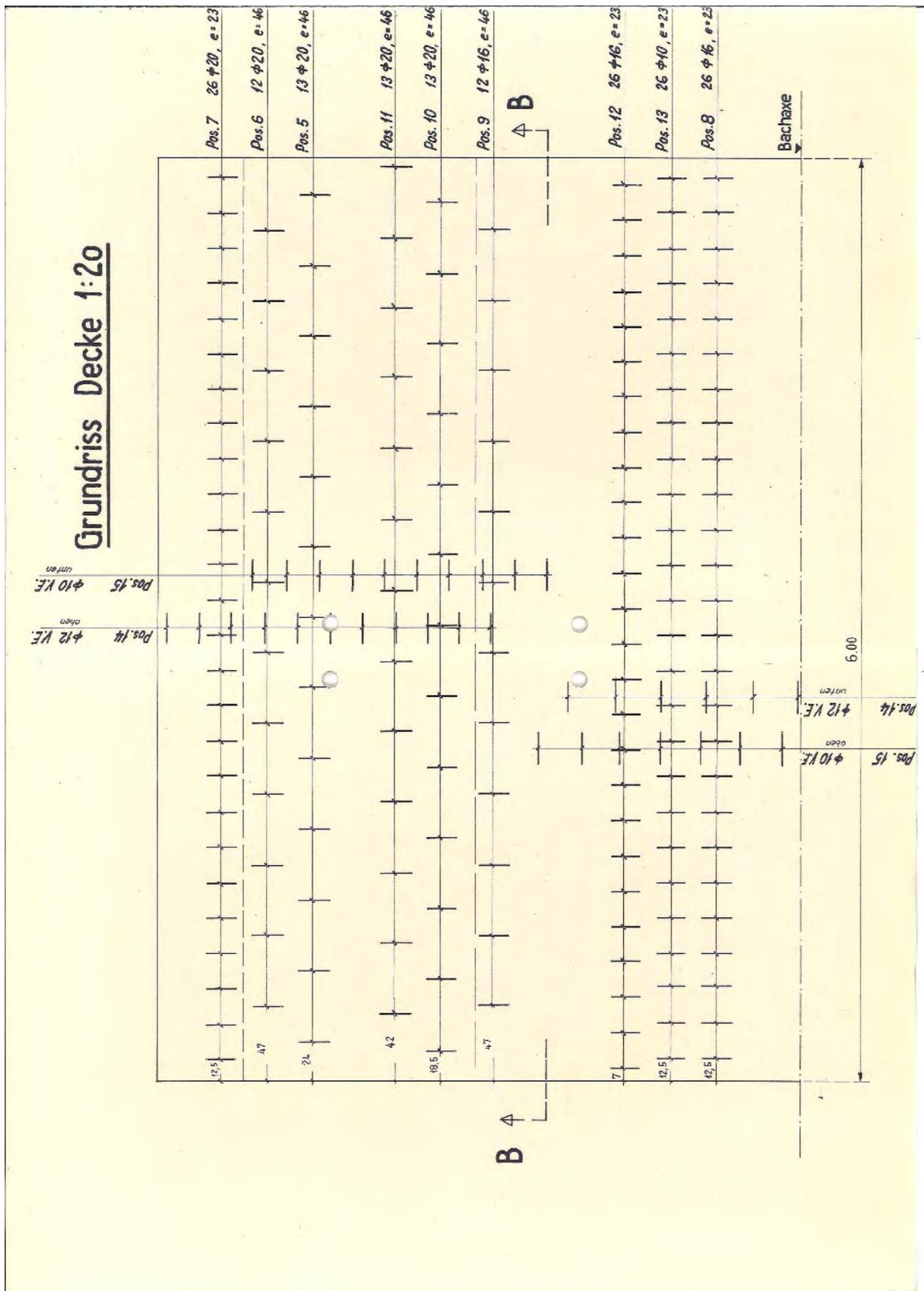


Abbildung 2 Grundriss Deckenbewehrung

## 7.2 Empfohlene Sondagen am Bauwerk

Es werden folgende Prüfungen am Bauwerk vorgeschlagen:

- Prüfung vorhandene Stahlqualität durch lokale Sondage mit Freilegen Querbewehrung an Tragwerkunterseite. Falls sich durch die dabei freigelegte Rippung der Stähle keine eindeutige Bestimmung der Stahlqualität möglich ist, erfolgt die Entnahme eines Prüfkörpers für Zugversuche.
- Prüfung der Bewehrungsführung der Querbewehrung am Tragwerksrand (Fuge zu anderen Rahmenelementen) durch lokales Freilegen der Bewehrung

Nach der Sondage sind die Bereiche zu reprofilieren.

## 7.3 Statische Nachrechnung

# 1 Systembeschreibung

## 1.1 Modell

Für die statische Überprüfung wurden ein räumliches Tragwerksmodelle aus Schalenelementen gebildet. Es wurde nur ein einzelner repräsentativer Rahmen für die Bahnlasten modelliert und das Bahngleis in ungünstiger Lage angesetzt. Das Bahngleis verläuft etwa unter 62° zur Haupttragrichtung des Rahmenelementes. Die Geometrie wurde gemäss Plan Bach-eindolung Schalungs- und Armierungsplan Pl.35 angenommen. Die Beanspruchungen des Überbauquerschnitts werden am Schalenmodell für die verschiedenen Anordnungen der Schmalspurbahnlast längs der Gleisachse untersucht. Die Streifenfundamente unter den Wandscheiben werden mit einer vertikalen und horizontalen Bettung angenommen.

## 1.2 Materialkennwerte

Diese wurden aus den Plangrundlagen entnommen und aktualisiert.

Beton BH 300	Fundamente / Widerlager /	Raumgewicht Druckfestigkeit Schubspannungsgrenze	$\gamma_c = 25.0 \text{ kN/m}^3$ $f_{cd} = 10.9 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{cd} = 0.81 \text{ N/mm}^2$
Beton BH 300	Überbau	Raumgewicht Druckfestigkeit Schubspannungsgrenze	$\gamma_c = 25.0 \text{ kN/m}^3$ $f_{cd} = 10.9 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{cd} = 0.81 \text{ N/mm}^2$
Bewehrungsstahl TYP II	alle Bauteile	Fliessgrenze	$f_{sd} = 300 \text{ N/mm}^2$

## 1.3 Einwirkungen

### 1.3.1 Ständige Einwirkungen

<b>Eigengewicht</b>	Beton	$g_k$	25.0 kN/m <sup>3</sup>
<b>Auflast</b> Bereich Gleis		$g_k$	Gleis+Schotter inkl. Abdichtung (ca. 0.6 m) oder Infundo Fahrbahn (ca. 0.4 m) 12.5 kN/m <sup>2</sup>
	Bereich Fahrbahn		Aufbeton 25 cm PBD-Abdichtung 0.5 cm Schutzschicht 3 cm Schiftung mit Belag 0-18 cm Tragschicht 12 cm Verschleissicht 5 cm <hr/> 11.2 - 15.5 kN/m <sup>2</sup>
	Bereich ausserhalb Strasse		Aufbeton 15/25 cm PBD-Abdichtung 0.5 cm Schutzschicht 6 cm Mergel 10-22 cm <hr/> 7.3 - 12.2 kN/m <sup>2</sup>
			vereinfacht für Rahmen mit Bahnlasten flächig angesetzt 12.5 kN/m <sup>2</sup>
<b>Erddruck</b>	Schotter	$g_k$ $\varphi'$ $c'$	20.0 kN/m <sup>3</sup> 35 ° 0 kN/

Werte nach angenommen, Grundlage geotechnischer Bericht; Geologisches Institut Basel; 2017

### 1.3.2 Veränderliche Einwirkungen

**Schnee** nicht massgebend, Verkehrslasten/Nutzlasten erheblich grösser

**Wind** für eingeschüttetes Rahmenbauwerk nicht massgebend

**Temperatur**

$\alpha =$	1.00E-05 /°C		
Mittlere Orttemperatur	10 °C		
gleichmässig $\Delta T_{1,r} =$	$\pm 20$ °C		
ungleichmässig	oben warm		
$\Delta T_{2,r} =$	12 °C	oben $\Delta T_{1,r} + \Delta T_{2,r}$	32 °C
		unten	20 °C
	oben kalt		
$\Delta T_{2,r} =$	-4 °C	oben $\Delta T_{1,r} + \Delta T_{2,r}$	-24 °C
		unten	-20 °C

**wird im Rahmen der Überprüfung nicht weiter berücksichtigt**

#### Schmalspurverkehr

##### Vertikale Einwirkungen

Lastmodell 4 - Stadt- und Agglomerationsverkehr

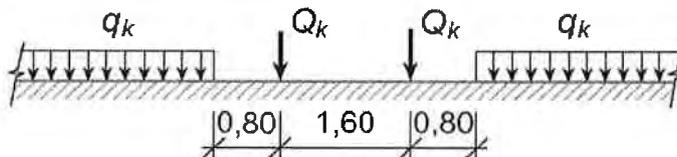


Abbildung 1 Lastanordnung in Gleislängsrichtung

$Q_k = 130$  kN  
 $q_k = 25$  kN/m

Dynamischer Beiwert  $\Phi = 1.48$  (Regelbereich)

Angenommene Lastausbreitung: in Querrichtung durch Infundo-Element auf Elementbreite ca. 2.6 m, zusätzlich Lastausbreitung unter 45° bis Mitte Tragwerk auf gesamt ca. 3.0 m  
 in Längsrichtung für Achslasten  $Q_k$  auf 4-fache Gleishöhe (4 x 0.15 m) plus Lastausbreitung unter 45° in Infundo-Element unter Gleis plus zusätzlich Lastausbreitung unter 45° bis Mitte Tragwerk auf gesamt ca. 1.5 m

#### Horizontale Einwirkung

##### Anfahr- und Bremskräfte

Länge Gleis auf Eindolung ca. 22 m  
 auf einem Rahmenelement max. ca. 6.9 m

$QA_k = 0.3 * \Sigma (Q_k + q_k * l_{tot}) \leq 250$  kN  
 $= 130$  kN  
 $QB_k = 0.25 * \Sigma (Q_k + q_k * l_{tot}) \leq 1250$  kN  
 $= 108$  kN

Zentrifugalkraft  
 für Rahmentragwerk nicht massgebend

Schlingerkraft  
 für Rahmentragwerk nicht massgebend

**Strassenverkehr**

**Vertikale Einwirkungen**

**Lastmodell 1**

Laststellung	Achslastgruppe $Q_{ki}$	Beiwert $\alpha_{qi}$ <sup>1</sup>	Verteilte Belastung $q_{ki}$	Beiwert $\alpha_{qi}$ <sup>2</sup>
Fahstreifen 1 $b_1 = 3.0$ m	2-300 kN	0.90	9 kN/m <sup>2</sup>	0.90
Fahstreifen 2 $b_2 = 3.0$ m	2-200 kN	0.90	2.5 kN/m <sup>2</sup>	0.90
Restfläche	-	-	2.5 kN/m <sup>2</sup>	0.90

**Ausnahmetransporte Typ I**

Ausnahmetransporte	Gesamtlast	Anzahl Achsen pro Normfahrstempel
TYP I	$Q_k = 4800$ kN	$n = 8$ max. Achslast 300 kN
TYP II	$Q_k = 2400$ kN	$n = 6$ max. Achslast 200 kN
TYP III	$Q_k = 900$ kN	$n = 4$ max. Achslast 112.5 kN

**Es wird angenommen, dass nicht gleichzeitig ein Ausnahmetransport Typ I oder II gleichzeitig mit den Bahnlasten am Bauwerk angreift.**

**Gemäss SIA 261/1;10.1.1.3;2003 sind Bauwerke auf Routen für Ausnahmetransporte des Typs I und II während der Überfahrt des Ausnahmetransportes für den übrigen Verkehr zu sperren.**

Bei der vorliegenden Bauwerksgeometrie wird Typ III ist durch LM1 mit  $\alpha = 0.9$  abgedeckt.

**Horizontale Einwirkungen**

**Anfahr- und Bremskräfte**

Anfahr- und Bremskräfte <sup>3</sup>	$Q_{ki}, q_{ki}, b_1$ gemäss Tabelle oben $l = \text{ca. } 6.9$ m auf einem Rahmenelement	$Q_{Ak} = Q_{Bk} = 1.2 \cdot \alpha_{q1} \cdot Q_{k1} + 0.1 \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{k1} \cdot b_1 \cdot l$ $= 665$ kN $\leq 900$ kN
--------------------------------------	--	---

<sup>1</sup> In einem ersten Schritt werden die Beiwerte gemäss SIA 261 eingesetzt. In Abhängigkeit von den Ergebnissen können diese nach SIA 269/1 aktualisiert werden

<sup>2</sup> vgl. obige Fussnote

<sup>3</sup> Aktualisierung gemäss SIA 269/1, Art. 10.2.2:  $Q_{Ak,act} = Q_{Bk,act} = 0.8 \cdot Q_{k1} + 0.07 \cdot q_{k1} \cdot b_1 \cdot l = 493$  kN

### 1.3.3 Aussergewöhnliche Einwirkungen

**Erdbeben** Gefährdungszone Z3a  
 Bauwerksklasse II

Keine rechnerische Prüfung der Erdbebensicherheit, bei Beurteilung gemäss ASTRA Dokumentation, Beurteilung der Erdbebensicherheit bestehender Strassenbrücken (2005) nach Stufe 1. kann die Erdbebensicherheit als genügend beurteilt werden.

**Entgleisung** Entgleisungslastmodelle 1 und 2 für Lastmodell 4 nach SIA 261;2014

	Entgleisungslastmodell		
	1		2
	q <sub>Ed</sub> [kN/m]	Q <sub>Ed</sub> [kN/m]	q <sub>Ed</sub> [kN/m]
Lastmodell 4	35	180	72 <sup>1)</sup>

1) für Tragwerkslängen < 20 m ist der Bemessungswert q<sub>Ed</sub> mit den 1.4-fachen charakteristischen Werten des jeweiligen Lastmodells und der effektiven Tragwerkslänge zu bestimmen. Länge Schräg auf Rahmenelement gemessen ca. 6.8 m.

Eine zusätzliche Lastausbreitung durch das Infundositystem wurde nicht berücksichtigt, da Lasten aus Entgleisung möglicherweise ausserhalb (Lastflächen nach SIA 261 angenommen).

## 1.4 Gefährdungsbilder

### 1.4.1 Grenzzustand Typ 2: Nachweis der Tragsicherheit

(gem. SIA 261, für andauernde und vorübergehende Bemessungssituationen)

Ständige Einwirkungen

ungünstig wirkend

$$\gamma_{G,sup} = 1.35$$

ungünstig wirkend

$$\gamma_{G,sup} = 1.20 \text{ (nach SIA 269/1 bei Prüfung der Geometrie, für Eigengewicht angenommen, in Nachrechnung für Konstruktionseigengewicht angesetzt)}$$

günstig wirkend

$$\gamma_{G,sup} = 0.80$$

günstig wirkend

$$\gamma_{G,sup} = 0.90 \text{ (nach SIA 269/1 bei Prüfung der Geometrie, für Eigengewicht angenommen)}$$

Veränderlich Einwirkungen

	Lastbeiwert (Leiteinwirkung)	Reduktionsbeiwert (Begleiteinwirkung)
Bahnlast	$\gamma_Q = 1.45$	$\psi_0 = 1.00$
Strassenverkehrslast	$\gamma_Q = 1.50$	$\psi_0 = 0.75$

$$E_d = E\{\gamma_G G_k, \gamma_P P_k, \gamma_{Q1} Q_{k1}, \psi_{0i} Q_{ki}, X_d, a_d\}$$

### 1.4.2 Grenzzustand Typ 4: Ermüdung

nur Ermüdung aus Bahnlasten untersucht

$$E_d = G_k + Q_{k,Bahn}$$

### 1.4.3 Aussergewöhnliche Bemessungssituation

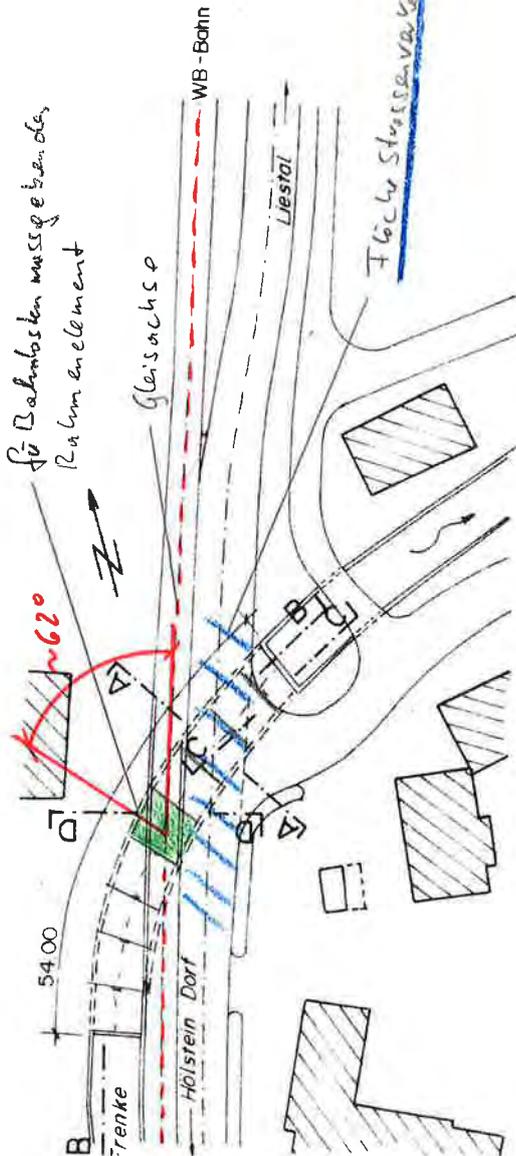
(gem. SIA 260)

$$E_d = E\{G_k, P_k, A_d, \gamma_{Q2} Q_{ki}, X_d, a_d\}$$

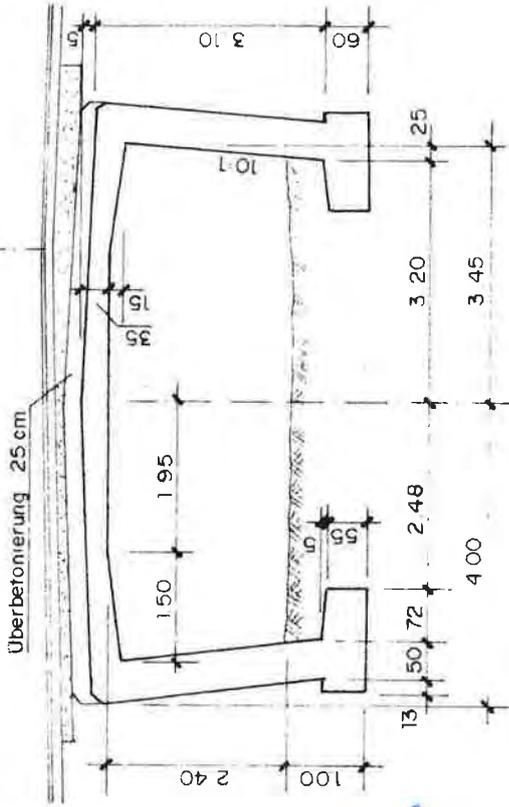
2. Bauwerkskizze

KANTON: GEMEINDE:	ORT:	OBJEKT:	STRASSE:	REF. Nr./OBJEKT Nr.
BL HÖLSTEIN	HÖLSTEIN NORD	EINDOLUNG NORD	HAUENSTEINSTRASSE	3.2.29-010.1 1.14

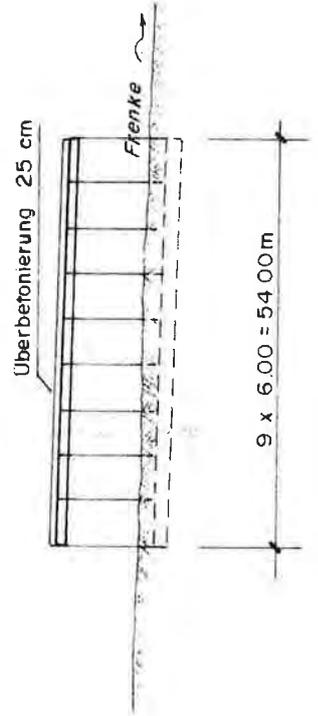
Situation 1:1000



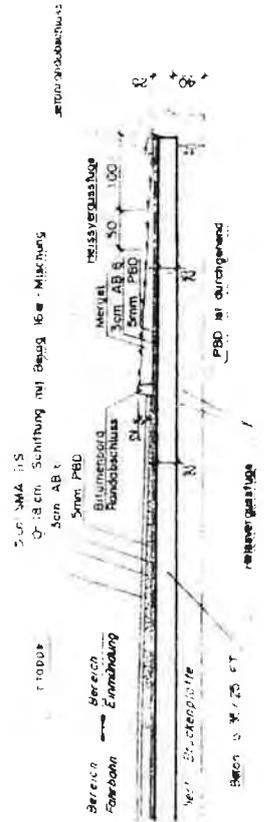
Schnitt A-A 1:100



System - Schnitt B-B 1:1000/250



Schnitt C-C 1:100



**Projekt:**

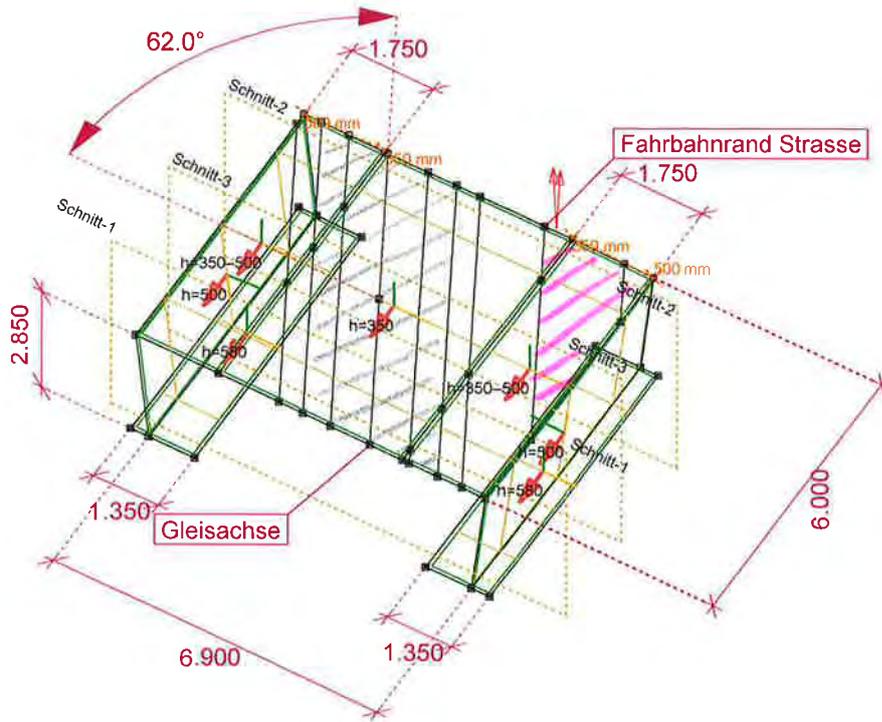
Bearbeiter: Gruner AG

Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

02.04.2019

Seite 27

3. Berechnung:  
**Eingabedaten**



ÜBERSICHT RAHMENELEMENT

**Materialien**

	Name	Typ	Nationale Norm	Materialnorm	Modell	$E_x$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\nu$	$\alpha_T$ [1/°C]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
1	C16/20	Beton	SIA 26x (Schweiz)	SN EN 206	Lineare	28900	28900	0.20	1E-5	2500

	Name	Material Farbe	Kontur Farbe	Textur	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	$P_7$	$P_8$	$P_9$	$P_{10}$
1	C16/20			Concrete A	$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ] = 16.00	$\gamma_c$ = 1.500	$\phi_t$ = 0							

	Name	$P_{11}$	$P_{12}$	$P_{13}$	$P_{14}$
1	C16/20				

**Name:** Materialname; **Typ:** Materialtyp; **Modell:** Materialmodell;  $E_x$ : E-Modul in lokaler x-Richtung;  $E_y$ : E-Modul in lokaler y-Richtung;  $\nu$ : Poisson Faktor;  $\alpha_T$ : Wärmeausdehnungskoeffizient;  $\rho$ : Dichte; **Material Farbe:** Materialfarbe; **Kontur Farbe:** Konturfarbe des Materials;  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9, P_{10}, P_{11}, P_{12}, P_{13}, P_{14}$ : Bemessungsparameter;

**Gewicht pro Material**

	Materialname	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\Sigma V$ [m <sup>3</sup> ]	$\Sigma G$ [kg]
1	C16/20	2500	43.819	109548.319
	<b>Gesamt</b>		<b>43.819</b>	<b>109548.319</b>

$\rho$ : Dichte;  $\Sigma V$ : Gesamtvolumen;  $\Sigma G$ : Gesamtmasse;

**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

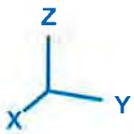
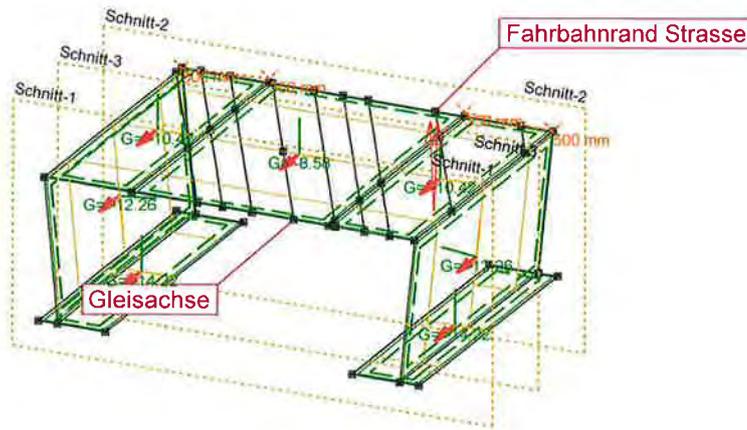
Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

02.04.2019

Seite 28

**Lastfälle**

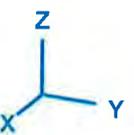
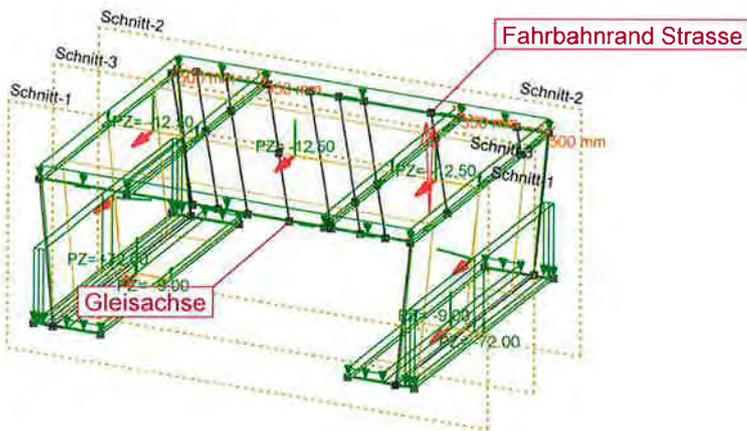
Norm SIA 26x  
Fall : EG



EG

Norm SIA 26x  
Fall : Ausbau

Aufgaben Tragwerk  
+ Aufgaben Fundamente



Ausbau

**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

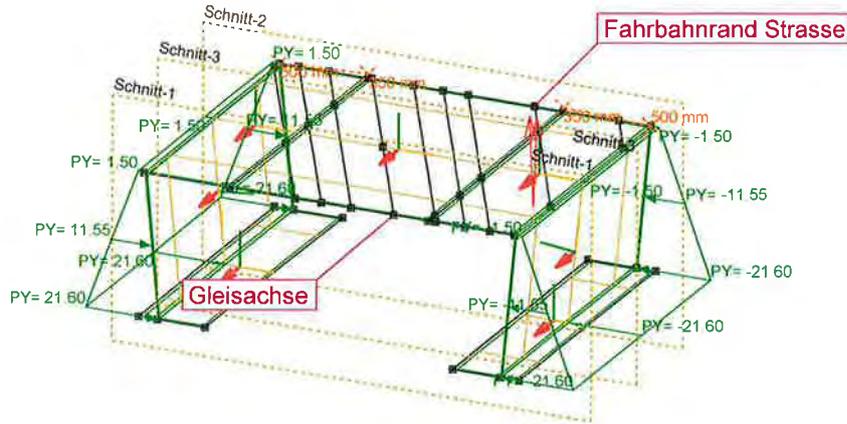
Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

02.04.2019

Seite 29

Norm	SIA 26x
Fall	: Erddruck-Ständig

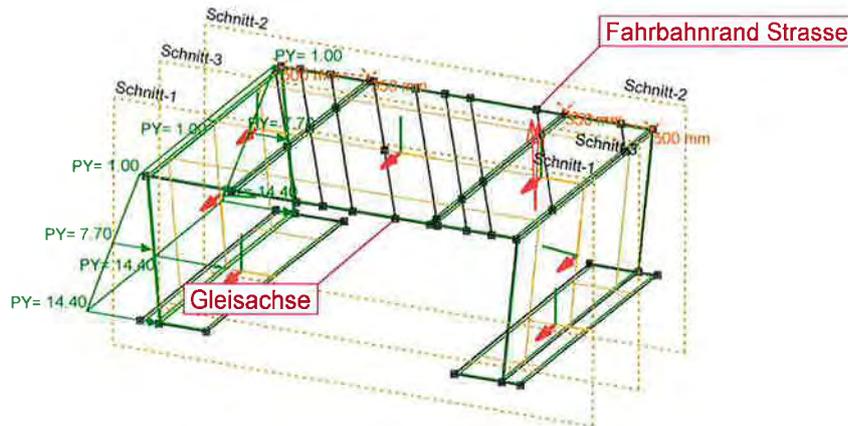
aktiv Erddruck



Erddruck-Ständig

Norm	SIA 26x
Fall	: Erddruck-veränd-LI

Differenz Erddruck zu aktivem Erddruck  
links



Erddruck-veränd-LI

**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

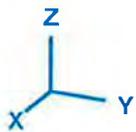
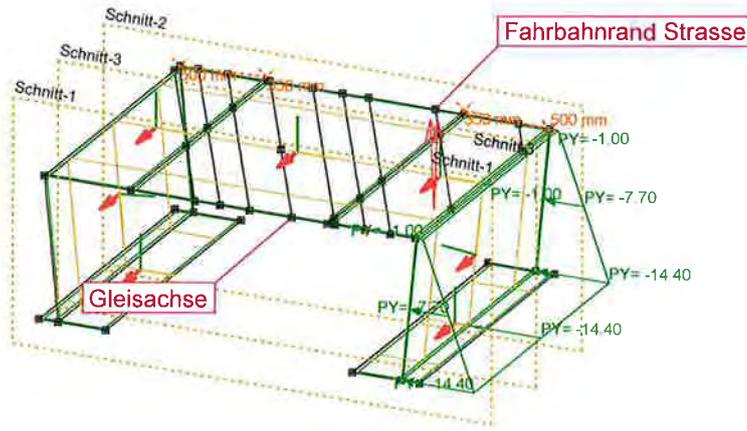
Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

02.04.2019

Seite 30

Norm SIA 26x
Fall : Erddruck-veränd-RE

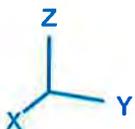
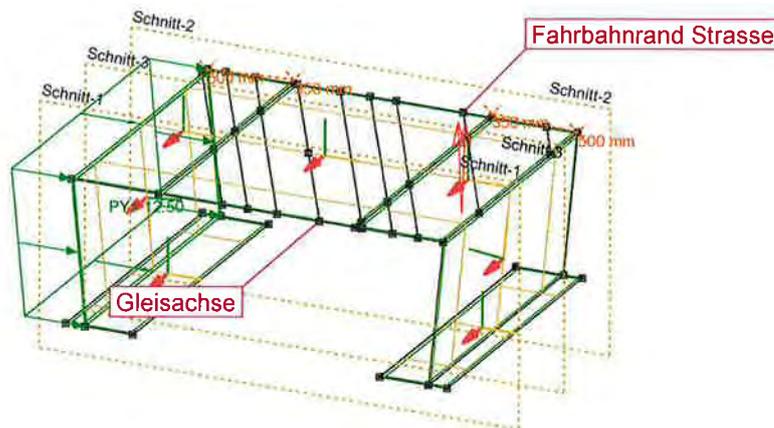
Differenz Erdruhrdruck zu aktivem Erddruck  
rechts



Erddruck-veränd-RE

Norm SIA 26x
Fall : p-Hinterf-LI

Erddruck durch Auflast auf Hinterfüllung  
links



p-Hinterf-LI

**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

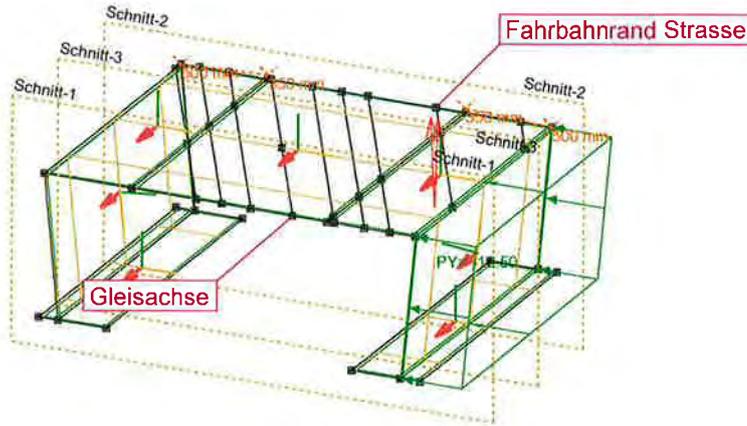
Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

02.04.2019

Seite 37

Norm SIA 26x  
Fall : p-Hinterf-RE

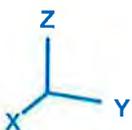
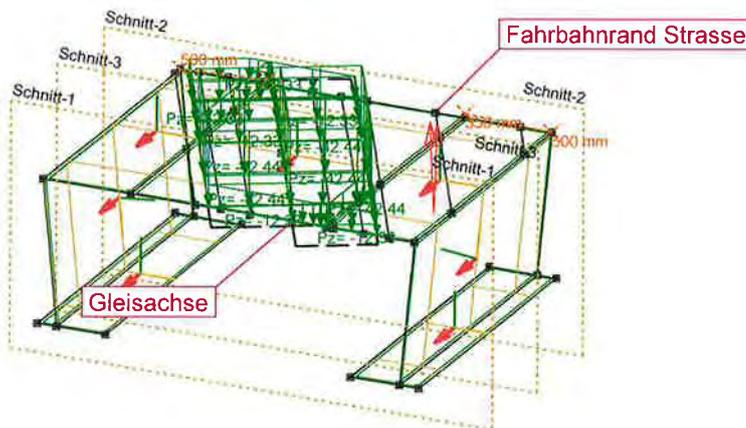
Erddruck durch Auflast auf Hinterfüllung rechts



p-Hinterf-RE

Norm SIA 26x  
Fall : Bahn-005

Bahnlast L M4 mit  $\Phi = 7,48$ , Lastverteilung auf Breite Infundoelement ca. 2.6 m von ober last, nur ein lastfall dargestellt



Bahn-005

**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

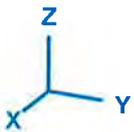
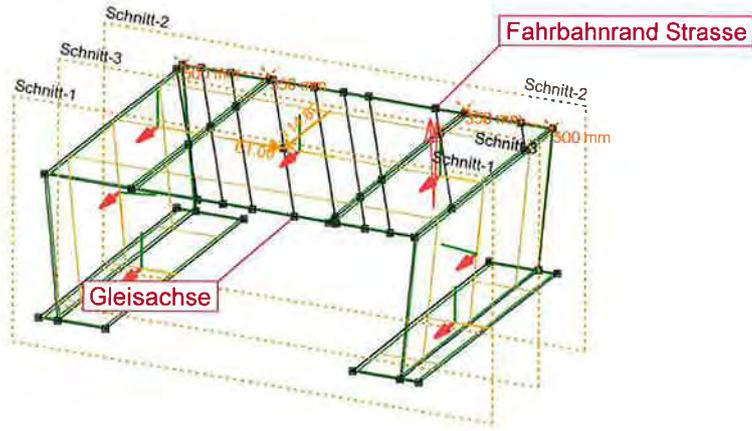
Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

02.04.2019

Seite 32

Norm SIA 26x
Fall : Verkehr A/B

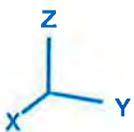
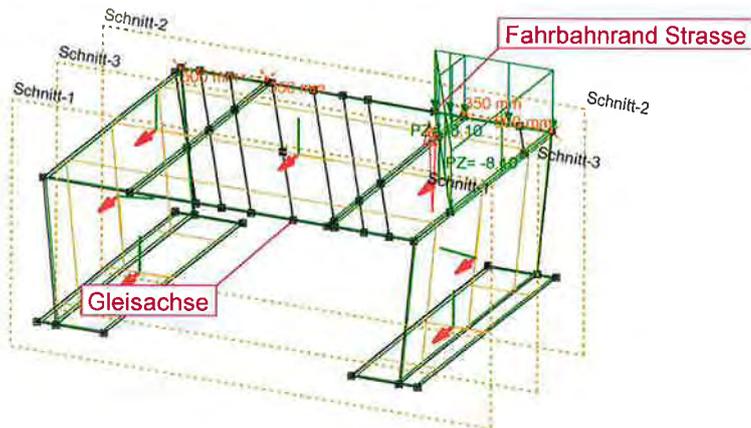
Anfuhr / Bruckenkraft auf ein Rahmen element



Verkehr A/B

Norm SIA 26x
Fall : Strasse FS1

Strassenverkehr, Flächenlast Fuhrstreifen 1



Strasse FS1

**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

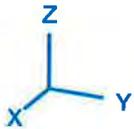
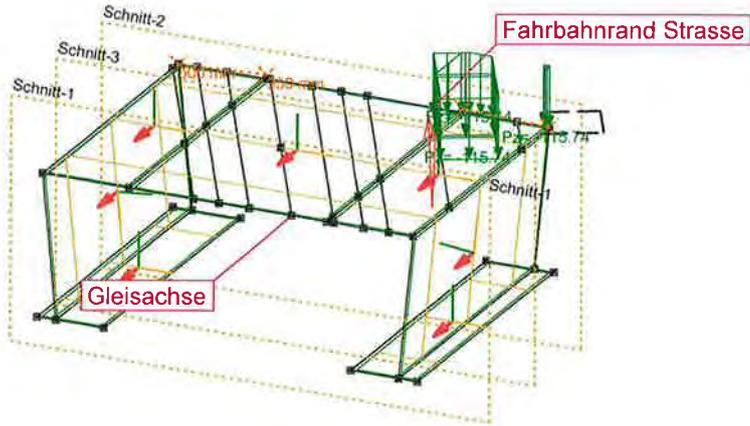
02.04.2019

Seite

33

Norm SIA 26x
Fall : Strasse-002

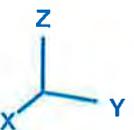
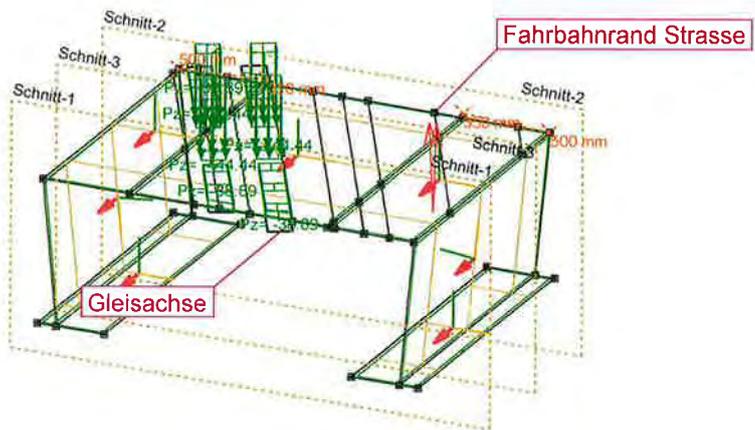
Strassenverkehr, Doppelachse Fehrschienen 1, Wandler best



Strasse-002

Norm SIA 26x
Fall : Entgleisung1-links-005

Entgleisung 1, links ab, Wandler best



Entgleisung1-links-005

**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

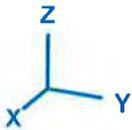
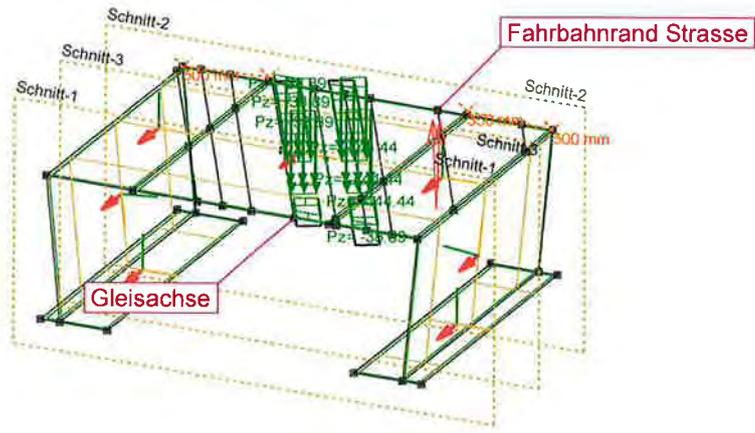
Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

02.04.2019

Seite 34

Norm	SIA 26x
Fall	: Entgleisung1-rechts-006

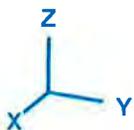
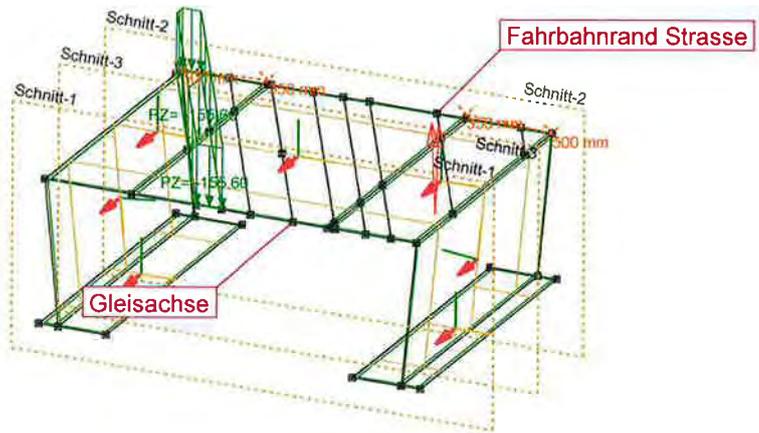
Entgleisung 1, rechts, als Wandlast best



Entgleisung1-rechts-006

Norm	SIA 26x
Fall	: Entgleisung2-links

Entgleisung 2, Linienlast links



Entgleisung2-links

**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

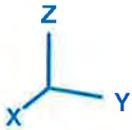
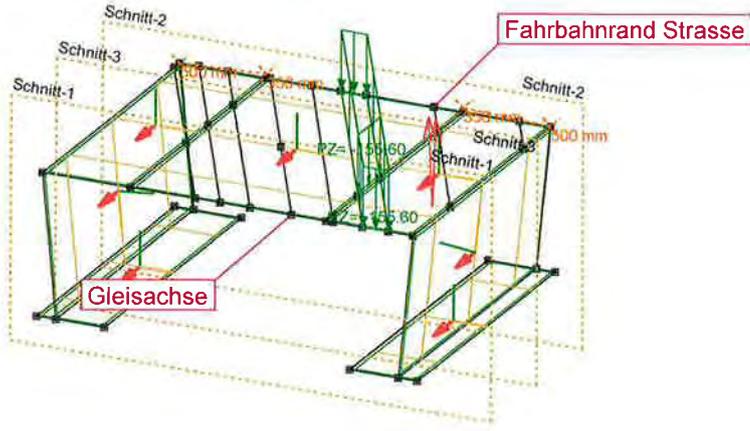
Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

02.04.2019

Seite 35

Norm	SIA 26x
Fall	: Entgleisung2-rechts

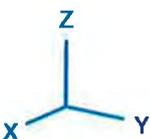
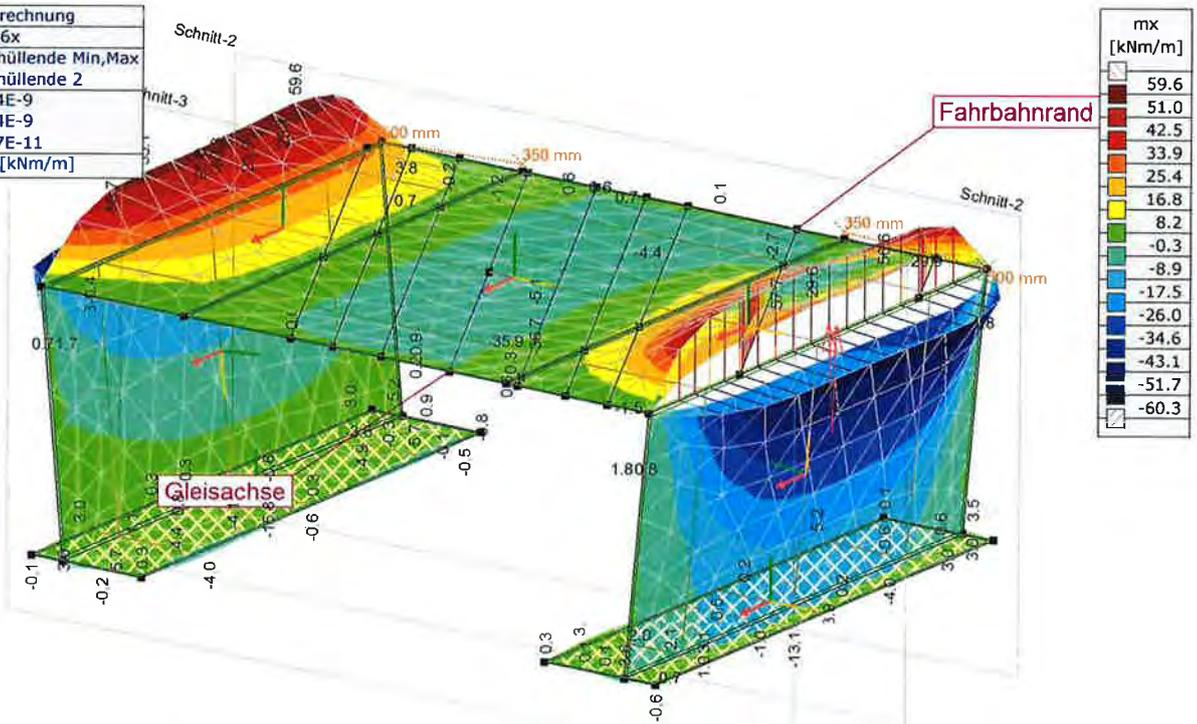
Entgleisung 2, rechts, Linienlast



Entgleisung2-rechts

**Schnittgrößen  
Tragsicherheit**

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: Umhüllende Min,Max
Umhüllende	: Umhüllende 2
E (P)	: 9.14E-9
E (W)	: 9.14E-9
E (ER)	: 1.57E-11
Komp.	: mx [kNm/m]



[I], Linear, Umhüllende (Umhüllende 2), mx, Isoflächen 3D

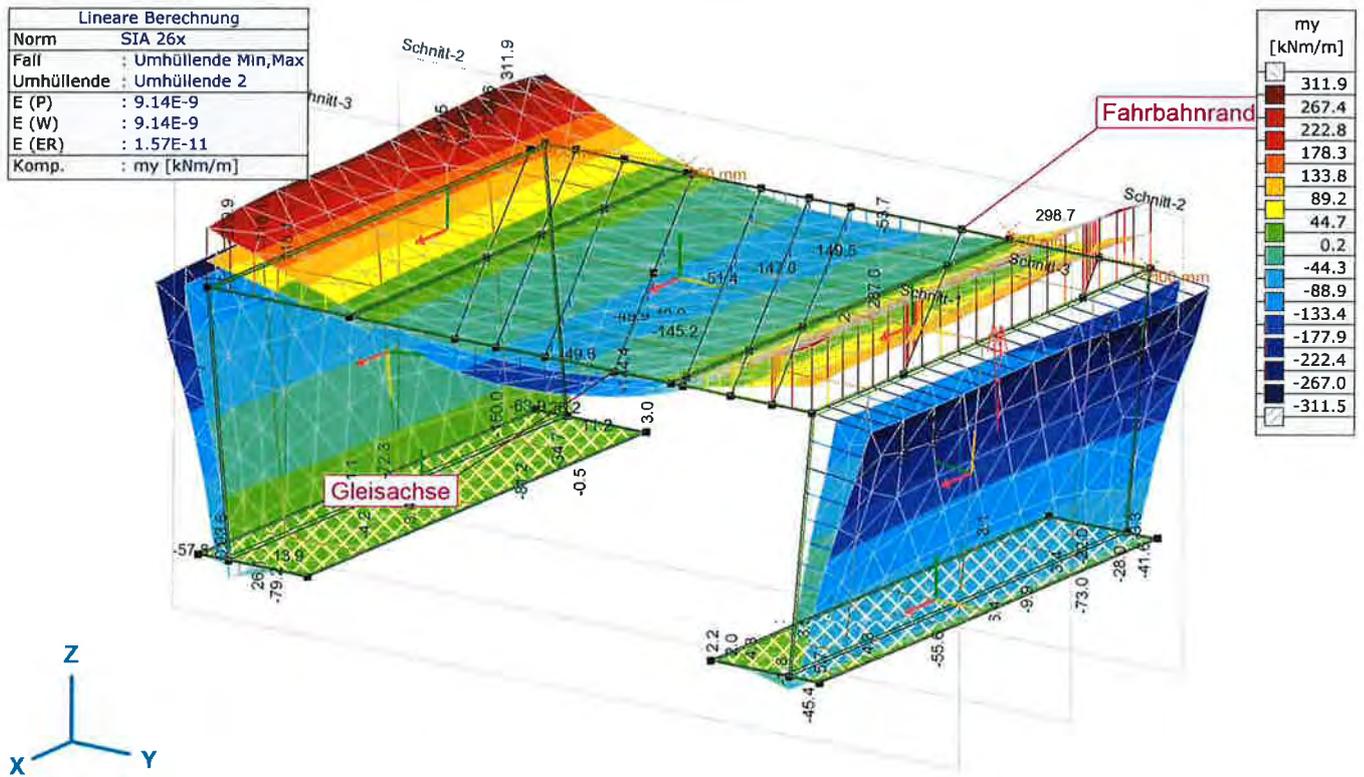
**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

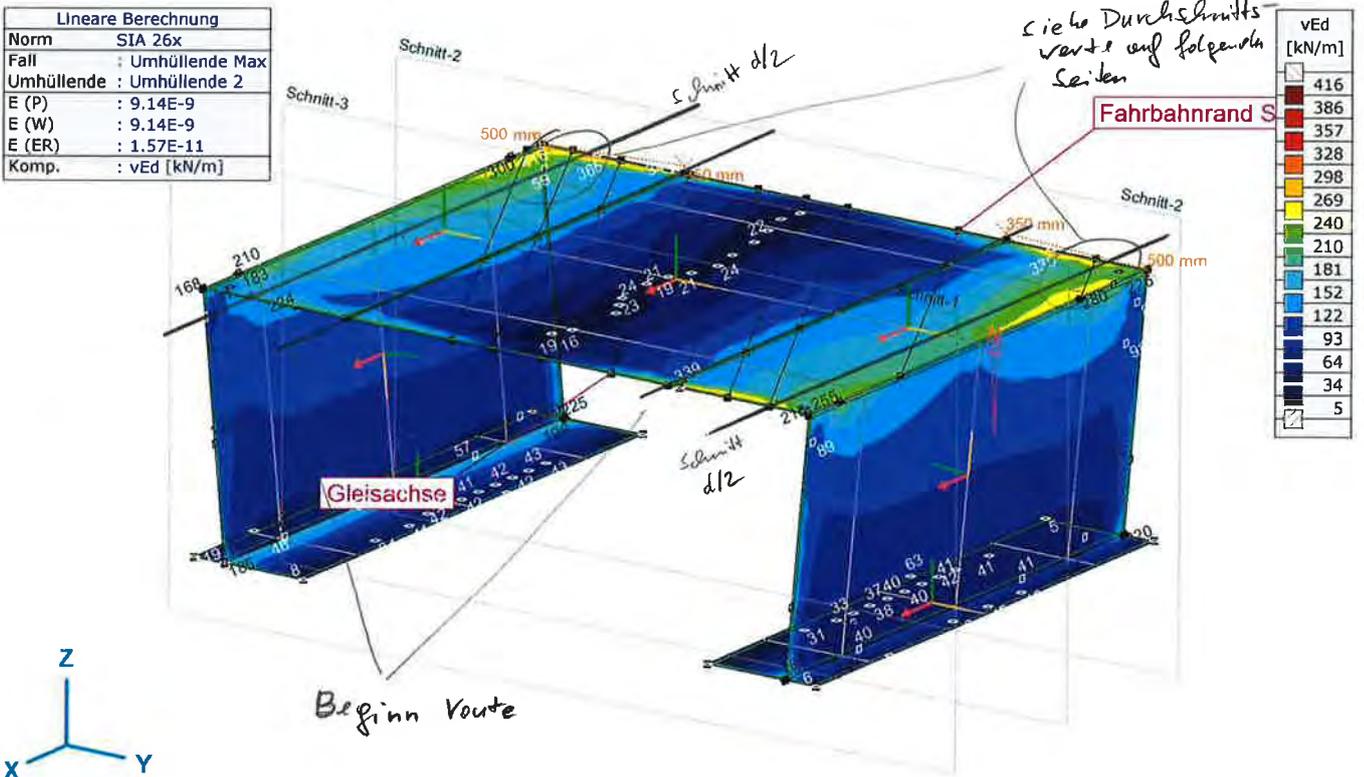
Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

02.04.2019

Seite 36



[1], Linear, Umhüllende (Umhüllende 2), my, Isoflächen 3D



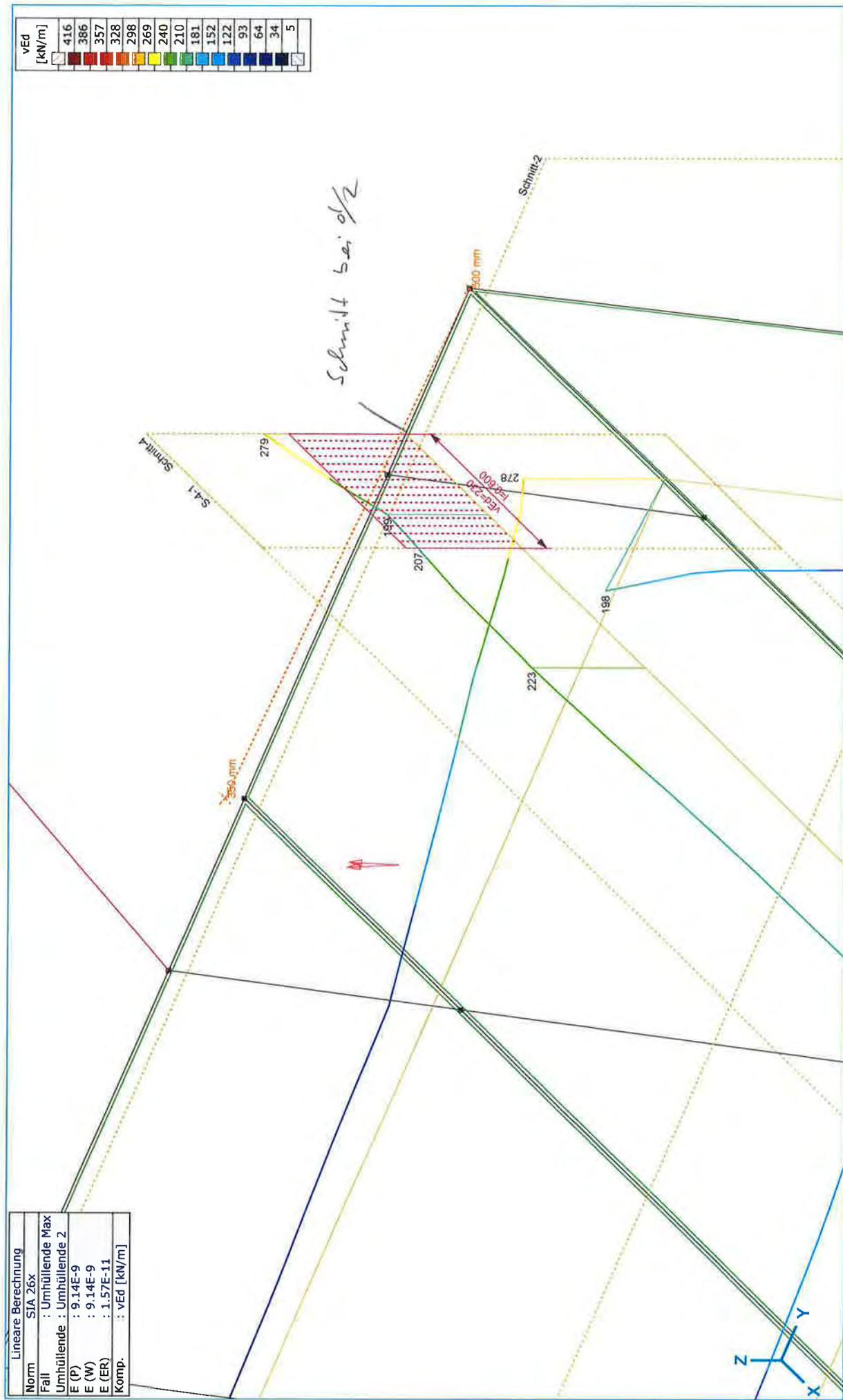
[1], Linear, Umhüllende Max (Umhüllende 2), vEd, Isoflächen 2D

**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

02.04.2019



**Projekt:**

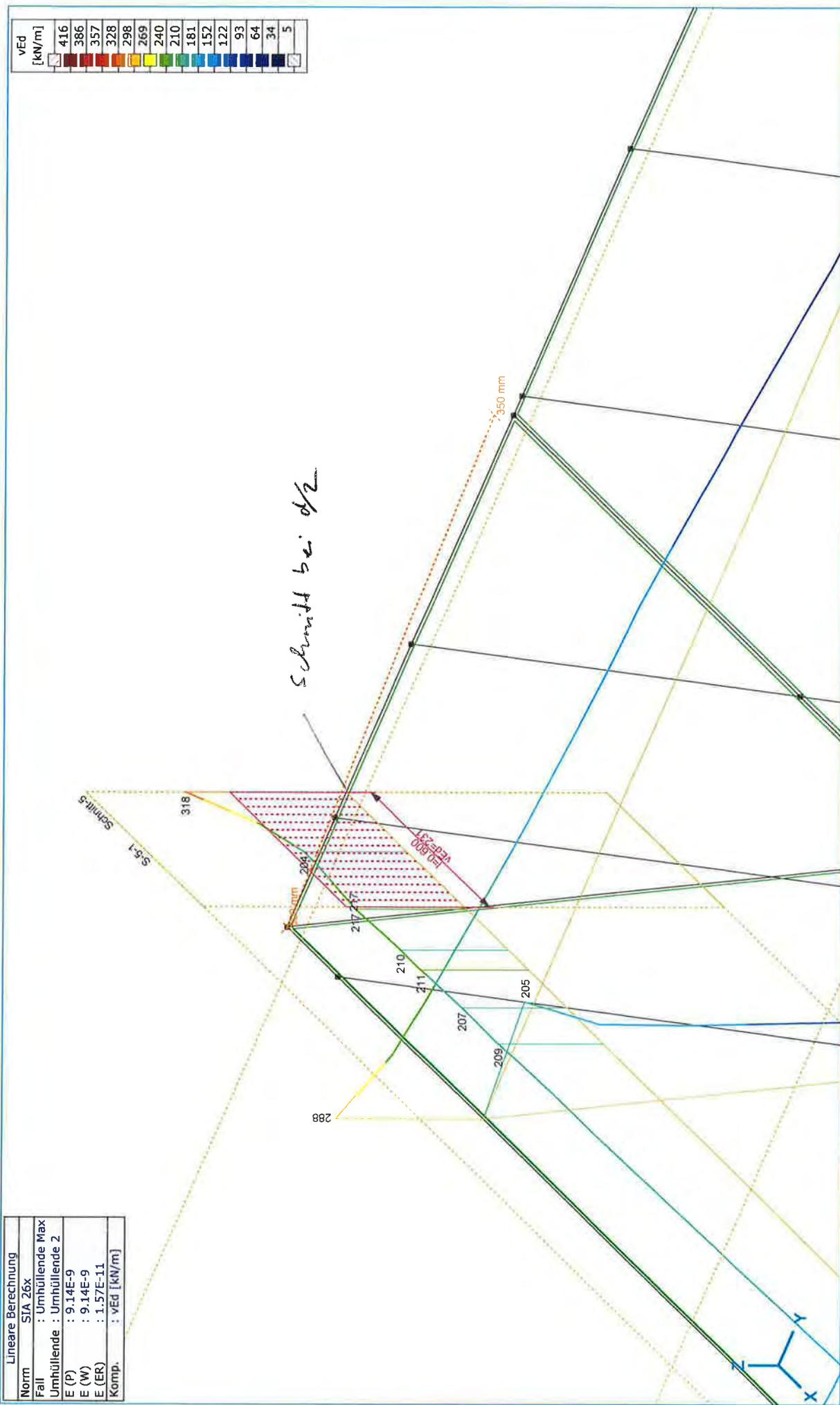
Bearbeiter: Gruner AG

Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

02.04.2019

Lineare Berechnung	
Norm	: SIA 26x
Fall	: Umhüllende Max
Umhüllende	: Umhüllende 2
E (P)	: 9.14E-9
E (W)	: 9.14E-9
E (ER)	: 1.57E-11
Komp.	: vEd [kN/m]

vEd [kN/m]	416
	386
	357
	328
	298
	269
	240
	210
	181
	152
	122
	93
	64
	34
	5



**Projekt:**

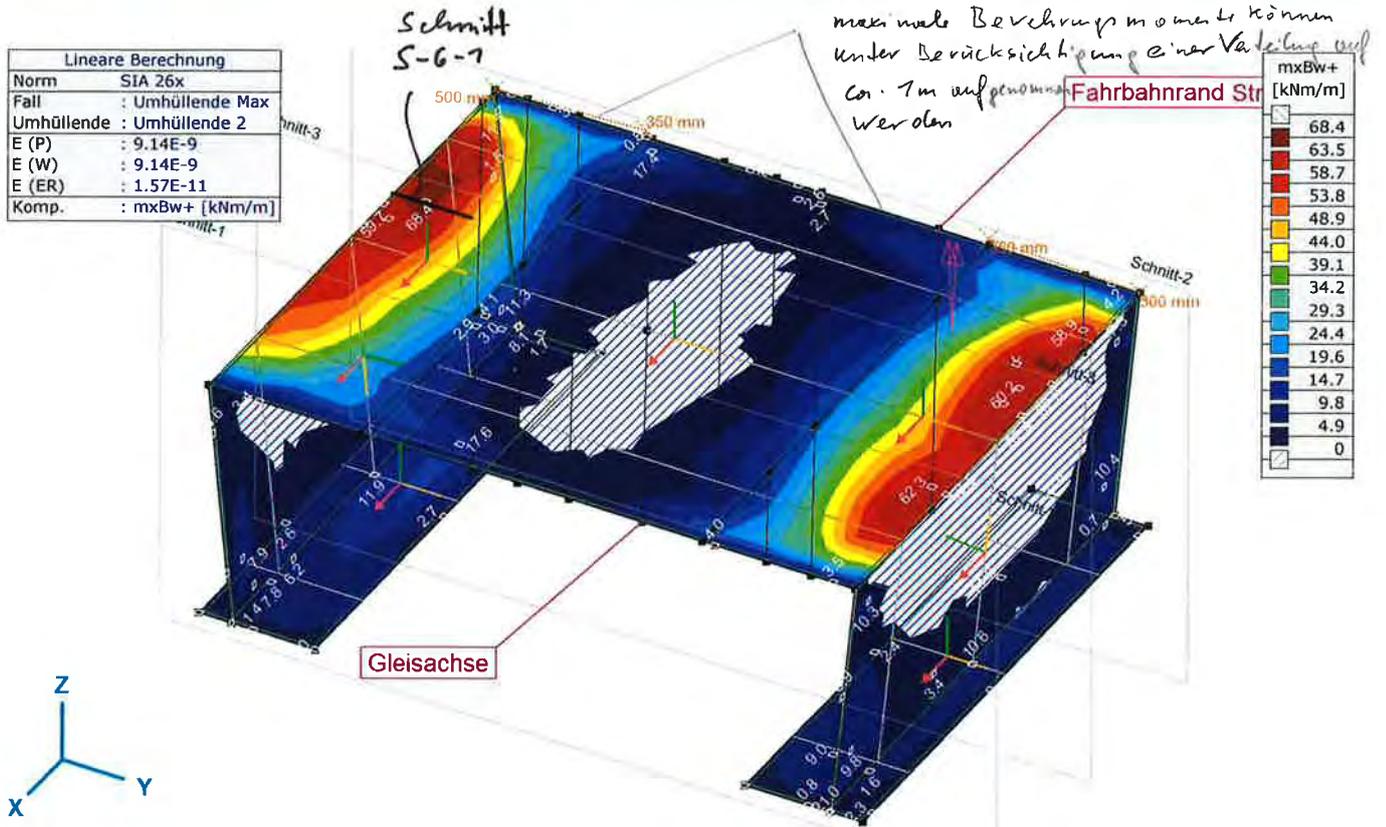
Bearbeiter: Gruner AG

Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

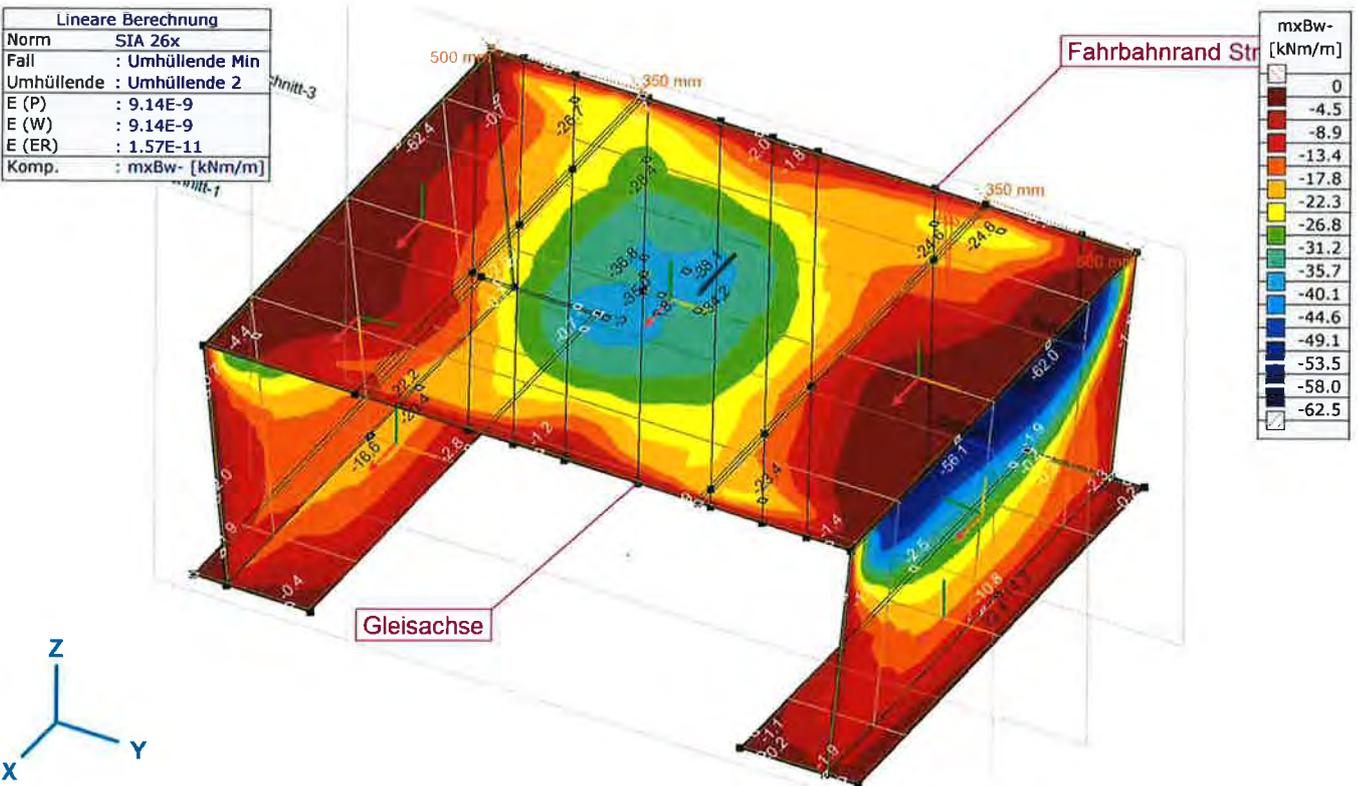
02.04.2019

Seite

39



[1], Linear, Umhüllende Max (Umhüllende 2), mxBw+, Isoflächen 2D



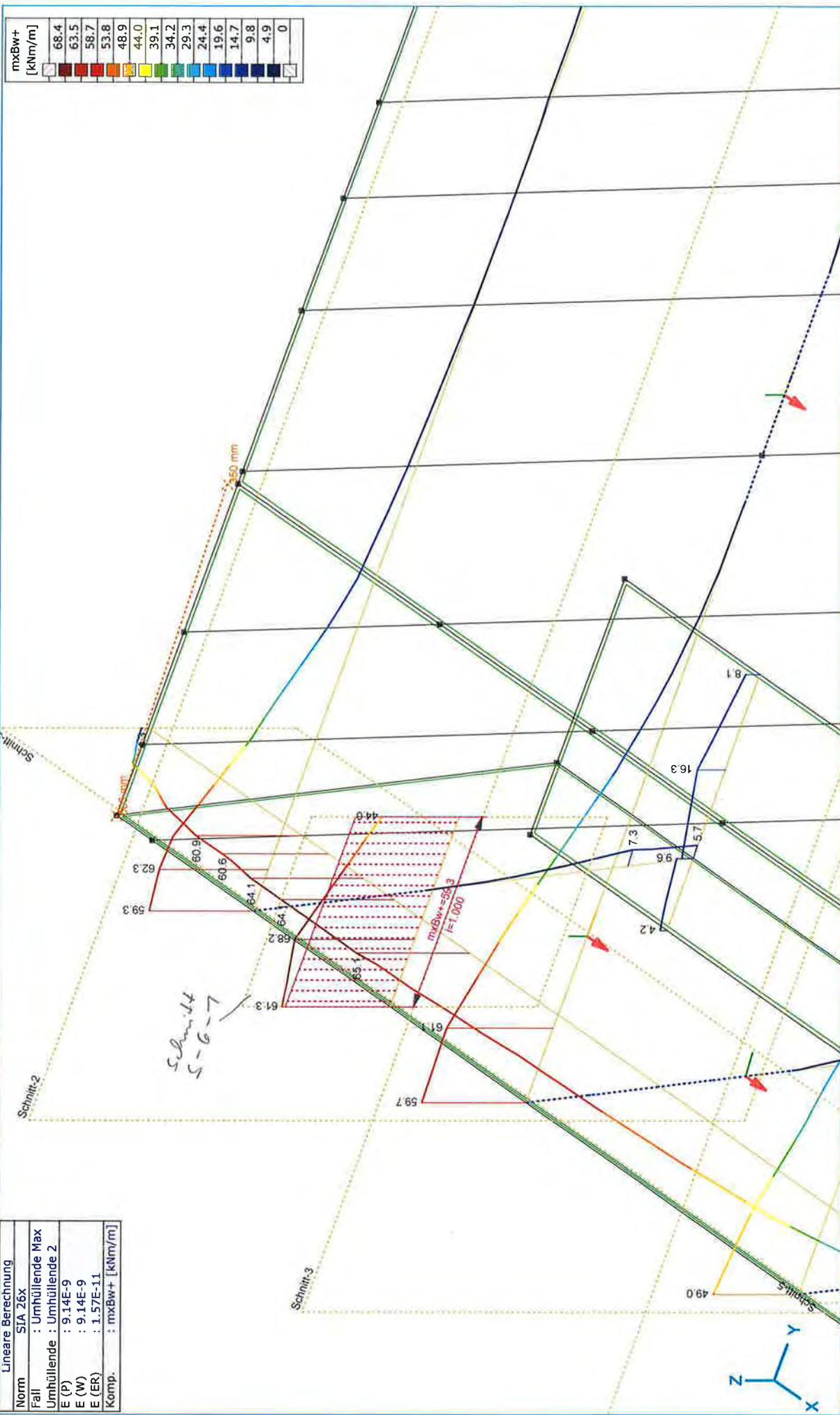
[1], Linear, Umhüllende Min (Umhüllende 2), mxBw-, Isoflächen 2D

**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

Lineare Berechnung	
Norm	: SIA 26X
Fall	: Umhüllende Max
Umhüllende	: Umhüllende 2
E (P)	: 9.14E-9
E (W)	: 9.14E-9
E (ER)	: 1.57E-11
Komp.	: mxBw+ [kNm/m]



**Projekt:**

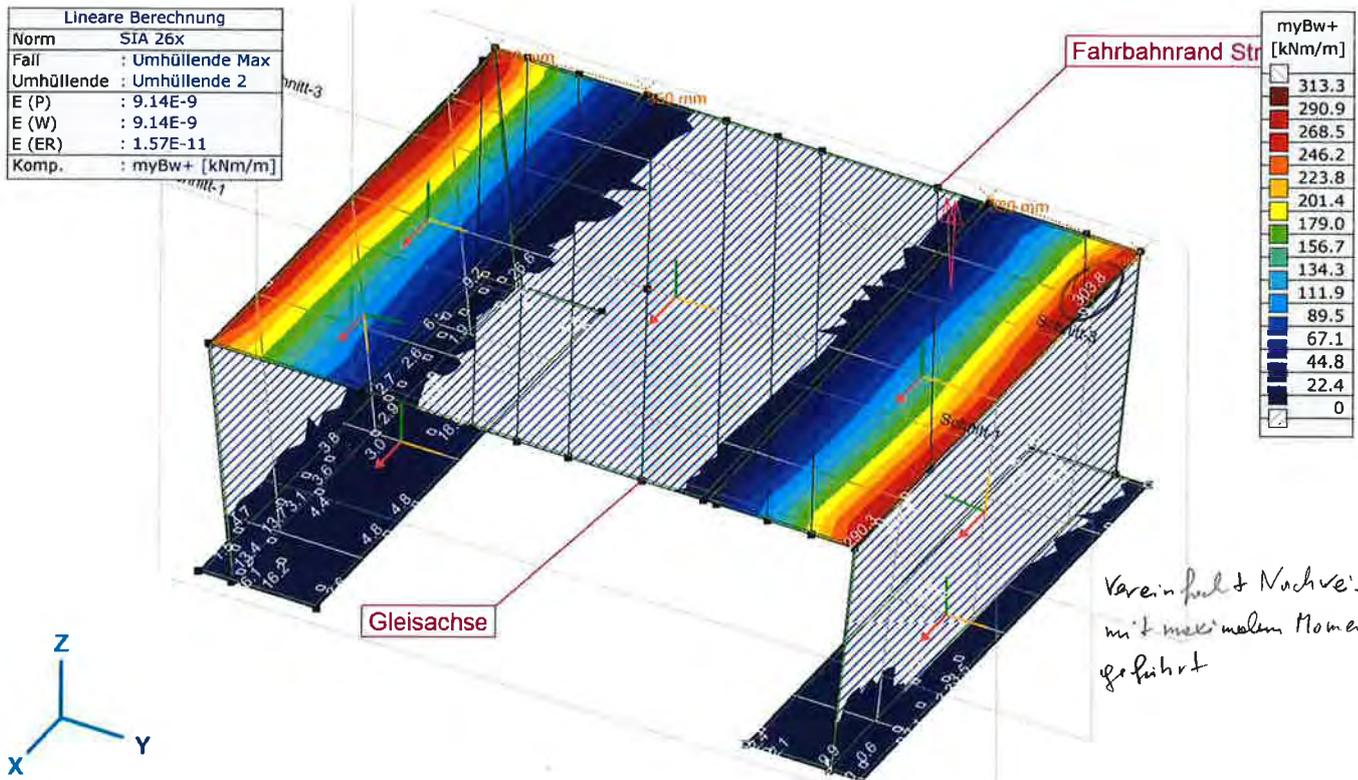
Bearbeiter: Gruner AG

Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

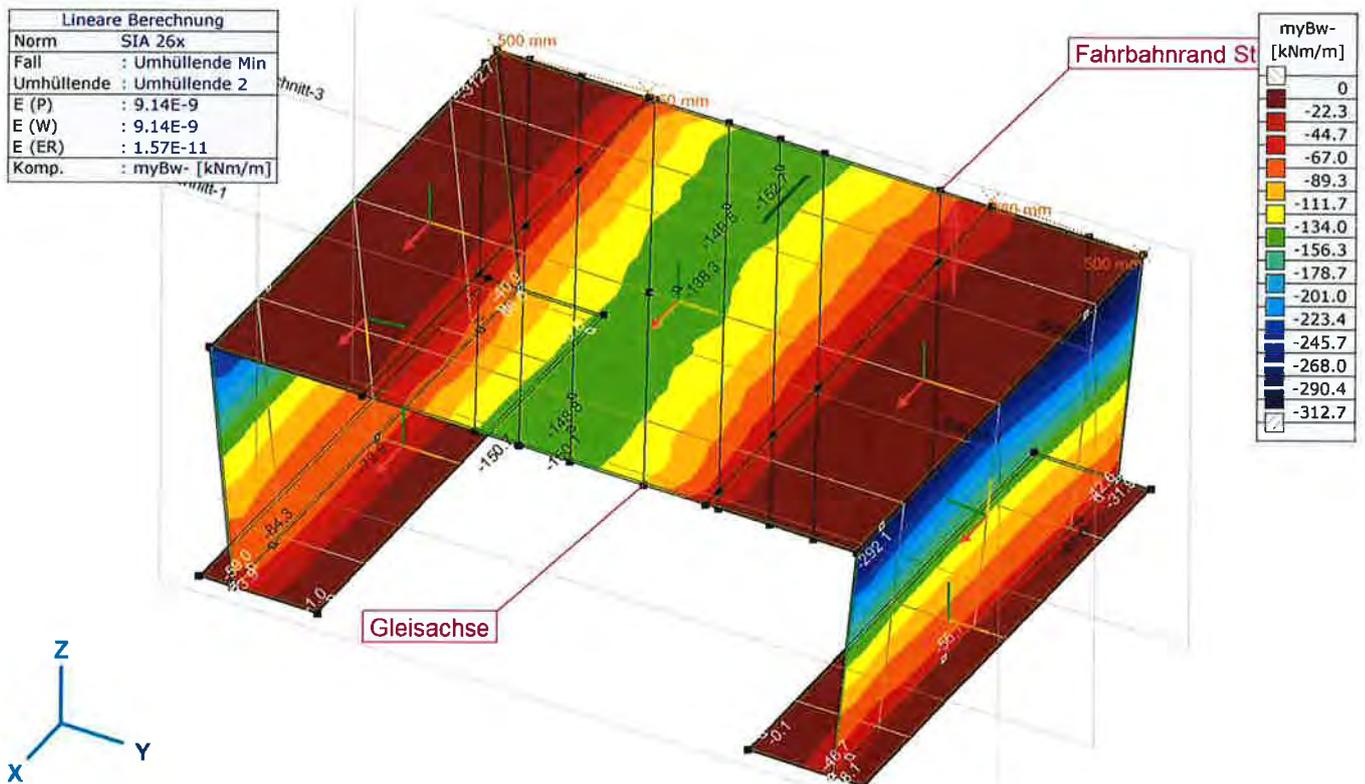
02.04.2019

Seite

47



[1], Linear, Umhüllende Max (Umhüllende 2), myBw+, Isoflächen 2D



[1], Linear, Umhüllende Min (Umhüllende 2), myBw-, Isoflächen 2D

**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

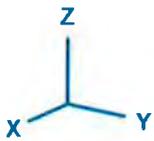
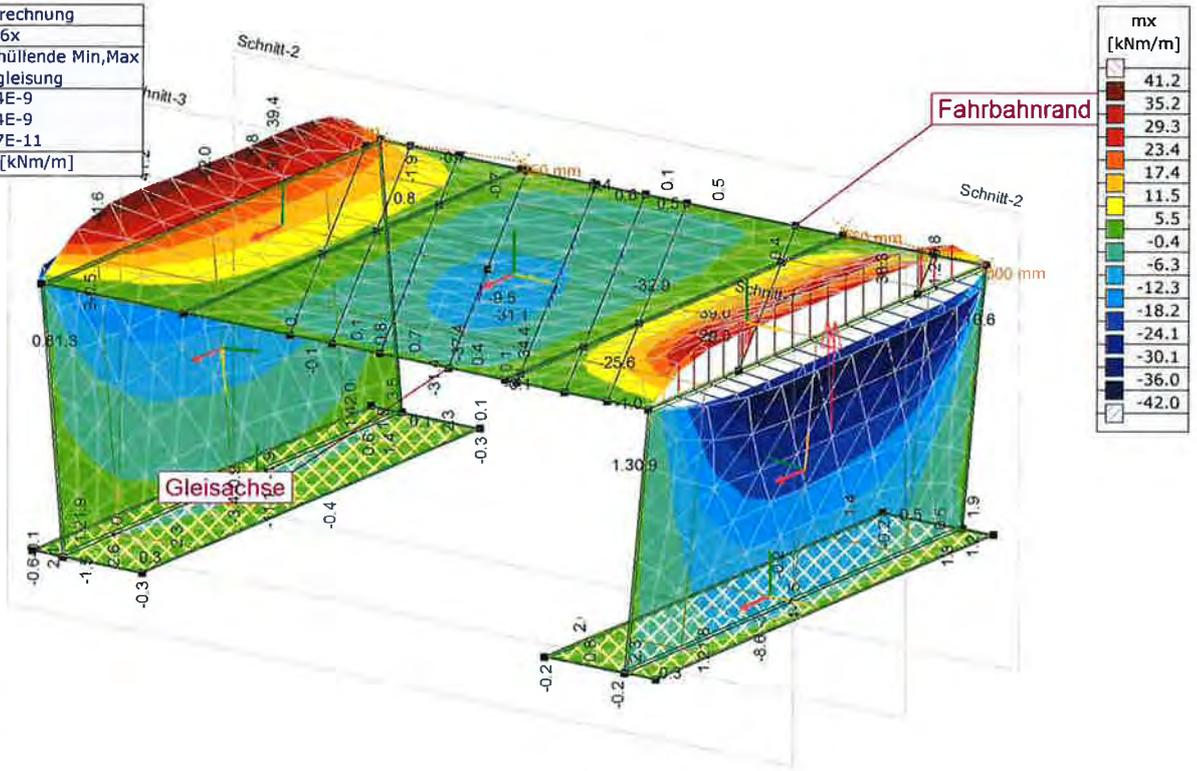
02.04.2019

Seite

42

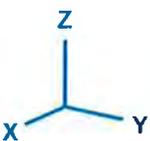
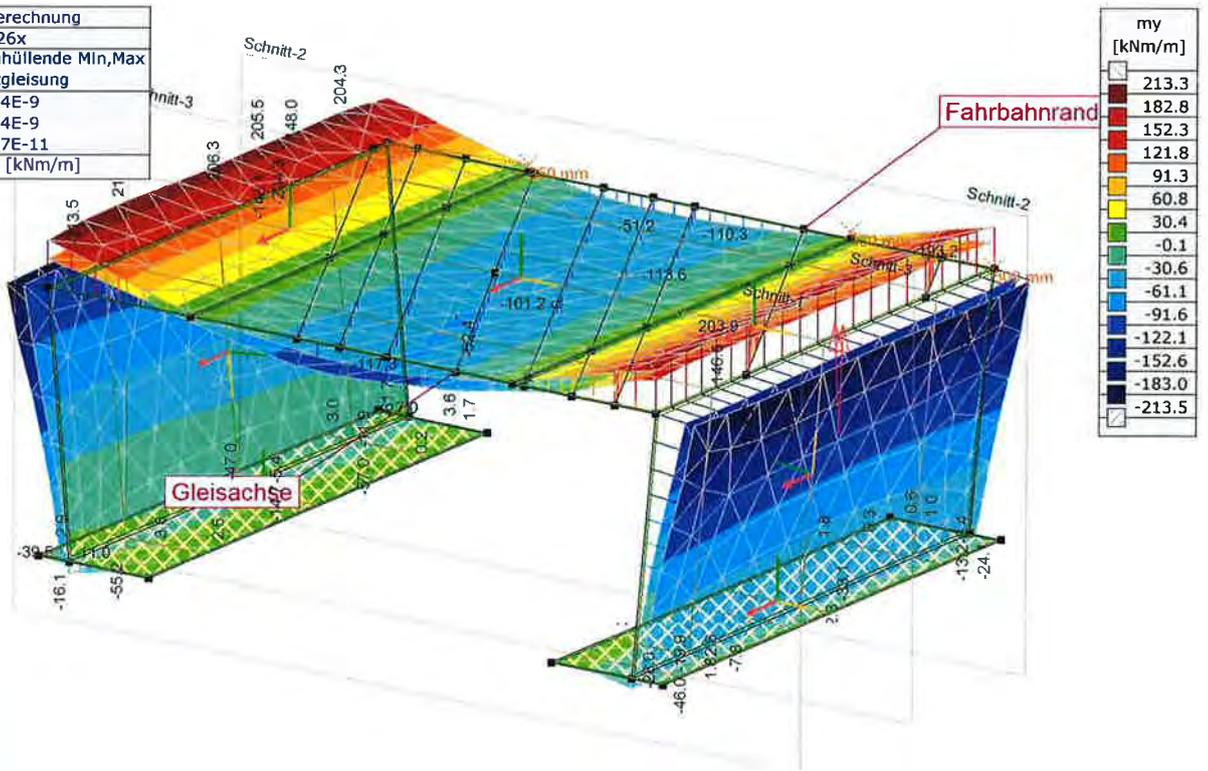
**Aussergewöhnlich**

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: Umhüllende Min,Max
Umhüllende	: Entgleisung
E (P)	: 9.14E-9
E (W)	: 9.14E-9
E (ER)	: 1.57E-11
Komp.	: mx [kNm/m]



[!], Linear, Umhüllende (Entgleisung), mx, Isoflächen 3D

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: Umhüllende Min,Max
Umhüllende	: Entgleisung
E (P)	: 9.14E-9
E (W)	: 9.14E-9
E (ER)	: 1.57E-11
Komp.	: my [kNm/m]



[!], Linear, Umhüllende (Entgleisung), my, Isoflächen 3D

**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

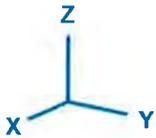
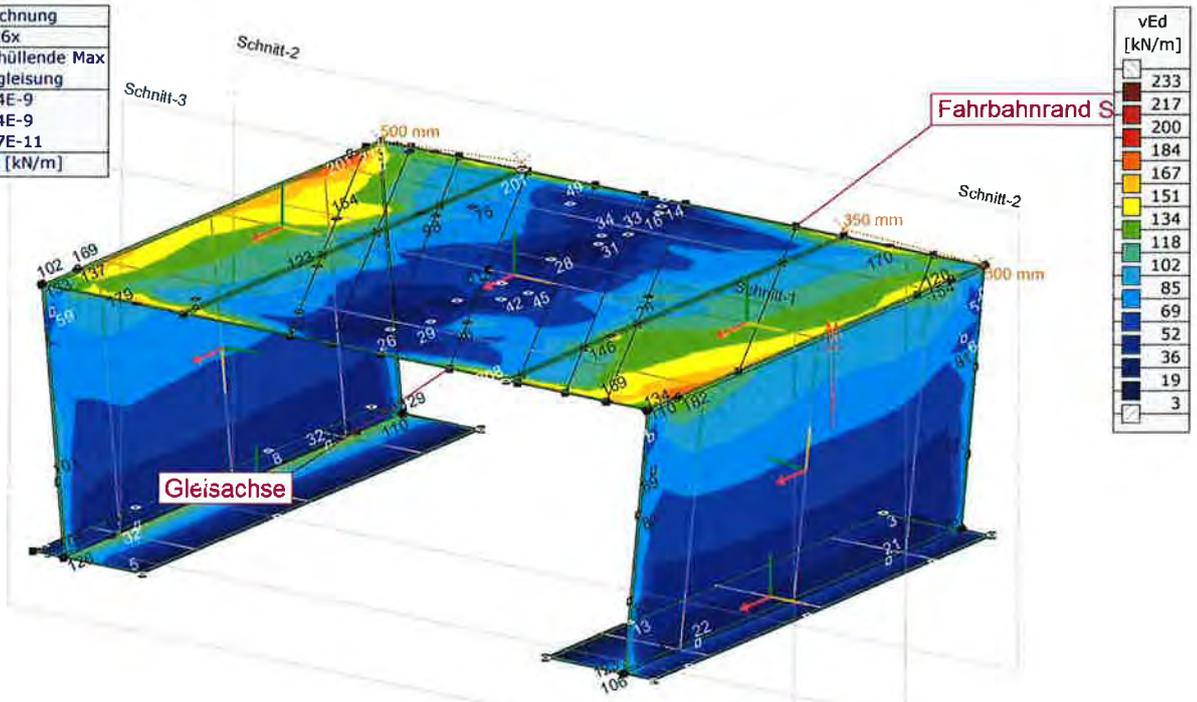
Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

02.04.2019

Seite

43

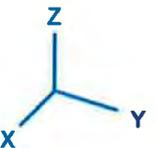
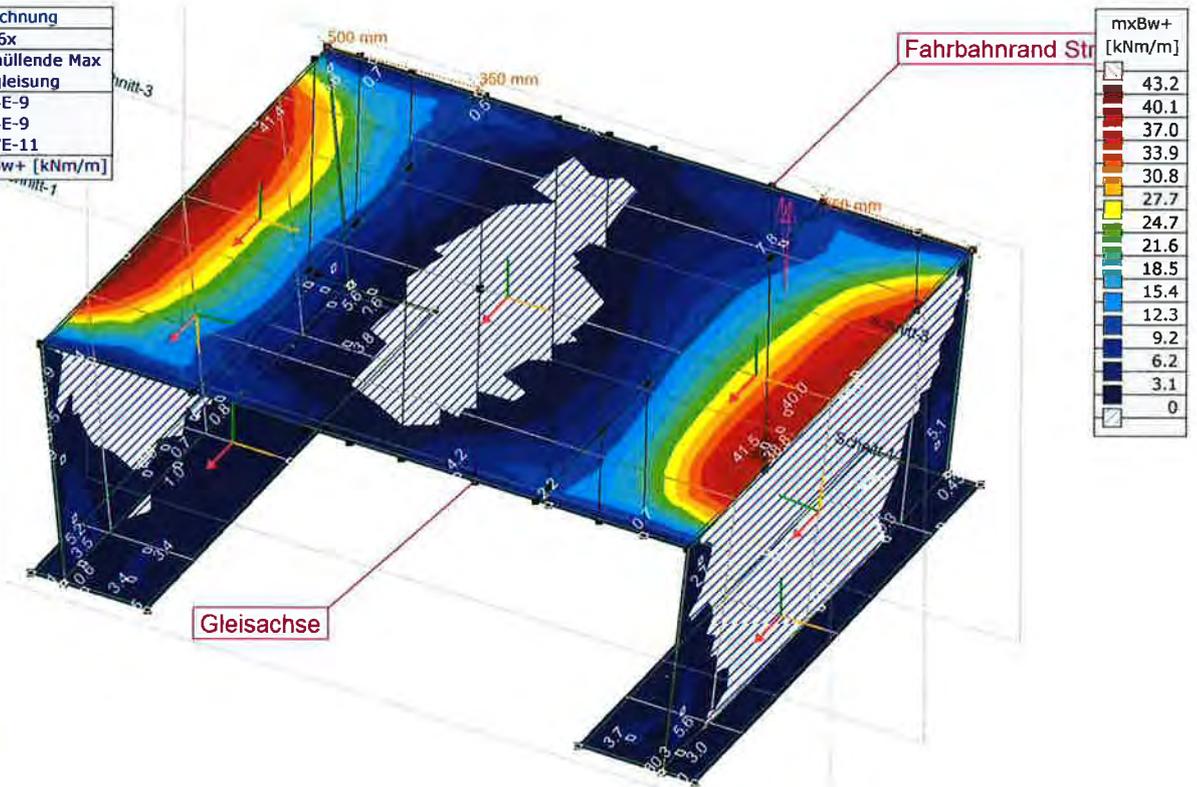
Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: Umhüllende Max
Umhüllende	: Entgleisung
E (P)	: 9.14E-9
E (W)	: 9.14E-9
E (ER)	: 1.57E-11
Komp.	: vEd [kN/m]



Querkraftbeanspruchung aus Entgleisung  
geringer als für Nachweis Tragsicherheit i.o. ✓

[I], Linear, Umhüllende Max (Entgleisung), vEd, Isoflächen 2D

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: Umhüllende Max
Umhüllende	: Entgleisung
E (P)	: 9.14E-9
E (W)	: 9.14E-9
E (ER)	: 1.57E-11
Komp.	: mxBw+ [kNm/m]



Berechnungsmomente mxBw+ in Querrichtung aus Entgleisung  
geringer als für Nachweis Tragsicherheit i.o. ✓

[I], Linear, Umhüllende Max (Entgleisung), mxBw+, Isoflächen 2D

**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

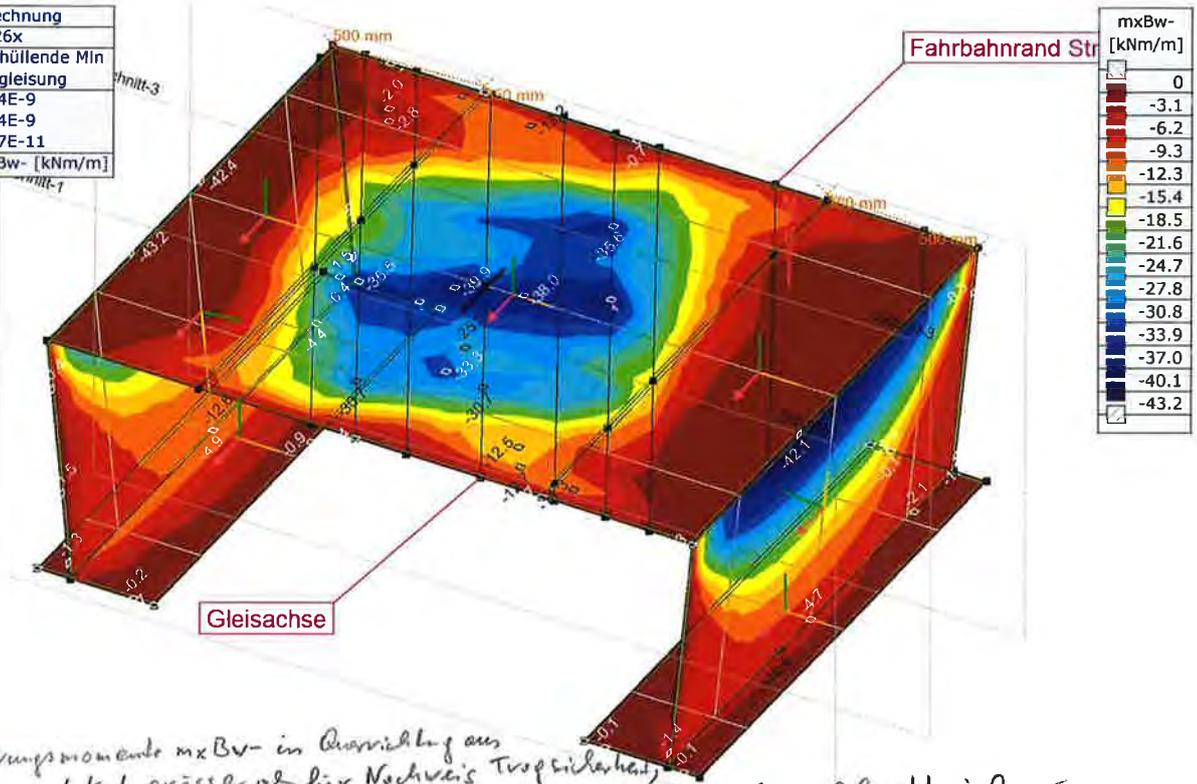
Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

02.04.2019

Seite

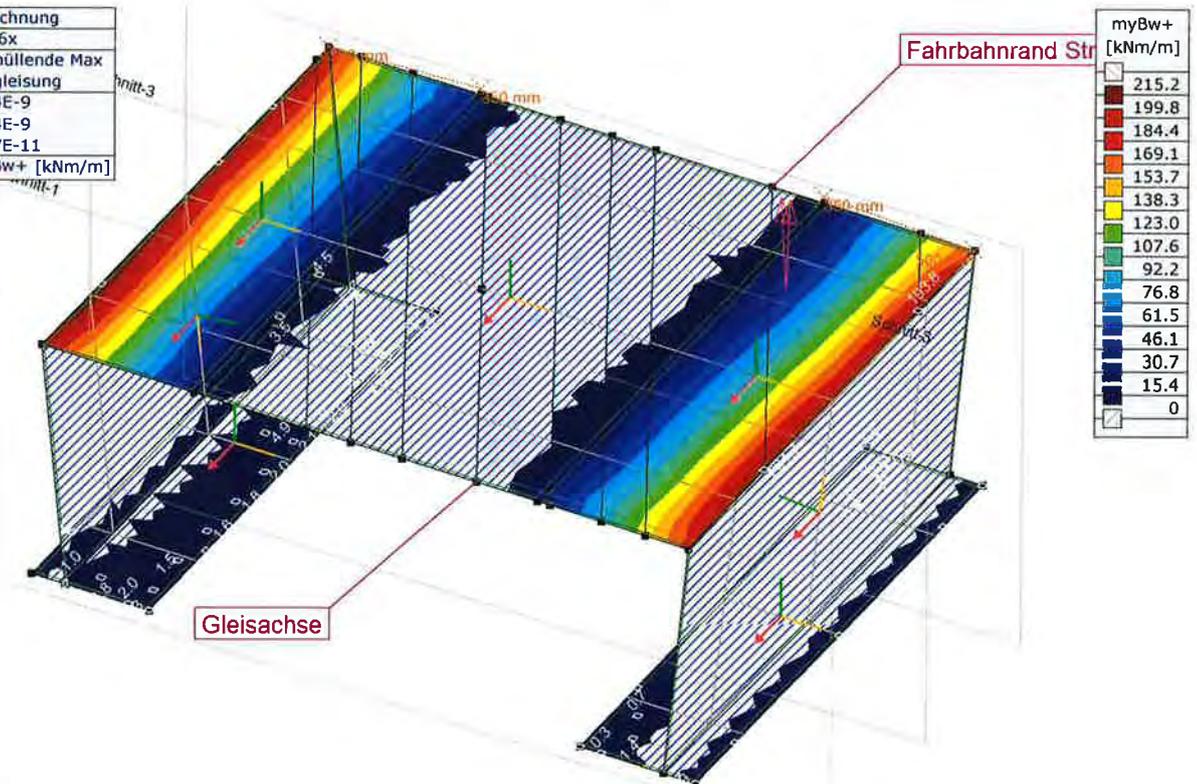
44

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: Umhüllende Min
Umhüllende	: Entgleisung
E (P)	: 9.14E-9
E (W)	: 9.14E-9
E (ER)	: 1.57E-11
Komp.	: mxBw- [kNm/m]



Bewehrungsmomente  $mxBw-$  in Querrichtung aus Entgleisung lokal grösser als für Nachweis Torsionslast,  $34,4 \text{ kNm/m} > 38,0 \text{ kNm/m}$ , bei verschmierter Belastung über 1m-Schnitt i.O. ✓  
 [1], Linear, Umhüllende Min (Entgleisung),  $mxBw-$ , Isoflächen 2D

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: Umhüllende Max
Umhüllende	: Entgleisung
E (P)	: 9.14E-9
E (W)	: 9.14E-9
E (ER)	: 1.57E-11
Komp.	: myBw+ [kNm/m]



[1], Linear, Umhüllende Max (Entgleisung),  $myBw+$ , Isoflächen 2D  
 Bewehrungsmomente  $myBw+$  aus Entgleisung geringer als für Nachweis Torsionslast i.O. ✓

**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

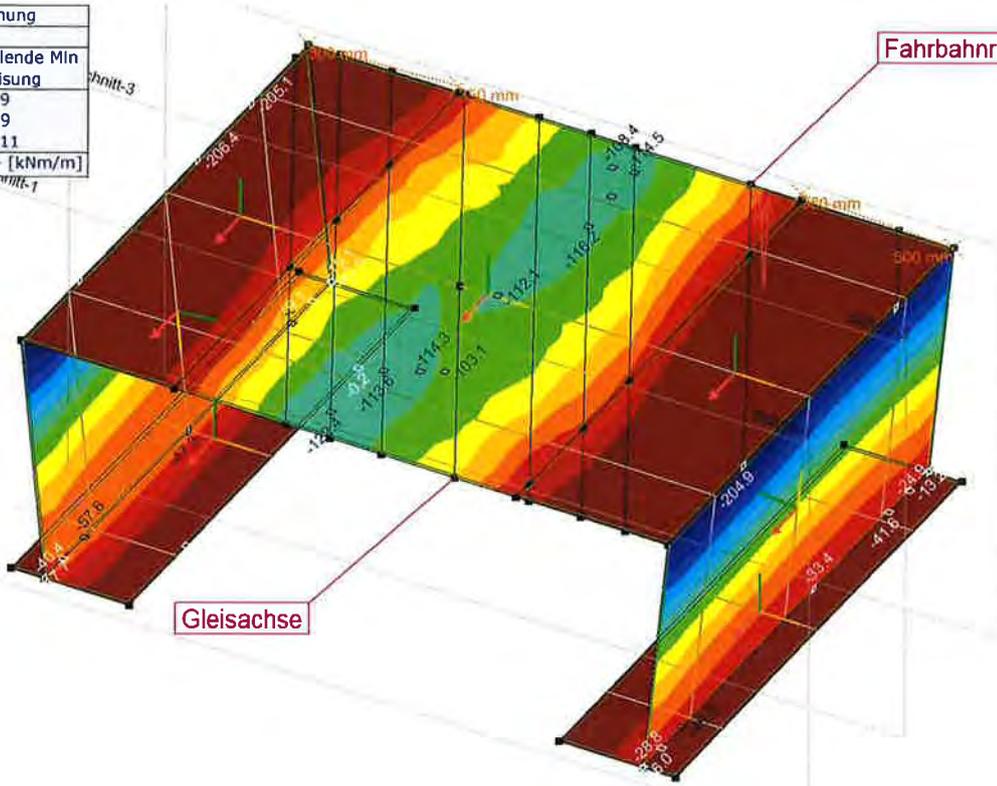
Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

02.04.2019

Seite

45

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: Umhüllende Min
Umhüllende	: Entgleisung
E (P)	: 9.14E-9
E (W)	: 9.14E-9
E (ER)	: 1.57E-11
Komp.	: myBw- [kNm/m]

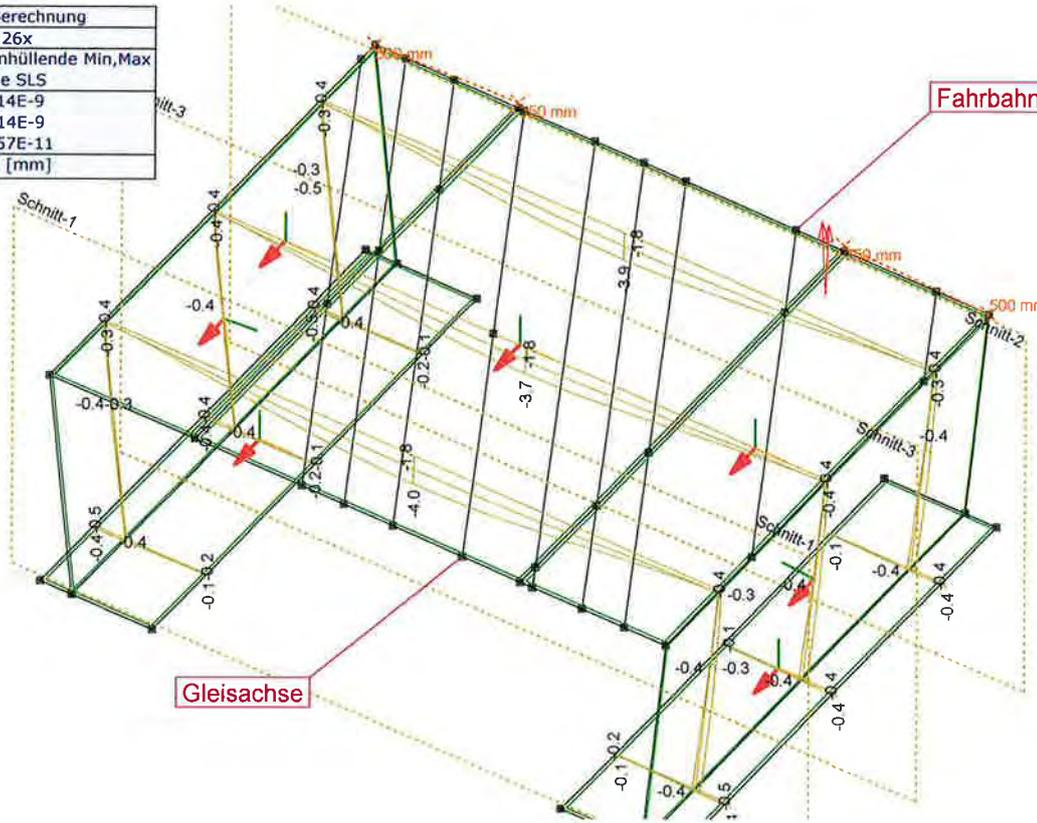


myBw- [kNm/m]
0
-15.4
-30.7
-46.1
-61.4
-76.8
-92.1
-107.5
-122.8
-138.2
-153.5
-168.9
-184.2
-199.6
-214.9

[1], Linear, Umhüllende Min (Entgleisung), myBw-, Isoflächen 2D  
 Bewehrungsmoment myBw- aus Entgleisung  
 geringer als für Natur's Tragfähigkeit i.O. ✓

**Verformungen**

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: Umhüllende Min,Max
Umhüllende	: Alle SLS
E (P)	: 9.14E-9
E (W)	: 9.14E-9
E (ER)	: 1.57E-11
Komp.	: eZ [mm]



[1], Linear, Umhüllende (Alle SLS), eZ, Schnitt

**Projekt:**

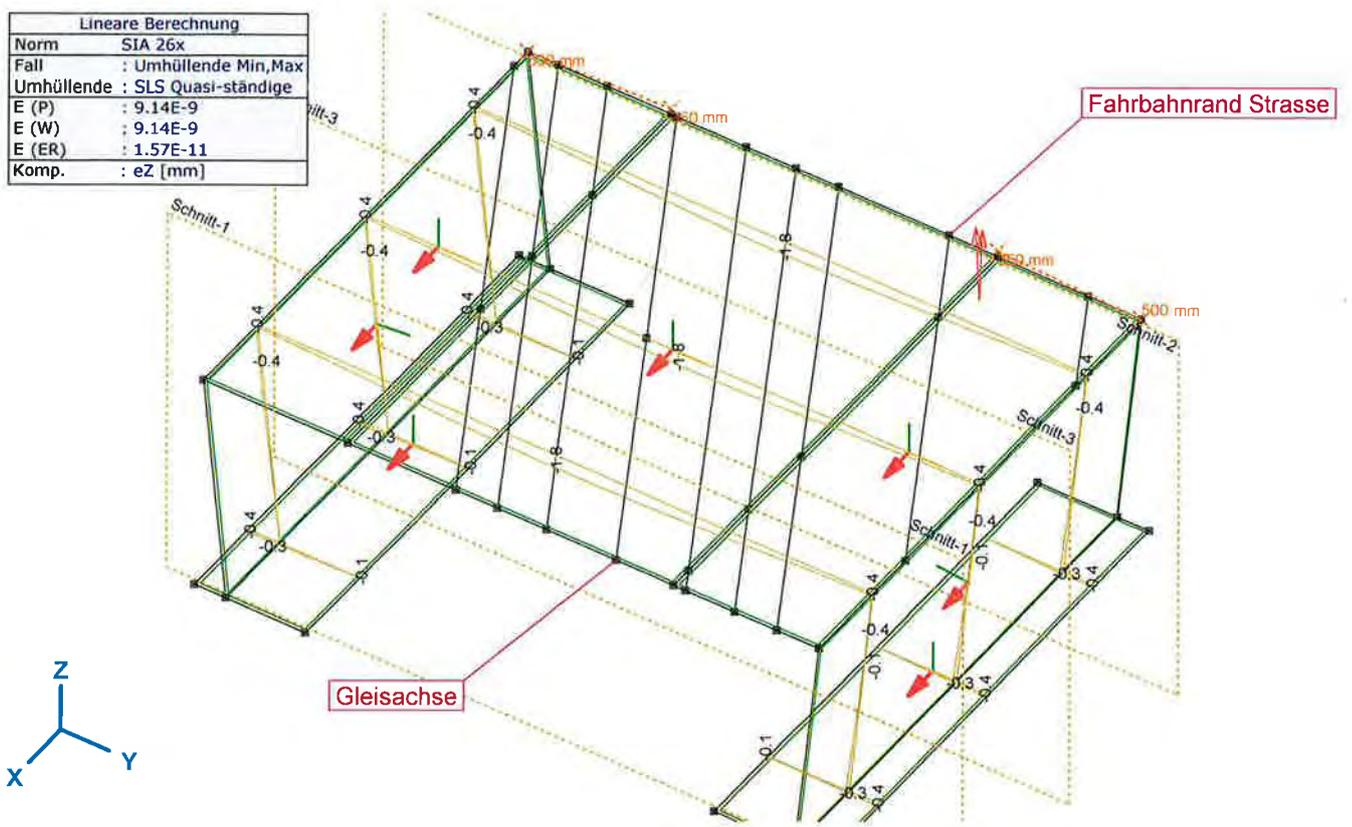
Bearbeiter: Gruner AG

Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

02.04.2019

Seite 46

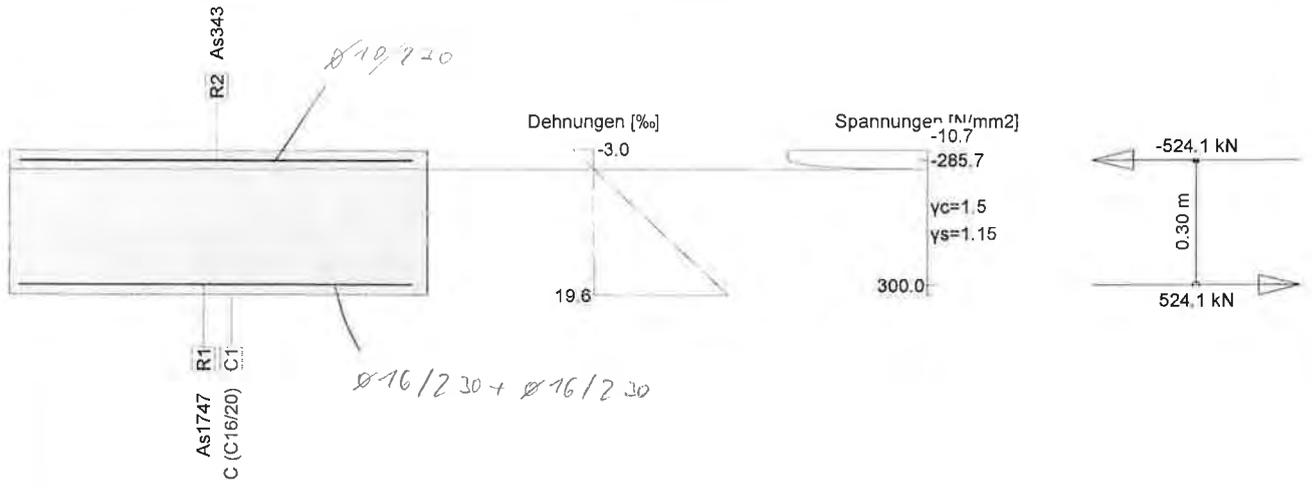
Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: Umhüllende Min,Max
Umhüllende	: SLS Quasi-ständige
E (P)	: 9.14E-9
E (W)	: 9.14E-9
E (ER)	: 1.57E-11
Komp.	: eZ [mm]



[1], Linear, Umhüllende (SLS Quasi-ständige), eZ, Schnitt

Querschnitt TW-MITTE (C16/20;STAHL II): Ausnutzung  $M_y=156.0$ ;  $eff(M,N) = 0.98$  erfüllt

Mstb. 1 :18.3



**Traglastanalyse Querschnitt (Träger): TW-MITTE**

Beanspruchung / Ausnutzung:  $eff(M,N) = 0.98$  erfüllt  $\rightarrow \alpha = 1.02$

Nr.	AP	P	Biegung und Normalkraft				eff(M,N)	Querkraft und Torsion			eff(V,T)	Gesamt QS eff(M,N,V,T)
			N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]			$V_y$ [kN]	$V_z$ [kN]	T [kNm]		
1	!GZT		0	156.0	0	0.98						

**Analyseparameter "!"GZT" Norm: SIA**

ID	$\sigma$ - $\epsilon$ -Diagramme		Grenzdehnungen			$\sigma_s$ [N/mm²]	Widerstandsbeiwerte			Diverses	
	c	s	$\epsilon_{c1d}$ [%]	$\epsilon_{c2d}$ [%]	$\epsilon_{ud}$ [%]		$\gamma_c$ [-]	$\gamma_s$ [-]		$\alpha$ [-]	$\phi$ [-]
!"GZT	4/0	1	-2.0	-3.0	20.0		1.50	1.15		45.00	0

Sigma-Epsilon : SIA262 Fig 12 + Fig 16

**Maximale Dehnungen und Spannungen**

Name	Klasse	$y_q$ [m]	$z_q$ [m]	$\epsilon$ [%]	$\sigma_d$ [N/mm²]	$\gamma$ [-]
C1	C16/20	-0.50	0.18	-3.0	-10.7	1.50
C1	C16/20	0.50	-0.18	19.6	0	1.50
R2	STAHL II	-0.48	0.15	-1.4	-285.7	1.15
R1	STAHL II	0.47	-0.15	18.0	300.0	1.15

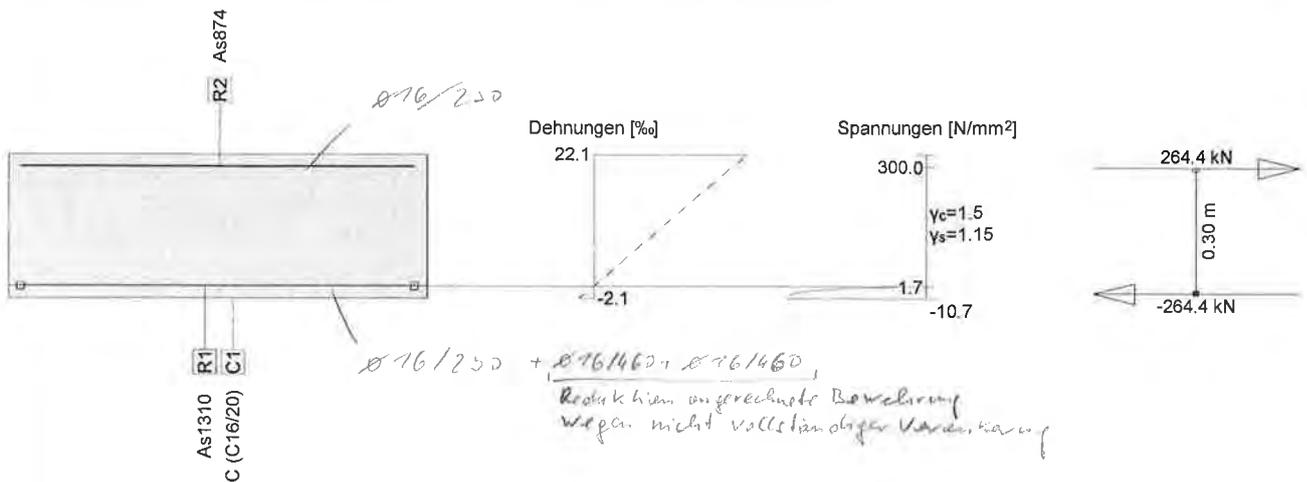
**Grenzzustand "!"GZT"**

N [kN]	Innere Kräfte		Dehnung und Krümmungen			Steifigkeiten		
	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\epsilon_x$ [%]	$\chi_y$ [km <sup>-1</sup> ]	$\chi_z$ [km <sup>-1</sup> ]	$N/\epsilon_x$ [kN]	$M_y/\chi_y$ [kNm²]	$M_z/\chi_z$ [kNm²]
-0.0	159.1	0.0	8.3	64.2	-0.1	3.87	2479.12	3.43

Nr.:

Querschnitt TW-VOUTE (C16/20;STAHL II): Ausnutzung  $M_y = -58.0$ ;  $eff(M,N) = 0.72$  erfüllt

Mstb. 1 : 18.3



**Traglastanalyse Querschnitt (Träger): TW-VOUTE**

Beanspruchung / Ausnutzung:  $eff(M,N) = 0.72$  erfüllt  $\rightarrow \alpha \approx 1,28$

Nr.	AP	P	Biegung und Normalkraft			eff(M,N)	Querkraft und Torsion			eff(V,T)	Gesamt QS eff(M,N,V,T)
			N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]		$V_y$ [kN]	$V_z$ [kN]	T [kNm]		
1	!GZT		0	-58.0	0	0.72					

**Analyseparameter "!"GZT" Norm: SIA**

ID	σ-ε-Diagramme		Grenzdehnungen			$\sigma_s$ [N/mm²]	Widerstandsbeiwerte		Diverses	
	c	s	$\epsilon_{c1d}$ [%]	$\epsilon_{c2d}$ [%]	$\epsilon_{ud}$ [%]		$\gamma_c$ [-]	$\gamma_s$ [-]	$\alpha$ [-]	$\phi$ [-]
!GZT	4/0	1	-2.0	-3.0	20.0		1.50	1.15	45.00	0

Sigma-Epsilon : SIA262 Fig 12 + Fig 16

**Maximale Dehnungen und Spannungen**

Name	Klasse	$y_q$ [m]	$z_q$ [m]	$\epsilon$ [%]	$\sigma_d$ [N/mm²]	$\gamma$ [-]
C1	C16/20	-0.50	-0.18	-2.1	-10.7	1.50
C1	C16/20	0.50	0.18	22.1	0	1.50
R1	STAHL II	-0.47	-0.14	0.0	1.7	1.15
R2	STAHL II	-0.47	0.14	20.0	300.0	1.15

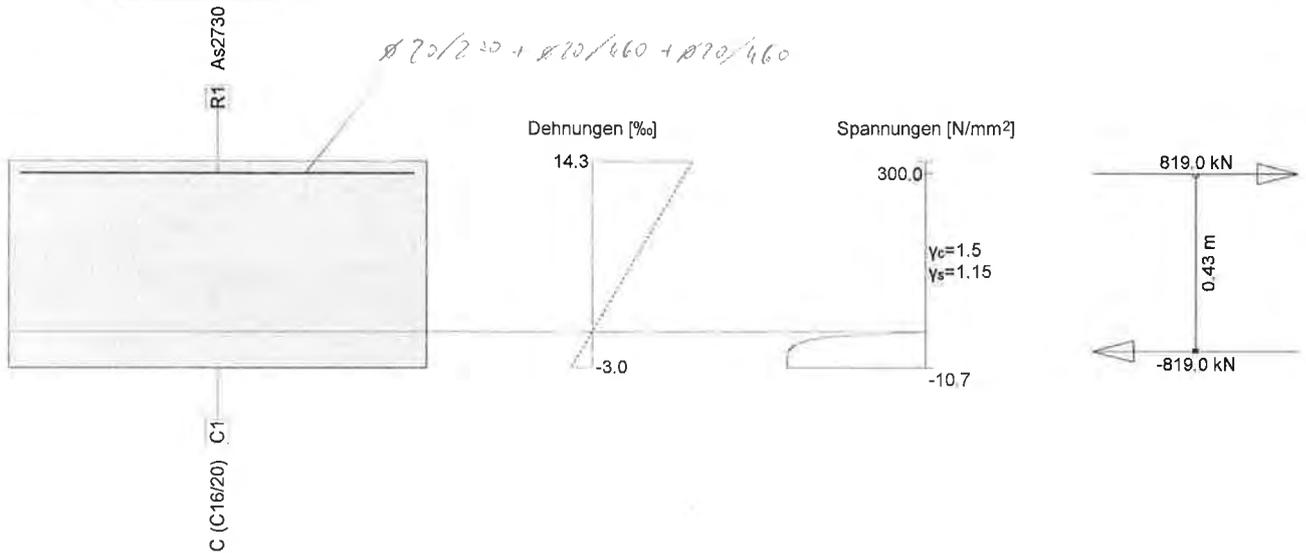
**Grenz Zustand "!"GZT"**

N [kN]	Innere Kräfte		Dehnung und Krümmungen			Steifigkeiten		
	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\epsilon_x$ [%]	$\chi_y$ [km⁻¹]	$\chi_z$ [km⁻¹]	$N/\epsilon_x$ [kN]	$M_y/\chi_y$ [kNm²]	$M_z/\chi_z$ [kNm²]
-0.0	-80.5	-0.0	10.0	-68.9	0.0	1.00	1168.24	6018.49

Nr.:

Querschnitt TW-ANSCHNITT (C16/20;STAHL II): Ausnutzung  $M_y = -304.0$ ;  $eff(M,N) = 0.86$  erfüllt

Mstb. 1 : 18.3



**Traglastanalyse Querschnitt (Träger): TW-ANSCHNITT**

Beanspruchung / Ausnutzung:  $eff(M,N) = 0.86$  erfüllt  $\rightarrow \alpha = 1.25$

Nr.	AP	P	Biegung und Normalkraft				eff(M,N)	Querkraft und Torsion			eff(V,T)	Gesamt QS eff(M,N,V,T)
			N [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]			V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	T [kNm]		
1	!GZT		0	-304.0	0	0.86						

**Analyseparameter "IGZT" Norm: SIA**

ID	σ-ε-Diagramme		Grenzdehnungen				σ <sub>s</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Widerstandsbeiwerte			Diverses	
	c	s	ε <sub>c1d</sub> [%]	ε <sub>c2d</sub> [%]	ε <sub>ud</sub> [%]	γ <sub>c</sub> [-]		γ <sub>s</sub> [-]	α [-]	φ [-]		
!GZT	4/0	1	-2.0	-3.0	20.0		1.50	1.15	45.00	0		

Sigma-Epsilon : SIA262 Fig 12 + Fig 16

**Maximale Dehnungen und Spannungen**

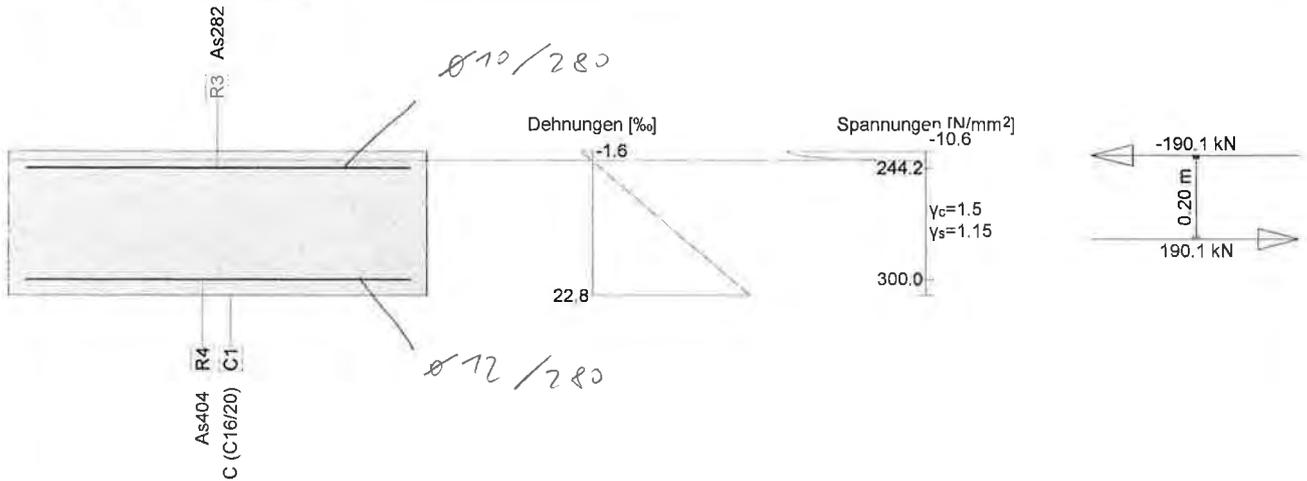
Name	Klasse	y <sub>q</sub> [m]	z <sub>q</sub> [m]	ε [%]	σ <sub>d</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	γ [-]
C1	C16/20	0.50	-0.25	-3.0	-10.7	1.50
C1	C16/20	-0.50	0.25	14.3	0	1.50
R1	STAHL II	0.47	0.22	13.3	300.0	1.15

**Grenzzustand "IGZT"**

N [kN]	Innere Kräfte			Dehnung und Krümmungen			Steifigkeiten		
	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]		ε <sub>x</sub> [%]	χ <sub>y</sub> [km <sup>-1</sup> ]	χ <sub>z</sub> [km <sup>-1</sup> ]	N/ε <sub>x</sub> [kN]	M <sub>y</sub> /χ <sub>y</sub> [kNm <sup>2</sup> ]	M <sub>z</sub> /χ <sub>z</sub> [kNm <sup>2</sup> ]
-0.0	-352.8	-0.0		5.7	-34.7	0.0	4.05	10170.20	18142.84

Querschnitt TW-MITTE-QUER (C16/20;STAHL II): Ausnutzung  $M_y=38.0$ ;  $eff(M,N) = 0.99$  erfüllt

Mstb. 1 :18.3



**Traglastanalyse Querschnitt (Träger): TW-MITTE-QUER**

**Beanspruchung / Ausnutzung:  $eff(M,N) = 0.99$  erfüllt  $\rightarrow \alpha = 7.07$**

Nr.	AP	P	Biegung und Normalkraft				Querkraft und Torsion			Gesamt QS $eff(M,N,V,T)$
			N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$eff(M,N)$ [-]	$V_y$ [kN]	$V_z$ [kN]	T [kNm]	
1	!GZT		0	38.0	0	0.99				

**Analyseparameter "!"GZT" Norm: SIA**

ID	$\sigma$ - $\epsilon$ -Diagramme		Grenzdehnungen			$\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Widerstandsbeiwerte			Diverses	
	c	s	$\epsilon_{c1d}$ [‰]	$\epsilon_{c2d}$ [‰]	$\epsilon_{td}$ [‰]		$\gamma_c$ [-]	$\gamma_s$ [-]	$\alpha$ [-]	$\phi$ [-]	
!"GZT	4/0	1	-2.0	-3.0	20.0		1.50	1.15		45.00	0

Sigma-Epsilon : SIA262 Fig 12 + Fig 16

**Maximale Dehnungen und Spannungen**

Name	Klasse	$y_q$ [m]	$z_q$ [m]	$\epsilon$ [‰]	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [-]
C1	C16/20	0.50	0.18	-1.6	-10.6	1.50
C1	C16/20	-0.50	-0.18	22.8	0	1.50
R3	STAHL II	-0.46	0.14	1.2	244.2	1.15
R4	STAHL II	-0.46	-0.14	20.0	300.0	1.15

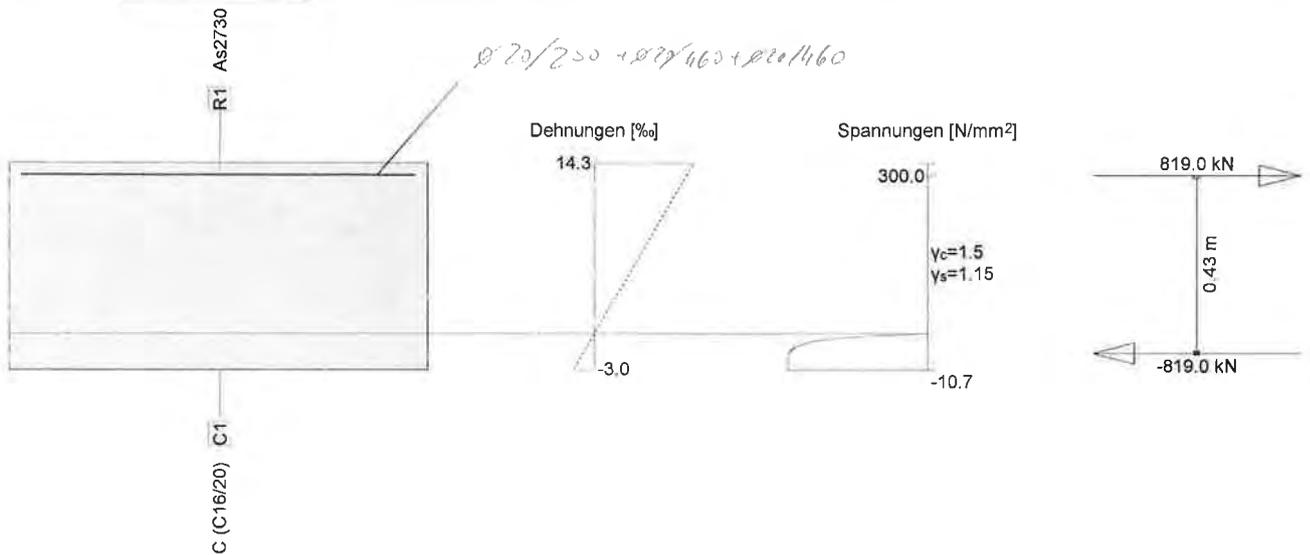
**Grenzzustand "!"GZT"**

N [kN]	Innere Kräfte		Dehnung und Krümmungen			Steifigkeiten		
	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\epsilon_x$ [‰]	$\chi_y$ [km <sup>-1</sup> ]	$\chi_z$ [km <sup>-1</sup> ]	$N/\epsilon_x$ [kN]	$M_y/\chi_y$ [kNm <sup>2</sup> ]	$M_z/\chi_z$ [kNm <sup>2</sup> ]
-0.0	38.5	0.0	10.6	69.7	0.0	2.93	552.57	10364.04

Nr.:

Querschnitt WAND-ANSCHNITT (C16/20;STAHL II): Ausnutzung  $M_y = -288.0$ ;  $eff(M,N) = 0.82$  erfüllt

Mstb. 1 : 18.3



**Traglastanalyse Querschnitt (Träger): WAND-ANSCHNITT**

**Beanspruchung / Ausnutzung:  $eff(M,N) = 0.82$  erfüllt**  $\rightarrow \alpha = 7.22$

Nr.	AP	P	Biegung und Normalkraft				eff(M,N)	Querkraft und Torsion			eff(V,T)	Gesamt QS eff(M,N,V,T)
			N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]			$V_y$ [kN]	$V_z$ [kN]	T [kNm]		
1	!GZT		0	-288.0	0	0.82						

**Analyseparameter "IGZT" Norm: SIA**

ID	$\sigma$ - $\epsilon$ -Diagramme		Grenzdehnungen			$\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Widerstandsbeiwerte			Diverses	
	c	s	$\epsilon_{c1d}$ [‰]	$\epsilon_{c2d}$ [‰]	$\epsilon_{ud}$ [‰]		$\gamma_c$ [-]	$\gamma_s$ [-]		$\alpha$ [-]	$\varphi$ [-]
!GZT	4/0	1	-2.0	-3.0	20.0		1.50	1.15		45.00	0

Sigma-Epsilon : SIA262 Fig 12 + Fig 16

**Maximale Dehnungen und Spannungen**

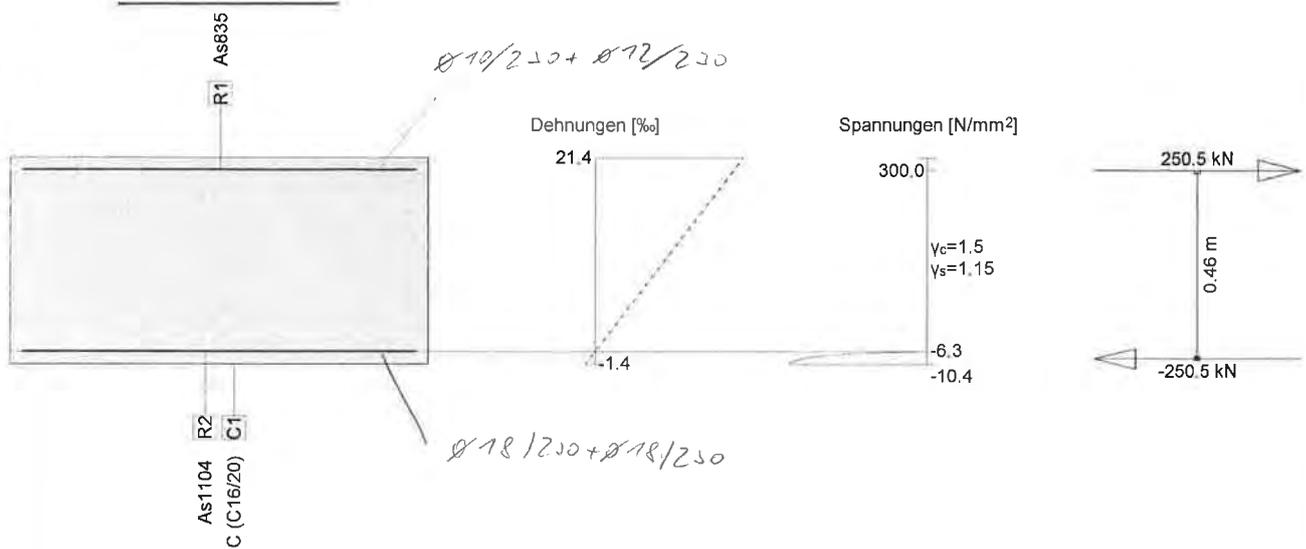
Name	Klasse	$y_q$ [m]	$z_q$ [m]	$\epsilon$ [‰]	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [-]
C1	C16/20	-0.50	-0.25	-3.0	-10.7	1.50
C1	C16/20	0.50	0.25	14.3	0	1.50
R1	STAHL II	-0.47	0.22	13.3	300.0	1.15

**Grenzzustand "IGZT"**

Innere Kräfte			Dehnung und Krümmungen			Steifigkeiten		
N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\epsilon_x$ [‰]	$\chi_y$ [km <sup>-1</sup> ]	$\chi_z$ [km <sup>-1</sup> ]	N/ $\epsilon_x$ [kN]	$M_y/\chi_y$ [kNm <sup>2</sup> ]	$M_z/\chi_z$ [kNm <sup>2</sup> ]
-0.0	-352.8	0.0	5.7	-34.7	0.0	4.05	10170.20	537.89

Querschnitt WAND-ANSCHNITT2 (C16/20;STAHL II): Ausnutzung  $M_y = -70.0$ ;  $eff(M,N) = 0.61$  erfüllt

Mstb. 1 : 18.3



**Traglastanalyse Querschnitt (Träger): WAND-ANSCHNITT2**

Beanspruchung / Ausnutzung:  $eff(M,N) = 0.61$  erfüllt  $\rightarrow \alpha = 7.63$

Nr.	AP	P	Biegung und Normalkraft				Querkraft und Torsion			eff(V,T) [-]	Gesamt QS eff(M,N,V,T) [-]
			N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	eff(M,N) [-]	$V_y$ [kN]	$V_z$ [kN]	T [kNm]		
1	!GZT		0	-70.0	0	0.61					

**Analyseparameter "IGZT" Norm: SIA**

ID	$\sigma$ - $\epsilon$ -Diagramme		Grenzdehnungen			$\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Widerstandsbeiwerte			Diverses	
	c	s	$\epsilon_{c1d}$ [‰]	$\epsilon_{c2d}$ [‰]	$\epsilon_{yd}$ [‰]		$\gamma_c$ [-]	$\gamma_s$ [-]	$\alpha$ [-]	$\phi$ [-]	
!GZT	4/0	1	-2.0	-3.0	20.0		1.50	1.15	45.00	0	

Sigma-Epsilon : SIA262 Fig 12 + Fig 16

**Maximale Dehnungen und Spannungen**

Name	Klasse	$y_q$ [m]	$z_q$ [m]	$\epsilon$ [‰]	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [-]
C1	C16/20	-0.50	-0.25	-1.4	-10.4	1.50
C1	C16/20	0.50	0.25	21.4	0	1.50
R2	STAHL II	-0.47	-0.22	-0.0	-6.3	1.15
R1	STAHL II	-0.47	0.22	20.0	300.0	1.15

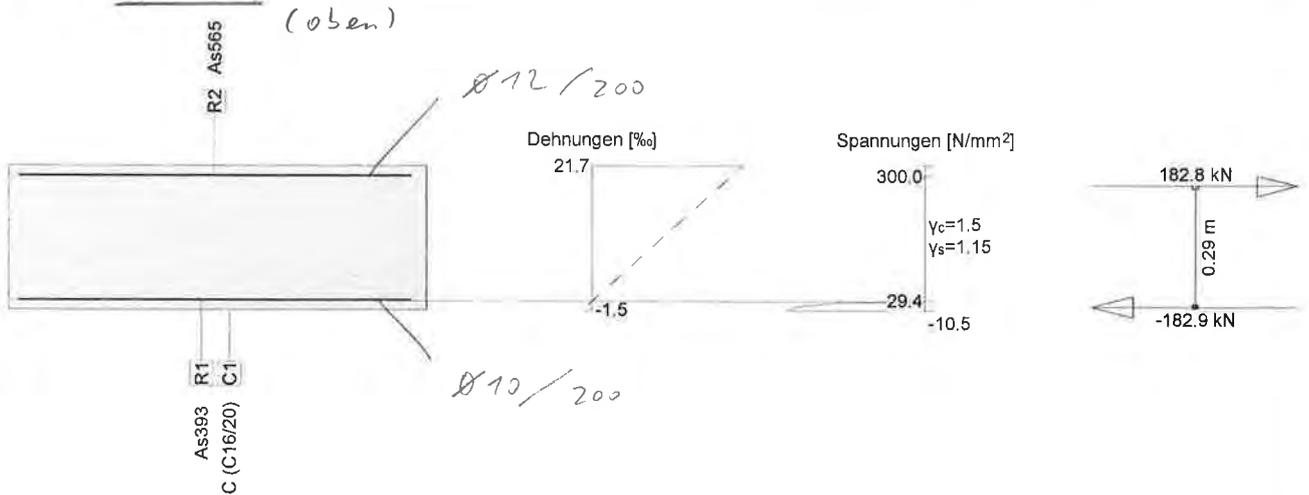
**Grenz Zustand "IGZT"**

N [kN]	Innere Kräfte		Dehnung und Krümmungen			Steifigkeiten		
	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\epsilon_x$ [‰]	$\chi_y$ [km <sup>-1</sup> ]	$\chi_z$ [km <sup>-1</sup> ]	$N/\epsilon_x$ [kN]	$M_y/\chi_y$ [kNm <sup>2</sup> ]	$M_z/\chi_z$ [kNm <sup>2</sup> ]
0.0	-114.4	-0.0	10.0	-45.5	0.0	1.75	2513.67	2903.42

Nr.:

Querschnitt WAND-QUER (C16/20;STAHL II): Ausnutzung  $M_y = -58.0$ ;  $eff(M,N) = 1.08 > 1.00$  nicht erfüllt

Mstb. 1 : 18.3



**Traglastanalyse Querschnitt (Träger): WAND-QUER**

Beanspruchung / Ausnutzung:  $eff(M,N) = 1.08 > 1.00$  nicht erfüllt  $\rightarrow \alpha = 0,92$

Nr.	AP	P	Biegung und Normalkraft				Querkraft und Torsion			eff(V,T) [-]	Gesamt QS eff(M,N,V,T) [-]
			N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	eff(M,N) [-]	$V_y$ [kN]	$V_z$ [kN]	T [kNm]		
1	!GZT		0	-58.0	0	1.08					

**Analyseparameter "IGZT" Norm: SIA**

ID	$\sigma$ - $\epsilon$ -Diagramme		Grenzdehnungen			$\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Widerstandsbeiwerte			Diverses	
	c	s	$\epsilon_{c1d}$ [‰]	$\epsilon_{c2d}$ [‰]	$\epsilon_{ud}$ [‰]		$\gamma_c$ [-]	$\gamma_s$ [-]	$\alpha$ [-]	$\phi$ [-]	
!GZT	4/0	1	-2.0	-3.0	20.0		1.50	1.15		45.00	0

Sigma-Epsilon : SIA262 Fig 12 + Fig 16

**Maximale Dehnungen und Spannungen**

Name	Klasse	$y_q$ [m]	$z_q$ [m]	$\epsilon$ [‰]	$\sigma_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [-]
C1	C16/20	-0.50	-0.18	-1.5	-10.5	1.50
C1	C16/20	0.50	0.18	21.7	0	1.50
R1	STAHL II	-0.48	-0.15	0.1	29.4	1.15
R2	STAHL II	0.47	0.15	20.0	300.0	1.15

**Grenzzustand "IGZT"**

N [kN]	Innere Kräfte		Dehnung und Krümmungen			Steifigkeiten		
	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\epsilon_x$ [‰]	$\chi_y$ [km <sup>-1</sup> ]	$\chi_z$ [km <sup>-1</sup> ]	$N/\epsilon_x$ [kN]	$M_y/\chi_y$ [kNm <sup>2</sup> ]	$M_z/\chi_z$ [kNm <sup>2</sup> ]
-0.0	-53.7	0.0	10.1	-66.0	-0.0	1.61	813.12	6.28

Nr.:

Querkraftnachweis (SIA 262) ohne Schubbewehrung

Schnitt bei  $d/2$  vor Wand

Geometrie:

h	47.5 [cm]	Querschnittshöhe bei $d/2$
c	2.5 [cm]	Betondeckung
$d_s$	1.6 [cm]	Durchmesser Biegebewehrung ("unten")
d	45.0 [cm]	Statische Höhe Biegebewehrung
$d_v$	42.0 [cm]	wirksame statische Höhe innere Kräfte
$D_{max}$	32 [mm]	Grösstkorn

Beton	C16/20	(Annahme)		
$f_{cd}$	1.07 [kN/cm <sup>2</sup> ]		$k_d = 1 / (1 + \epsilon_v * d * k_g) =$	0.69
$\tau_{cd}$	0.08 [kN/cm <sup>2</sup> ]			
Stahl	II		$k_g = 48 / (16 + D_{max}) =$	1.00
$f_{yd}$	20.00 [kN/cm <sup>2</sup> ]			
$E_s$	20'500 [kN/cm <sup>2</sup> ]			

Momente

$m_d$	100 [kNm/m]	$e_v = (f_{sd}/E_s) * (m_d/m_{Rd}) =$	<u>0.000975610</u>
$m_{Rd}$	100 [kNm/m]		falls Biegebewehrung im elastischen Zustand

(Annahme Biegebewehrung voll ausgenutzt)  
 $e_v = 1.5 * (f_{sd}/E_s) =$  0.00146341  
 falls Biegebewehrung im plastischen Zustand

Angesetzt:

$e_v =$  0.0009756

$V_{Rd} = k_d * \tau_{cd} * d_v =$  233.5 [kN/m] > 237 kN/m i.O. ✓  
 $\alpha = 1.07$

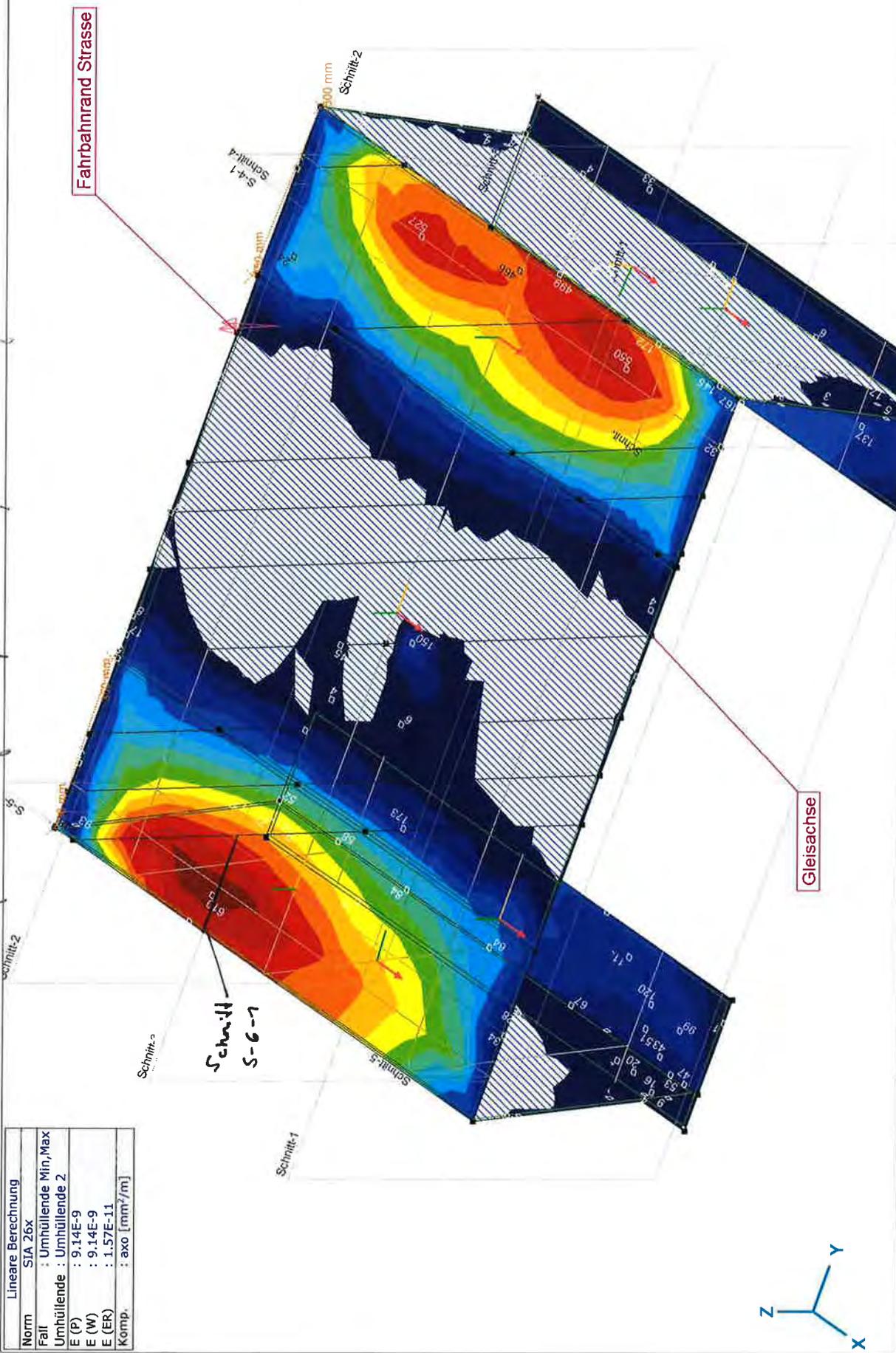
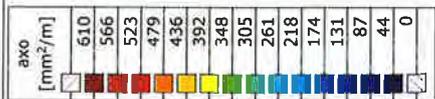
**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

mit Axis-VM ermittelt auf. Dosechung (für stell II, Bodanolekung 25 mm)

Lineare Berechnung	
Norm	: SIA 26x
Fall	: Umhüllende Min,Max
Umhüllende	: Umhüllende 2
E (P)	: 9.14E-9
E (W)	: 9.14E-9
E (ER)	: 1.57E-11
Komp.	: axo [mm <sup>2</sup> /m]

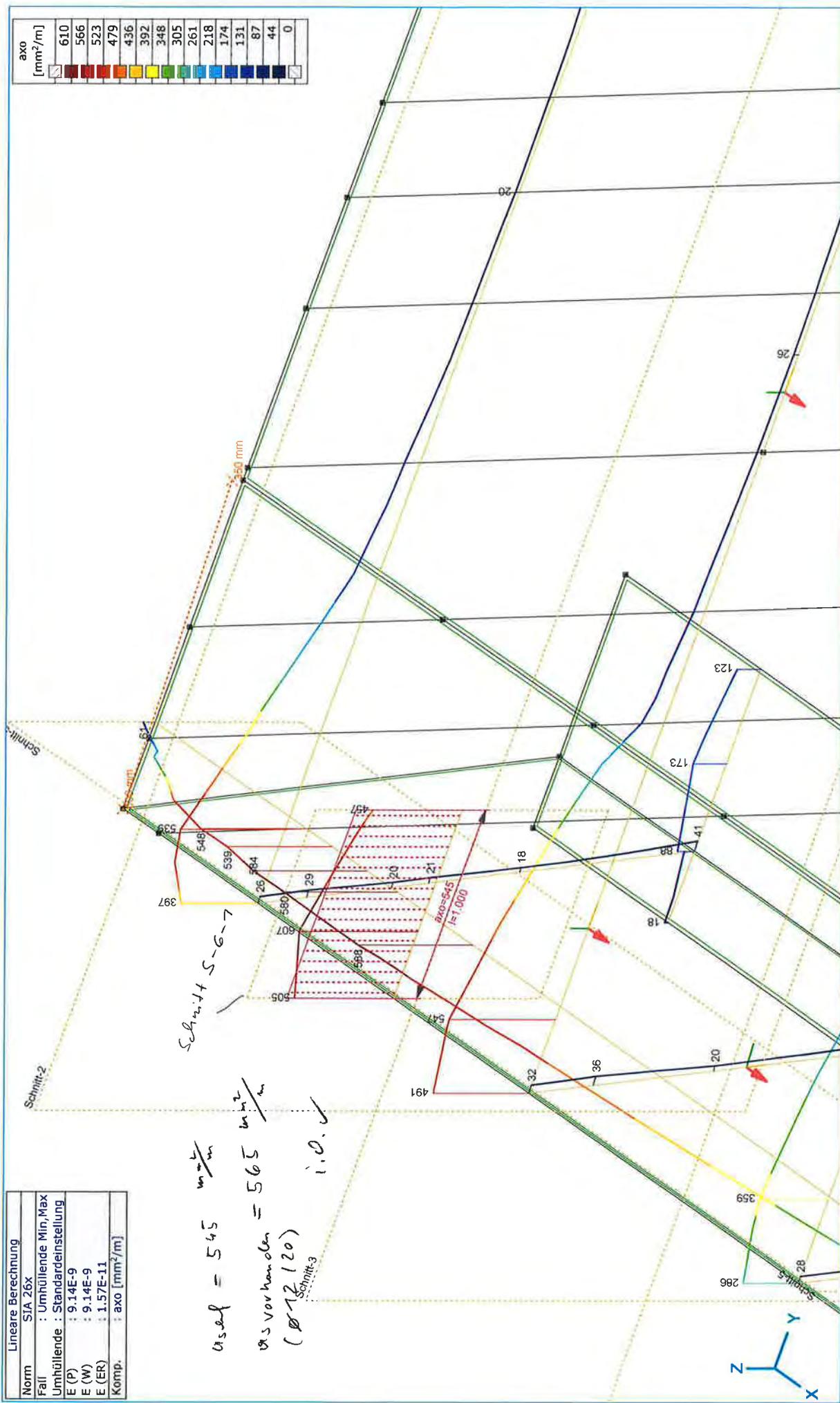


**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

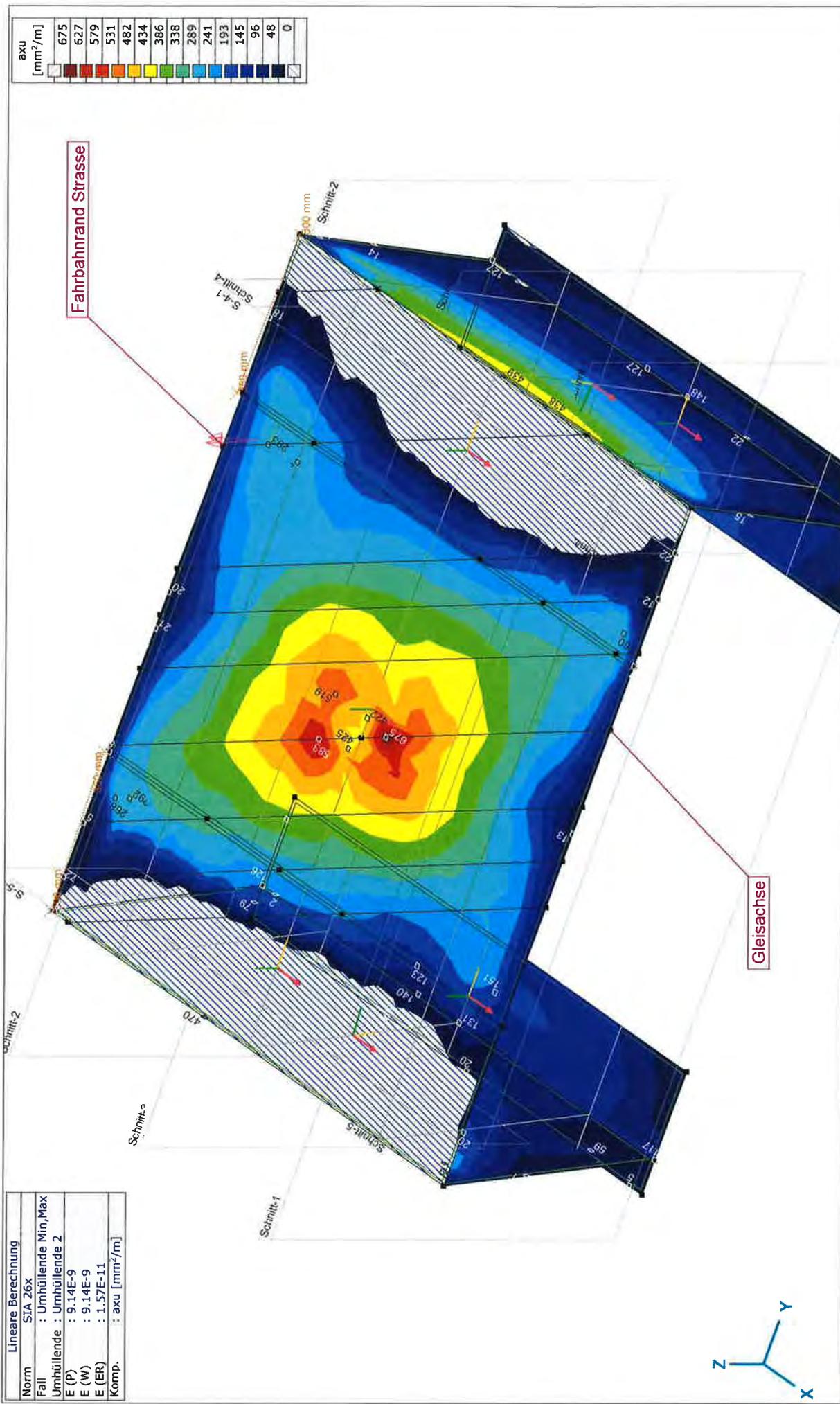
02.04.2019



**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs



Lineare Berechnung	
Norm	: SIA 26x
Fall	: Umhüllende Min, Max
Umhüllende	: Umhüllende 2
E (P)	: 9.14E-9
E (W)	: 9.14E-9
E (ER)	: 1.57E-11
Komp.	: axu [mm <sup>2</sup> /m]

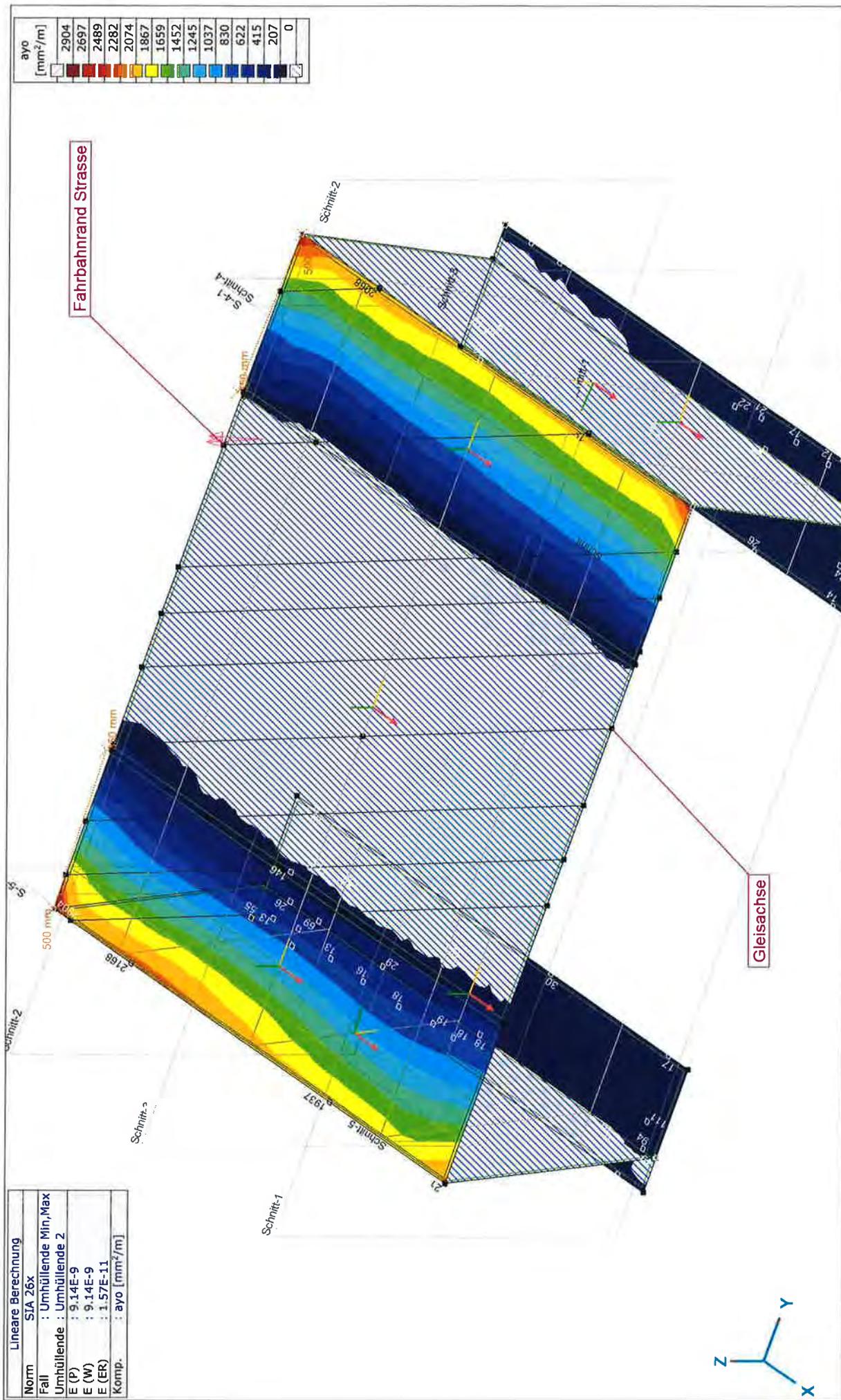
axu [mm <sup>2</sup> /m]
675
627
579
531
482
434
386
338
289
241
193
145
96
48
0

**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

02.04.2019

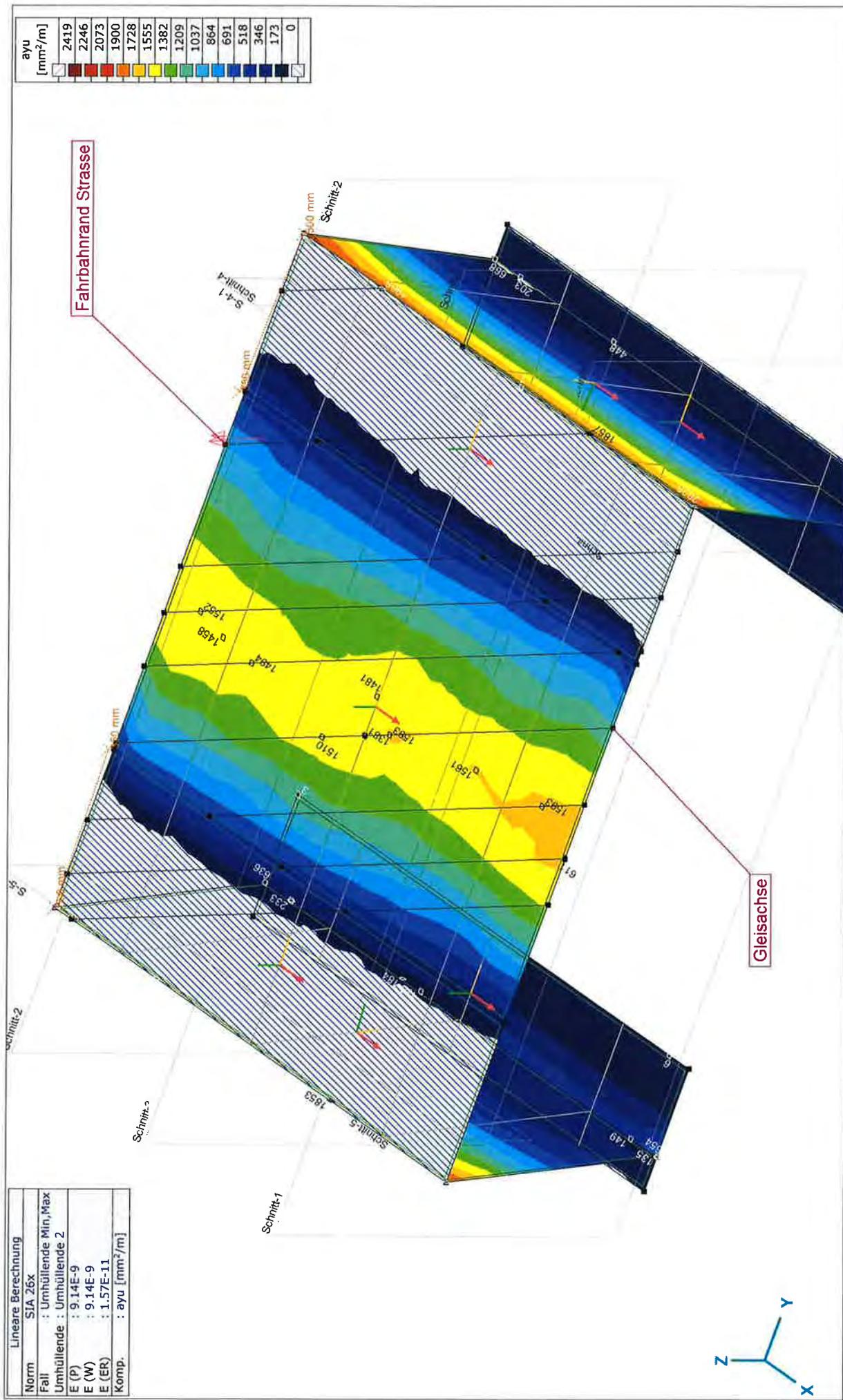


**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilisicherheitsbeiwert-20190402.axs

02.04.2019



**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

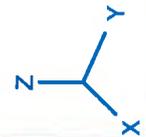
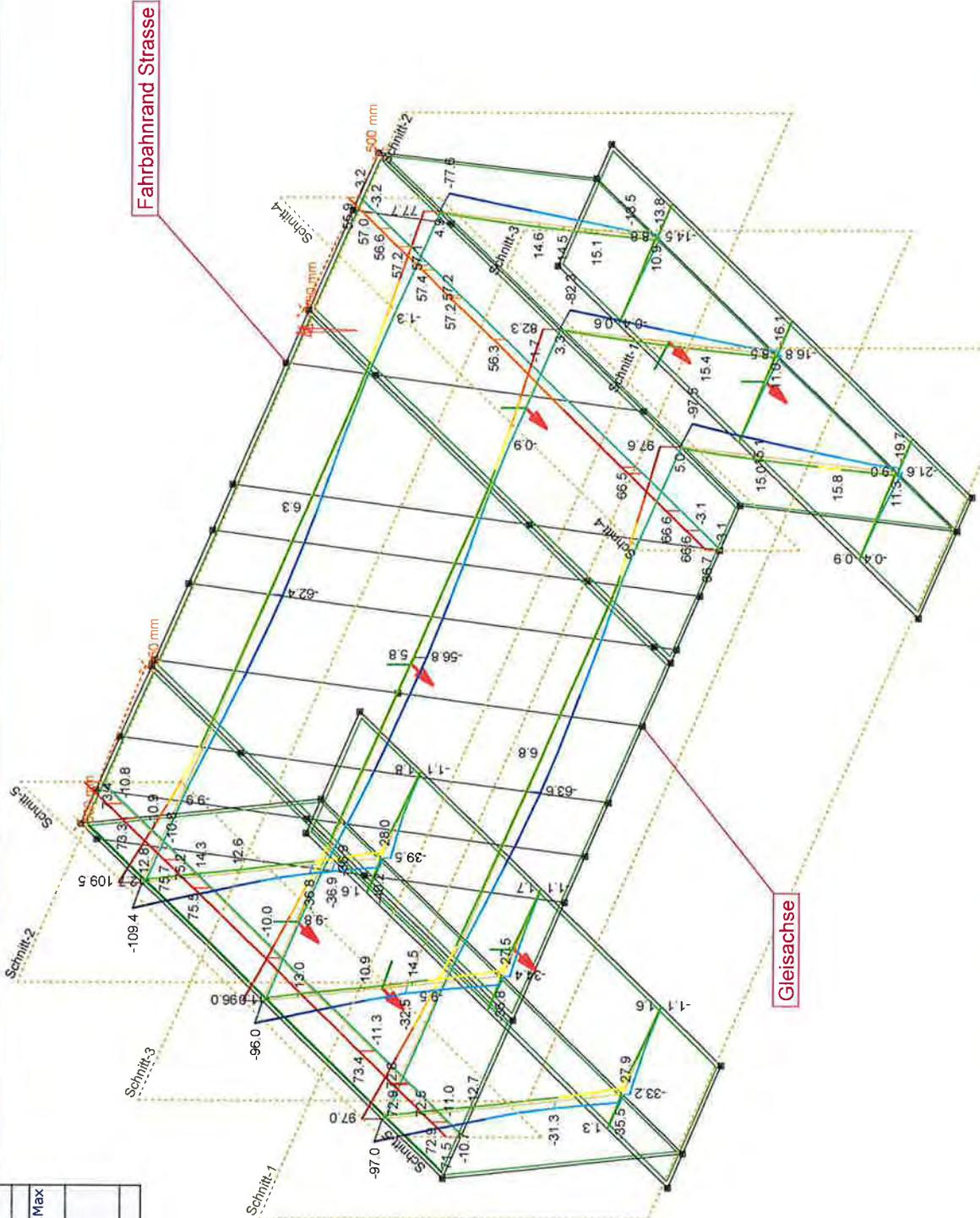
Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: Umhüllende Min, Max
Umhüllende	: Umhüllende 1
E (P)	: 9.14E-9
E (W)	: 9.14E-9
E (ER)	: 1.57E-11
Komp.	: my [kNm/m]

my [kNm/m]	
109.7	
94.0	
78.4	
62.7	
47.0	
31.3	
15.6	
-0.1	
-15.7	
-31.4	
-47.1	
-62.8	
-78.5	
-94.2	
-109.8	

Ermüdung:

aus Betonlasten



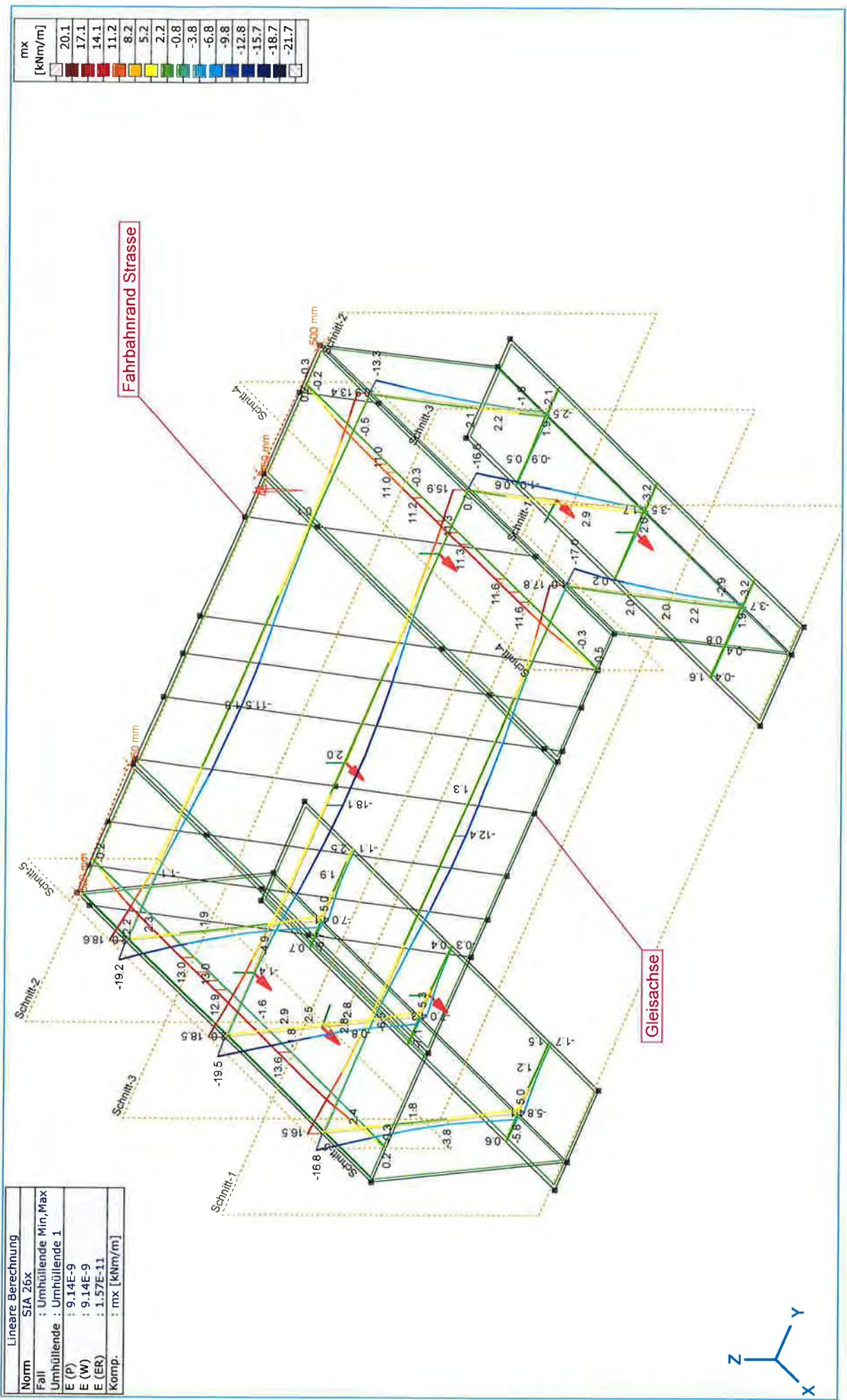
**Projekt:**

Bearbeiter: Gruner AG

Modell: WB-Eindolung1014-Teil1-Infundo-1A-red\_Teilsicherheitsbeiwert-20190402.axs

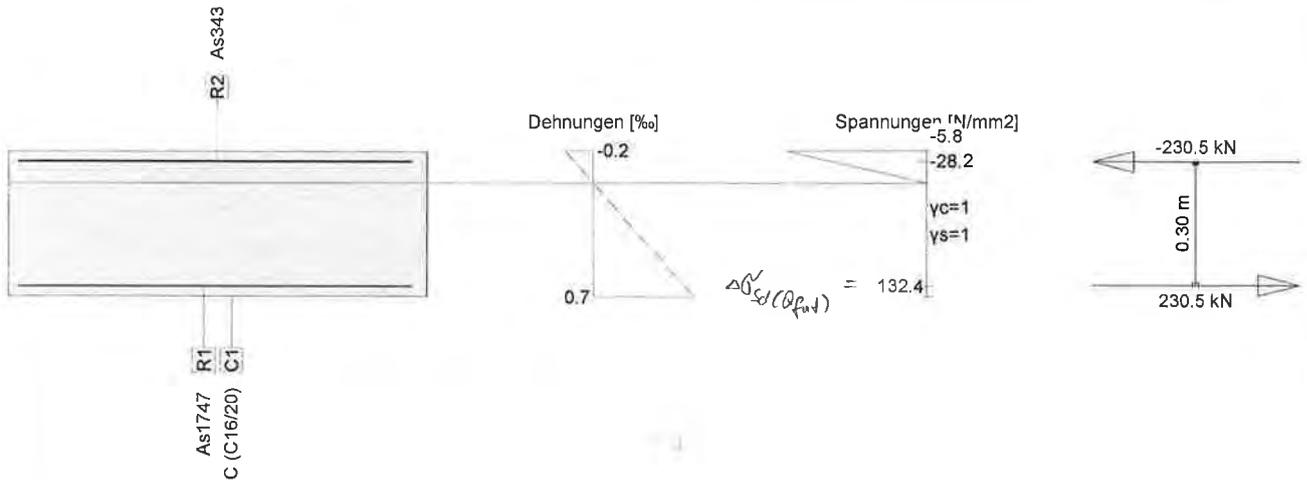
Seite

02.04.2019



Querschnitt TW-MITTE (C16/20;STAHL II): Spannungsanalyse mit Kräften  $M_y=69.0$ ;

Mstb. 1 : 18.3



### Spannungsanalyse Querschnitt (Träger): TW-MITTE

#### Beanspruchung

Nr.	AP	P	Biegung und Normalkraft			Querkraft und Torsion			Bemerkungen
			N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$V_y$ [kN]	$V_z$ [kN]	T [kNm]	
1	!GZG		0	69.0	0				

#### Analyseparameter "IGZG" Norm: SIA

ID	σ-ε-Diagramme		Grenzdehnungen			σ <sub>s</sub> [N/mm²]	Widerstandsbeiwerte			Diverses	
	c	s	ε <sub>c1d</sub> [%]	ε <sub>c2d</sub> [%]	ε <sub>ud</sub> [%]		γ <sub>c</sub> [-]	γ <sub>s</sub> [-]	α [-]	φ [-]	
!GZG	1/0	1				200.0	1.00	1.00	45.00	0	

#### Maximale Dehnungen und Spannungen

Name	Klasse	y <sub>q</sub> [m]	z <sub>q</sub> [m]	ε [%]	σ <sub>d</sub> [N/mm²]	γ [-]
C1	C16/20	-0.50	0.18	-0.2	-5.8	1.00
C1	C16/20	0.50	-0.18	0.7	0	1.00
R2	STAHL II	-0.48	0.15	-0.1	-28.2	1.00
R1	STAHL II	0.47	-0.15	0.6	132.4	1.00

#### Spannungen am homogenen Querschnitt (Material linear)

Name	Gew.(Wertigkeit)	y <sub>q</sub> [m]	z <sub>q</sub> [m]	σ <sub>glas</sub> [N/mm²]
C1	1.00	-0.50	0.18	-3.4
C1	1.00	0.50	-0.18	3.4

#### Zustand im letzten Iterationsschritt

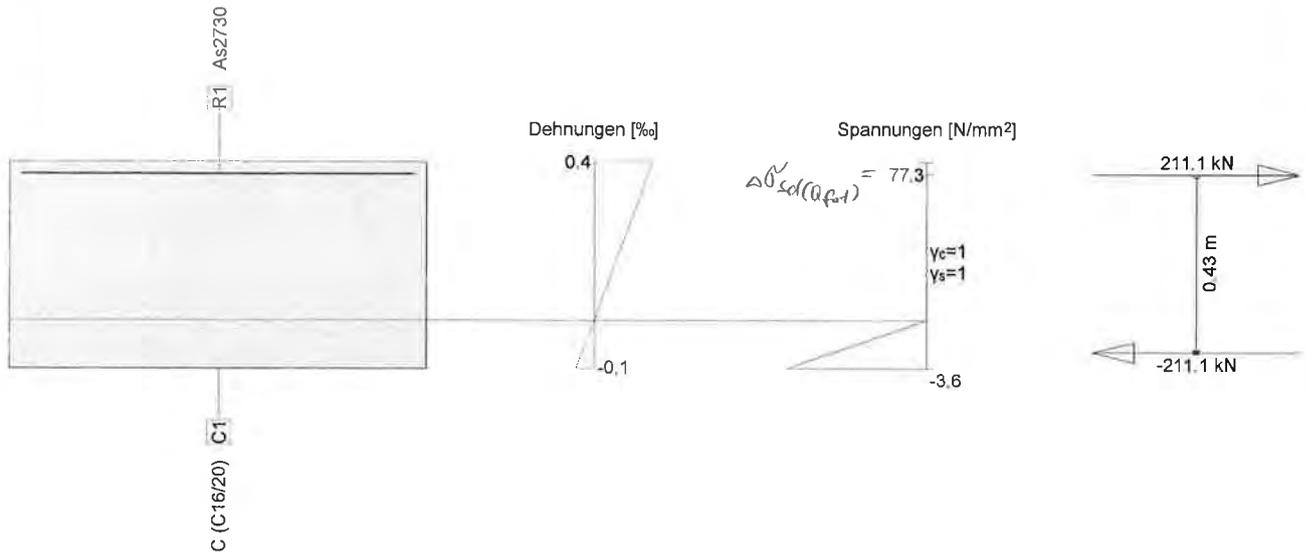
Innere Kräfte			Dehnung und Krümmungen			Steifigkeiten		
N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	ε <sub>x</sub> [%]	χ <sub>y</sub> [km <sup>-1</sup> ]	χ <sub>z</sub> [km <sup>-1</sup> ]	N/ε <sub>x</sub> [kN]	$M_y/χ_y$ [kNm²]	$M_z/χ_z$ [kNm²]
-0.0	69.0	0.0	0.3	2.6	-0.0	24.30	26587.00	4.43

$$\Delta \sigma'_{sd}(Q_{p,1}) \leq \Delta \sigma'_{sd,D} = 0,8 \times \Delta \sigma'_{sd,pl,act} = 720 \frac{N}{mm^2}$$

$$732,4 \frac{N}{mm^2} \not\leq 720 \frac{N}{mm^2}$$

*Erwicklung*  
Querschnitt TW-ANSCHNITT (C16/20;STAHL II): Spannungsanalyse mit Kräften  $M_y = -91.0$ ;

Mstb. 1 : 18.3



**Spannungsanalyse Querschnitt (Träger): TW-ANSCHNITT**

**Beanspruchung**

Nr.	AP	P	Biegung und Normalkraft			Querkraft und Torsion			Bemerkungen
			N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$V_y$ [kN]	$V_z$ [kN]	T [kNm]	
1	!GZG		0	-91.0	0				

**Analyseparameter "IGZG" Norm: SIA**

ID	σ-ε-Diagramme		Grenzdehnungen			σ <sub>s</sub> [N/mm²]	Widerstandsbeiwerte			Diverses	
	c	s	ε <sub>c1d</sub> [%]	ε <sub>c2d</sub> [%]	ε <sub>ud</sub> [%]		γ <sub>c</sub> [-]	γ <sub>s</sub> [-]	α [-]	φ [-]	
!GZG	1/0	1				200.0	1.00	1.00	45.00	0	

**Maximale Dehnungen und Spannungen**

Name	Klasse	y <sub>q</sub> [m]	z <sub>q</sub> [m]	ε [%]	σ <sub>d</sub> [N/mm²]	γ [-]
C1	C16/20	0.50	-0.25	-0.1	-3.6	1.00
C1	C16/20	-0.50	0.25	0.4	0	1.00
R1	STAHL II	0.47	0.22	0.4	77.3	1.00

**Spannungen am homogenen Querschnitt (Material linear)**

Name	Gew.(Wertigkeit)	y <sub>q</sub> [m]	z <sub>q</sub> [m]	σ <sub>elas</sub> [N/mm²]
C1	1.00	0.50	-0.25	-2.2
C1	1.00	-0.50	0.25	2.2

**Zustand im letzten Iterationsschritt**

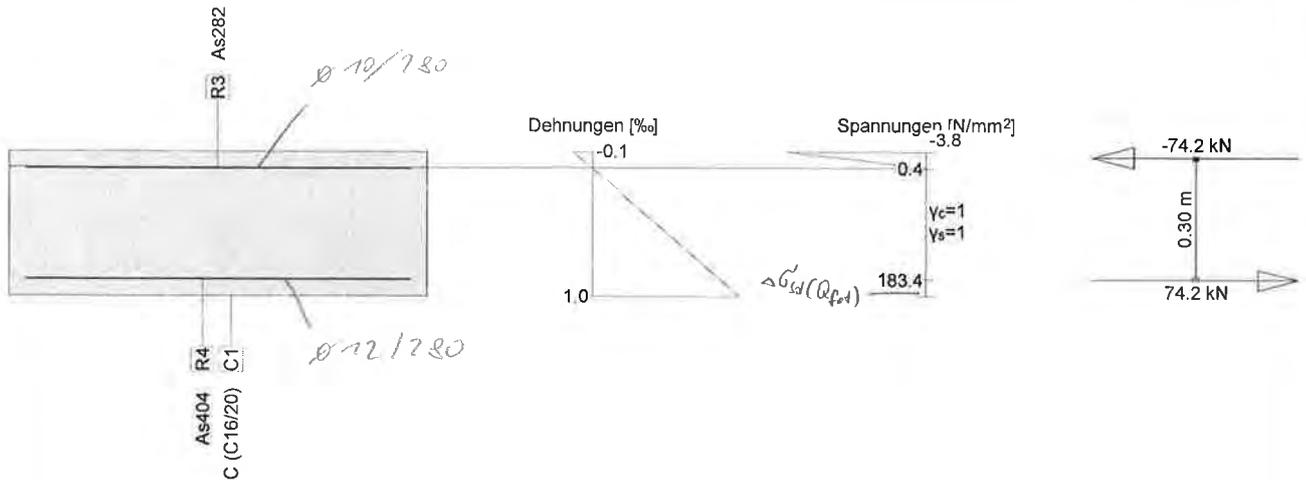
Innere Kräfte			Dehnung und Krümmungen			Steifigkeiten		
N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	ε <sub>x</sub> [%]	χ <sub>y</sub> [km <sup>-1</sup> ]	χ <sub>z</sub> [km <sup>-1</sup> ]	N/ε <sub>x</sub> [kN]	$M_y/χ_y$ [kNm²]	$M_z/χ_z$ [kNm²]
-0.0	-91.0	-0.0	0.1	-1.1	0.0	23.48	85166.00	5.600E+5

$\Delta \sigma_{sdl}(0,ft) \leq \Delta \sigma_{sdl,D} = 0, R_x \Delta \sigma_{sdl,oct} = 770 \frac{N}{mm^2}$   
 $77,3 \frac{N}{mm^2} \leq 770 \frac{N}{mm^2}$  ✓

Nr.:

Querschnitt TW-MITTE-QUER (C16/20;STAHL II): Spannungsanalyse mit Kräften My=22.0;

Mstb. 1 :18.3



### Spannungsanalyse Querschnitt (Träger): TW-MITTE-QUER

#### Beanspruchung

Nr.	AP	P	Biegung und Normalkraft			Querkraft und Torsion			Bemerkungen
			N [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	Vy [kN]	Vz [kN]	T [kNm]	
1	!GZG		0	22.0	0				

#### Analyseparameter "IGZG" Norm: SIA

ID	σ-ε-Diagramme		Grenzdehnungen			σs [N/mm²]	Widerstandsbeiwerte		Diverses	
	c	s	εc1d [%]	εc2d [%]	εud [%]		γc [-]	γs [-]	α [-]	φ [-]
!GZG	1/0	1				200.0	1.00	1.00	45.00	0

#### Maximale Dehnungen und Spannungen

Name	Klasse	Yq [m]	Zq [m]	ε [%]	σd [N/mm²]	γ [-]
C1	C16/20	0.50	0.18	-0.1	-3.8	1.00
C1	C16/20	-0.50	-0.18	1.0	0	1.00
R3	STAHL II	-0.46	0.14	0.0	0.4	1.00
R4	STAHL II	-0.46	-0.14	0.9	183.4	1.00

#### Spannungen am homogenen Querschnitt (Material linear)

Name	Gew.(Wertigkeit)	Yq [m]	Zq [m]	σglas [N/mm²]
C1	1.00	0.50	0.18	-1.1
C1	1.00	-0.50	-0.18	1.1

#### Zustand im letzten Iterationsschritt

Innere Kräfte			Dehnung und Krümmungen			Steifigkeiten		
N [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	εx [%]	χy [km⁻¹]	χz [km⁻¹]	N/εx [kN]	Mx/χy [kNm²]	Mz/χz [kNm²]
-0.0	22.0	0.0	0.4	3.3	-0.0	61.56	6653.46	3944.01

$$\Delta \sigma_{sd}(R_{f,act}) \leq \Delta \sigma_{sd,D} = 0,8 \times \Delta \sigma_{sd,f,act} = 720 \frac{N}{mm^2}$$

$$183,4 \frac{N}{mm^2} \not\leq 720 \frac{N}{mm^2}$$



Entgleisen:

- Schnittgrößen für LTK-Entgleisung kleiner als für Nachweis Tragfähigkeit
- Gesamtschleifkraft der einzelnen Balkenelemente, sowie der gesamten Unterführung für Entgleisungskosten nach SIA 267, L174 gegeben.