



Linie Biel – Ins (T)

Sanierung Bahnhof Lattrigen

- Gleis- und Publikumsanlage km 4.675 – 5.150
- Sicherungs- und Fahrleitungsanlage km 2.790 – 5.558
- Inkl. Aufhebung Bahnübergang Sonnmatt km 4.686

Auflageprojekt 2020

Statik Personenunterführung

Auftrag Nr. 92-22.27

Datum: 24.07.2020

Änderungen:

h:\dat\b_asmbix\2aufproj\berichte\2-tb_ipsach_160201.doc

Auftraggeber:



Aare Seeland mobil AG
Grubenstrasse 12
4900 Langenthal

Gesamtprojektleiter:
Daniel Nadig
Telefon 062 919 19 52
Fax 062 919 19 12
daniel.nadig@asmobil.ch

Projektverfasser:



Schmid & Pletscher AG
Bauingenieure ETH/SIA/USIC
Hauptstrasse 66, CH-2560 Nidau
Postfach 76, Tel. 032 332 20 30
www.schmid-und-pletscher.ch

Projektleiter: René Leupi

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung..... | 2 |
| 2 | Einwirkungen..... | 2 |
| 3 | Statik | 2 |
| 3.1 | Geometrie / Lasten / Lastfall / Nachweis ELU & ELS | 3 |
| 3.2 | Lasten & Schnittkräfte | 19 |
| 3.3 | Bewehrungsplan | 42 |
| 4 | Grundlagen | 43 |
| 4.1 | Gesetzliche Grundlagen | 43 |
| 4.2 | Normen | 43 |
| 4.3 | Reglemente, Weisungen und Merkblätter | 43 |
| 4.4 | Projektspezifische Grundlagen | 43 |
| 5 | Unterschriften..... | 44 |

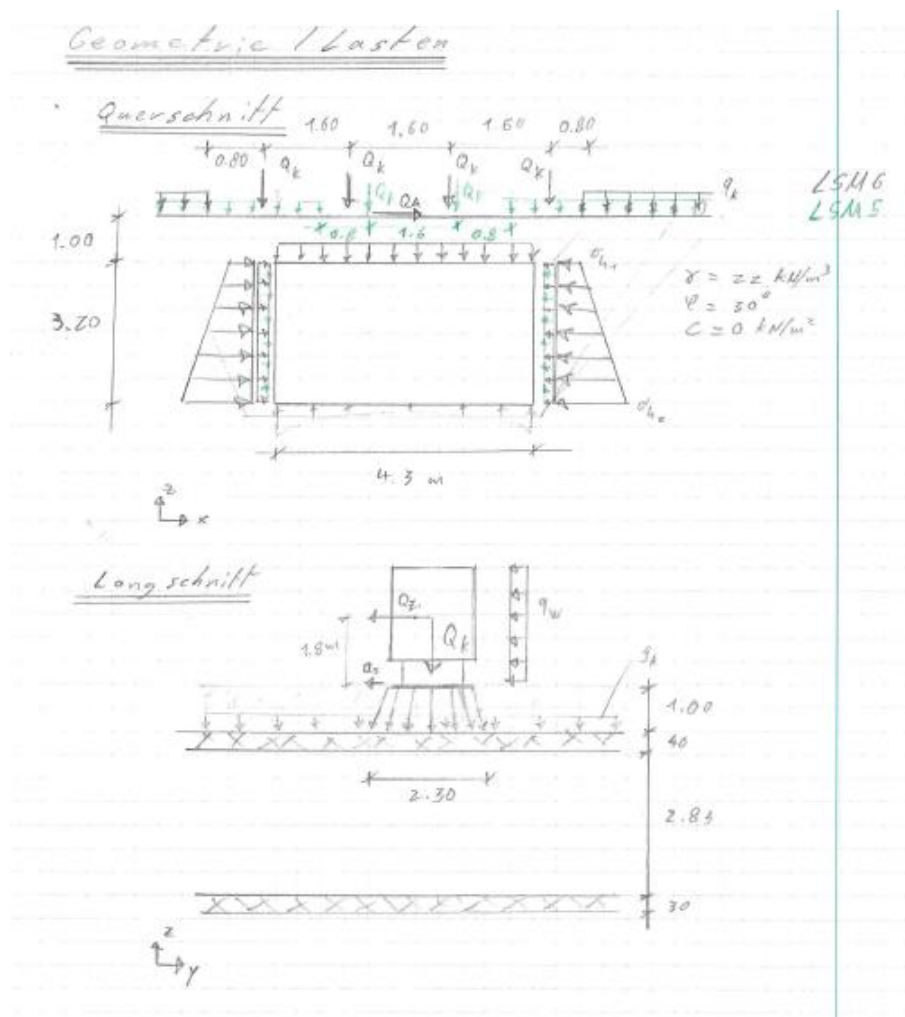
1 Einleitung

Die Personenunterführung wurde mit Hilfe eines 3D Modell dimensioniert. Das Finit Element Methode Programm Axis VM X5 wurde für die Berechnung benutzt.

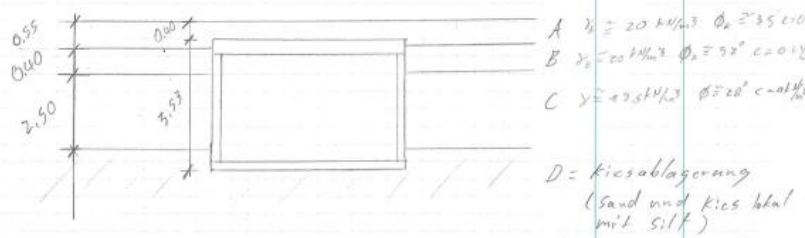
2 Einwirkungen

Die Einwirkungen sind in der Projektbasis und im ersten Teil dieses Dokument detailliert beschrieben.

3 Statik



Grundbau (Gemäss Baugrundmodell
Baugrunduntersuchung Nr. 318167)



Schicht D:

Bettungsmodul $k_s = 100 \text{ MN/m}^3$ (Gemäss Tabelle 11.9
Bodenmechanik und
Grundbau Lang-Hofer-Amann
2002)

$$D = 0.5 \text{ m} \quad k_s = \frac{M_{E1}}{f_{mD}} = \frac{30 \text{ MN/m}^2}{1.3 \cdot 3.5 \cdot 0.3 \text{ m}} = 22 \text{ MN/m}^3 \quad \left(\begin{array}{l} \text{Gemäss} \\ \text{Formel (a)} \\ \text{Seite 182} \end{array} \right)$$

$$f = \frac{8}{4} = 2.0 \Rightarrow f = 1.3$$

$$b/p = \frac{4}{0.3} = 13.3 \Rightarrow m = 3.5$$

⇒ Die statische Berechnung zur Dimensionierung der Betonstruktur wurde mit einer zulässigen Bodenpressung von 250 kN/m^2 gemacht (Erfahrungswert).

⇒ Die Resultate wurden mit ein $k_s = 22 \text{ MN/m}^3$ verglichen. Die Ergebnisse sind sehr ähnlich!

Veränderliche Lasten

• Bahnverkehr

| Lastmodell | Q_k kN | q_k kN/m | $Q_{k,vert}$ | Q_{Ak} | Q_{Sk} | Q_{Sk} | $Q_{zk,vert}$ |
|------------|----------|------------|--------------|----------|----------|----------|-----------------------|
| 4 | 130 | 25 | 43.5 kN/m | | | | 3.8 kN/m ² |
| 5 | 160 | 50 | 38 kN/m | | | 18 kN | 22 kN/m ² |
| 6 | 160 | 70 | 44 kN/m | 192 kN | 80 kN | 18 kN | 34 kN/m ² |
| 7 | 200 | - | 43.5 kN/m | | | | 78 kN/m ² |
| 8 | - | 15 | | | | | |

Vertikal kraft

$$Q_{k,vert,5} = \frac{160 \text{ kN} \cdot 2 + 1.1 \cdot 50 \text{ kN/m}}{4.3 \text{ m} \cdot 2.3 \text{ m}} = 3.8 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{k,vert,6} = \frac{160 \text{ kN} \cdot 4}{4.3 \text{ m} \cdot 2.3 \text{ m}} = 6.4 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{k,vert,7} = \frac{160 \text{ kN}}{1.6 \text{ m} \cdot 2.3 \text{ m}} = 43.5 \text{ kN/m}^2$$

Schlingenkraft

$$Q_{Sk,6} = 80 \text{ kN}$$

Anfahrkraft

$$Q_{Ak,6} = 0.3 \cdot (4 \cdot 160 + 0 \cdot 70) = 192 \text{ kN}$$

Zentrifugalkraft

$$Q_{zk,5} = 1 \cdot \frac{11.11^2 \text{ m/s}^2 \cdot 160 \text{ kN}}{250 \text{ m} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} = 8 \text{ kN} = Q_{zk,6}$$

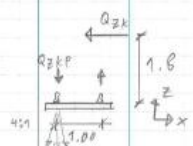
$$Q_{zk,6} = \frac{8 \text{ kN}}{1 \text{ m}} = 8 \text{ kN/m}$$

$$Q_{zk,7} = 1 \cdot \frac{11.11^2 \text{ m/s}^2 \cdot 50 \text{ kN/m}}{250 \text{ m} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} = 2.5 \text{ kN/m}$$

$$Q_{zk,8} = \frac{2.5 \text{ kN/m}}{9.81 \text{ m/s}^2} \cdot 1.8 \text{ m} = 10.2 \text{ kN/m} = 4.5 \text{ kN/m}^2$$

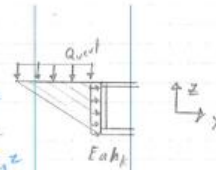
$$Q_{zk,9,vert} = \frac{8 \text{ kN}}{4.3 \text{ m} \cdot 0.5 \text{ m}} = 3.7 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{zk,10,vert} = \frac{14.4 \text{ kN}}{4.3 \text{ m} \cdot 0.5 \text{ m}} = 6.7 \text{ kN/m}^2$$



Erddruck
(Bahn)

$$\begin{cases} E_{akt,s} = q_{vert,s} \cdot k_a = 39 \text{ kN/m}^2 \cdot 0.5 \approx 19.5 \text{ kN/m}^2 \\ E_{akt,k} = q_{vert,k} \cdot k_a = 6 \text{ kN/m}^2 \cdot 0.5 = 3 \text{ kN/m}^2 \end{cases}$$



Wind

$$q_p = c_h \cdot q_{p0} = 0.85 \cdot 0.9 \approx 0.77 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{p0} = 0.9 \text{ kN/m}^2$$

SIA 261
Zone III

$$c_h = 1.6 \left[\left(\frac{5}{450} \right)^{0.23} + 0.375 \right] \approx 0.85$$

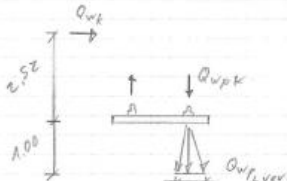
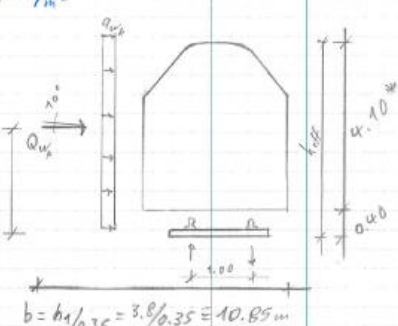
$$q_{w,e} = c_{red} \cdot c_d \cdot c_f \cdot q_p \approx 1.4 \text{ kN/m}^2$$

$$c_{red} = 1, c_d = 1.3$$

$$Q_{w,e} = q_{w,e} \cdot h_{eff} = 4.5 \text{ kN/m}$$

$$h_{eff} = e_v = 2.52 \text{ m}$$

SIA 261
Tab 62:



$$Q_{w,k} = 4.5 \cdot 0.50 = 2.25 \text{ kN/m}$$

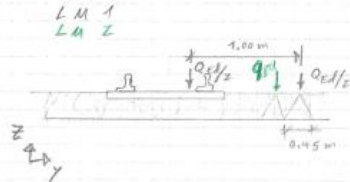
$$Q_{w,k,vert} = 11.4 \text{ kN/m}$$

Aussergewöhnliche

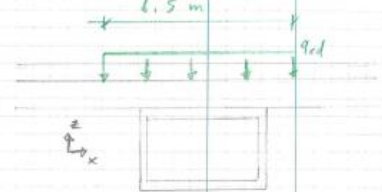
Entgleisung

| Lastmodell | LM 1 | LM 2 |
|------------|----------|----------|
| | q_{F1} | q_{F2} |
| 4 | 35 kN/m | 180 kN |
| 5 | 70 | 220 |
| 6 | 100 | 220 |
| 7 | - | 280 |

Querschnitt



Längsschnitt



Lastfall

Tragsicherheit

| Lastfall | Bauteil | LSM | Bahnverkehr | Eigengew | α | ϕ | Erdaufll | Enddruck | Wind |
|------------------|----------|-----|-------------|----------|----------|--------|----------|----------|------|
| ELU II/III | Tragwerk | 6 | 1.45 | 1.35 | 1.13 | 1.56 | 1.35 | 1.35 | 0.80 |
| ELU III | Baugrund | 6 | 1.00 | 1.00 | 1.13 | 1.56 | 1.00 | 1.00 | 0.00 |
| ELU IV/Erkundung | Tragwerk | 5 | 1.00/0.00 | 1.00 | 1.00 | 1.56 | 1.00 | 1.00 | 0.00 |
| Enteisung | Tragwerk | 6 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 |

Gebrauchstauglichkeit

| Lastfall | Bauteil | LSM | Bahnverkehr | Eigengew | α | ϕ | Erdaufll | Enddruck |
|----------------|----------|-----|-------------|----------|----------|--------|----------|----------|
| Häufige | Tragwerk | 6 | 1 | 1.00 | 1.13 | 1.56 | 1.00 | 1.00 |
| Quasi-Ständige | Tragwerk | - | 0 | 1.00 | 0 | 0 | 1.00 | 1.00 |

| Lastfall | Grenz Zustand | w_{peak} | $w_{Bodenplatte}$ | w_{Wand} |
|----------------|----------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Häufige | Durchbiegungen | $4300/800 \approx 5 \text{ mm}$ | $4300/350 \approx 12 \text{ mm}$ | $2300/350 \approx 7 \text{ mm}$ |
| Quasi-Ständige | Durchbiegungen | $4300/400 \approx 6 \text{ mm}$ | $4300/350 \approx 12 \text{ mm}$ | $2300/350 \approx 7 \text{ mm}$ |

| Lastfall | Grenz Zustand | α_c | Grenz Zustand | S_u |
|----------------|---------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------|
| Häufige | Verwindung Fahrbahn | $\leq 1 \text{ mm/m}$ | Relativ Verschieb. Ende Widerlager | $\leq 3 \text{ mm}$ |
| Quasi-Ständige | - | - | - | - |

The top diagram shows a rectangular cross-section of a beam with a total width of 2.30 m and a height of 1.00 m. It is divided into three horizontal zones: a top zone of height 0.25 m, a middle zone of height 0.50 m, and a bottom zone of height 0.25 m. Reinforcement is shown as follows: 4 bars in the top zone (labeled Q_{st}), 2 bars in the middle zone (labeled Q_{sd}), and 4 bars in the bottom zone (labeled Q_{sf}). A vertical dimension line on the right indicates the total height Q_{st} . The bottom diagram shows the reinforcement layout for a beam of length 2.30 m, with reinforcement bars spaced at 20 cm. A coordinate system with z and y axes is shown at the bottom left.

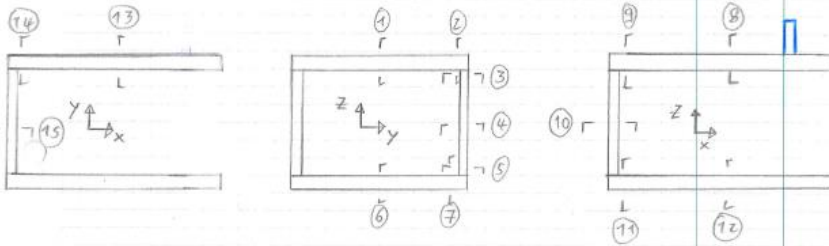
[illegible]

Selben Prinzip wie ELU II

selben Prinzip

Selben Prinzip

Nachweis



ELU II

| | [kN/m/m] | [m/m] | [m/m] | [kN/m] | [kN/m] |
|----|----------|------------|------------|----------|----------|
| | M_{ed} | $A_{s,ed}$ | $A_{s,ed}$ | V_{ed} | V_{ed} |
| 1 | 267 | 1650 | 2530 | 45 | 224 |
| 2 | -163 | 879 | 1700 | 285 | 420 |
| 3 | -163 | 950 | 1700 | 87 | 184 |
| 4 | 127 | 837 | 1030 | 5 | 184 |
| 5 | -112 | 1045 | 1700 | 116 | 184 |
| 6 | -176 | 1260 | 1340 | 5 | 184 |
| 7 | -112 | 1045 | 1700 | 209 | 280 |
| 8 | +154 | 858 | 1340 | 44 | |
| 9 | -48 | 224 | 1340 | 44 | |
| 10 | +24 | 113 | 1030 | 44 | |
| 11 | +57 | 324 | 1030 | 44 | |
| 12 | -33 | 280 | 1030 | 44 | |
| 13 | +27 | 124 | 1030 | 44 | |
| 14 | -71 | 341 | 1030 | 44 | |
| 15 | +28 | 128 | 1030 | 44 | |

* mit Querkraftbewehrung
 $\phi 10 \quad s=150$

** kleiner als
 Querkraft von
 unbewehrter
 Decke

| | [kN/m/m] | [m/m] | [m/m] | [kN/m] | [kN/m] |
|----|----------|------------|------------|----------|----------|
| | M_{ed} | $A_{s,ed}$ | $A_{s,ed}$ | V_{ed} | V_{ed} |
| 1 | +100 | 1090 | 1340 | 30 | 224 |
| 2 | -152 | 778 | 1700 | 247 | 310 |
| 3 | -152 | 1098 | 1340 | 185 | 184 |
| 4 | +112 | 1017 | 1030 | 5 | 184 |
| 5 | -36 | 662 | 1030 | 172 | 184 |
| 6 | +72 | 433 | 1030 | 5 | 184 |
| 7 | -75 | 662 | 1340 | 174 | 195 |
| 8 | +98 | 742 | 1340 | 224 | |
| 9 | -38 | 218 | 1340 | 109 | 224 |
| 10 | +33 | 343 | 1030 | 184 | |
| 11 | -68 | 416 | 1030 | 184 | |
| 12 | 20 | 145 | 1030 | 184 | |
| 13 | 98 | 715 | 1030 | 184 | |
| 14 | -85 | 682 | 1030 | 173 | 184 |
| 15 | +22 | 220 | 1030 | 184 | |

* mit Querkraftbew.
 $\phi 10 \quad s=300$

** mit Querkraftbew.
 $\phi 8 \quad s=150$

| | | | |
|------------|----------|---------|--------------------------------|
| Objekt-Nr. | 92-22.27 | Objekt | Bahnhof Unterführung Lattigen |
| | | Bauteil | Querschnitt 2, Nachweis ELU II |

Betonbemessung nach SIA 262

| | | | |
|----------|------|-------------------|------------------------------------|
| M_{d1} | 152 | kNm | |
| b | 1000 | mm | (Druckzone) |
| d | 310 | mm | (Statische Höhe) |
| f_{cd} | 20 | N/mm ² | (Betondruckfestigkeit, Art. 4.2.1) |
| f_{sd} | 435 | N/mm ² | (Stahlzugfestigkeit, Art. 4.2.2) |

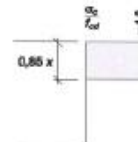
| | | |
|-------------|------|-----------------|
| x | 32.4 | mm |
| $A_{s,erf}$ | 1265 | mm ² |

Rechteck

27241

2. Lösung der quadratischen Gleichung

| | | |
|----------|-----|-----|
| Z_d | 550 | kN |
| D | 550 | kN |
| M_{d1} | 163 | kNm |



| | | |
|-----------------------|------|-----------------|
| $A_{s,erf} + A_{s,L}$ | 1592 | mm ² |
|-----------------------|------|-----------------|

(inkl. Erhöhung infolge Querkraft)

| | |
|-----------------|------|
| $A_{s,gewählt}$ | 1700 |
|-----------------|------|

$d=18 \Rightarrow s=150$

Querkraftsbemessung

| | | |
|-------|-----|----|
| V_d | 247 | kN |
| z | 279 | mm |
| a | 45 | ° |
| s | 100 | mm |

| | | |
|-------------|--------|-----------------|
| $A_{sw,kt}$ | 205 | mm ² |
| 2-schnittig | 117,10 | mm ² |
| 5-schnittig | 47,41 | mm ² |

$d=18 \Rightarrow s=200$
 $\lambda=10 \Rightarrow s=300$

Vergrößerung der Biegebewehrung infolge Querkraft

| | | |
|-----------|-----|-----------------|
| F_{Vd} | 285 | kN |
| $A_{s,L}$ | 328 | mm ² |

Kontrolle der Stegbreite

| | | |
|------|------|----|
| bw | 1000 | mm |
|------|------|----|

147
 > 170.250896 mm
 Nachweis i.O.

Biegebew.

Tabelle 8: Bemessungswerte für Normalbeton

| Beton | C 12/15 | C 16/20 | C 20/25 | C 25/30 | C 30/37 | C 35/45 | C 40/50 | C 45/55 | C 50/60 | C ...f... |
|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| f_{cd} [N/mm ²] | 8,0 | 10,5 | 13,5 | 16,5 | 20,0 | 22,0 | 24,0 | 26,0 | 28,0 | Gl. (2) |

Tabelle 9: Bemessungswerte für Betonstahl

| Betonstahl | B500A | B500B | B450C |
|-------------------------------|-------|-------|------------|
| f_{sd} [N/mm ²] | 435 | 435 | ≥ 390 |

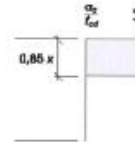
| | | | |
|------------|----------|---------|--------------------------------|
| Objekt-Nr. | 92-22.27 | Objekt | Bahnhof Unterführung Latrigen |
| | | Bauteil | Querschnitt 7, Nachweis ELU II |

Betonbemessung nach SIA 262

| | | | |
|------------|------|-------------------|------------------------------------|
| $M_d =$ | 132 | kNm | |
| $b =$ | 1000 | mm | (Druckzone) |
| $d =$ | 210 | mm | (Statische Höhe) |
| $f_{cd} =$ | 20 | N/mm ² | (Betondruckfestigkeit, Art. 4.2.1) |
| $f_{sd} =$ | 435 | N/mm ² | (Stahlzugfestigkeit, Art. 4.2.2) |

| | | |
|---------------|-------|---------------------------------------|
| $x =$ | 33.7 | mm |
| $A_{s,erf} =$ | 1316 | mm ² |
| Rechteck | 17995 | 2. Lösung der quadratischen Gleichung |

| | | |
|------------|-----|-----|
| $Z_d =$ | 572 | kN |
| $D =$ | 572 | kN |
| $M_{rd} =$ | 112 | kNm |



| | | | |
|-------------------------|------|-----------------|------------------------------------|
| $A_{s,erf} + A_{s,L} =$ | 1556 | mm ² | (inkl. Erhöhung infolge Querkraft) |
|-------------------------|------|-----------------|------------------------------------|

| | | |
|-------------------|------|--------------------------|
| $A_{s,gewählt} =$ | 1700 | $d=18 \Rightarrow s=150$ |
|-------------------|------|--------------------------|

Querkraftsbemessung

| | | | |
|----------------|-----|-----------------|----------------|
| $V_d =$ | 174 | kN | |
| $z =$ | 189 | mm | |
| $\alpha =$ | 45 | ° | |
| $s =$ | 150 | mm | |
| $A_{sw,erf} =$ | 317 | mm ² | |
| 2-schnittig = | 191 | mm ² | |
| 5-schnittig = | 76 | mm ² | $d=10 / s=200$ |

Vergrößerung der Biegebewehrung infolge Querkraft

| | | |
|-------------|-----|-----------------|
| $F_{Vd} =$ | 209 | kN |
| $A_{s,L} =$ | 240 | mm ² |

$V_{ed} = 175 \text{ kN/m}$
mit $\phi 16 \text{ } s=150$
Biegebew

Kontrolle der Stegbreite

| | | | |
|---------|------|----|---------------------------|
| $b_w =$ | 1000 | mm | $> 184.303351 \text{ mm}$ |
| | | | Nachweis i.O. |

Tabelle 8: Bemessungswerte für Normalbeton

| Beton | C 12/15 | C 16/20 | C 20/25 | C 25/30 | C 30/37 | C 35/45 | C 40/50 | C 45/55 | C 50/60 | C ...f... |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| f_{cd} [N/mm ²] | 8,0 | 10,5 | 13,5 | 16,5 | 20,0 | 22,0 | 24,0 | 26,0 | 28,0 | Gl. (2) |

Tabelle 9: Bemessungswerte für Betonstahl

| Betonstahl | B500A | B500B | B450C |
|----------------------------------|-------|-------|------------|
| f_{sd} [N/mm ²] | 435 | 435 | ≥ 390 |

Minimal Bewehrung (B500B) (Beton C30/37)

SIA 262 • $\sigma_{s,adm} = \sqrt{\frac{9 \cdot E_s \cdot f_{ctm} \cdot V_{nom}}{\rho_s}} \leq f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$
 kor. C1
 zur Zeitpunkte
 der Rissbildung

$= \sqrt{\frac{9 \cdot 205000 \text{ N/mm}^2 \cdot 2.3 \text{ N/mm}^2 \cdot 0.5 \text{ mm}}{\rho_s}} = 435 \text{ N/mm}^2 \quad (\rho_s = 14 \text{ mm})$
 $409 \text{ N/mm}^2 \quad (\rho_s = 16 \text{ mm})$
 $386 \text{ N/mm}^2 \quad (\rho_s = 18 \text{ mm})$
 $348 \text{ N/mm}^2 \quad (\rho_s = 22 \text{ mm})$

SIA 277
 kor. C2 • Dichtigkeitsklasse Z = erhöhte Anforderungen

→ Rissbreite $\leq 0.5 \text{ mm}$
 → $S \leq 150 \text{ mm}$
 → Wirksame Betondeckung
 gemäss Formel 92 SIA 262

$k_E = \frac{1}{1 + 0.5 \epsilon}$ für Hallen und
 Leichtschwerbau
 $t = h/3$

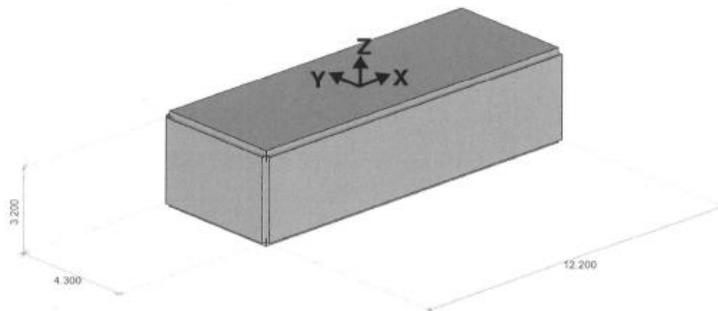
$f_{ctd} = k_E \cdot f_{ctm}$
 siehe Tabelle $\sigma_{s,adm}$

SIA 262 • Erhöhte Anforderungen
 kor. C1

① Verhindern spröden Versagens $\sigma_s \leq f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$
 ② Verhindern Fließen (Häufige Lastfälle) $\sigma_s \leq f_{sd} - 80 \text{ N/mm}^2 = 355 \text{ N/mm}^2$
 ③ Begrenzen der Rissbreite (Quasi $\sigma_s \leq \sigma_{s,adm}$ ständige Lastfälle)

$435 \text{ N/mm}^2 \quad (\rho_s = 14 \text{ mm})$
 $409 \text{ N/mm}^2 \quad (\rho_s = 16 \text{ mm})$
 $386 \text{ N/mm}^2 \quad (\rho_s = 18 \text{ mm})$

Projekt: 92-22.27 Bhf Lattrigen



Bodenplatte:

Mindestbewehrung

| | | |
|----------|-----------------------------------|----------------------------|
| Bauteil: | Decke | Längs (in X Richtung) |
| h = | 33 | cm |
| Beton: | NPK C | C30/37 2.9 |
| fctd = | kt x fctm | = 2.75 Beton Zugfestigkeit |
| kt = | $1 / 1 + 0.5 \times h \times 1/3$ | = 0.948 |

Risskraft

| | | |
|------------------------------|--|-------------------------|
| Risskraft [N] = | $1/3 \times h \times 1000 \times fctd$ | = 302'527 |
| Aserf [N/mm ²] = | Risskraft / 435 | = 695 |
| Gewählt: | Ø14, s=150 | 1030 mm ² /m |

Mindestbewehrung

Bauteil: Bodenplatte Breit (in Y Richtung)
 h = 33 cm
 Beton: NPK C C30/37 2.9
 fctd = kt x fctm = 2.49 Beton Zugfestigkeit
 kt = $1 / 1 + 0.5 \times h$ = 0.858

Risskraft

Risskraft [N] = $h/2 \times 1000 \times fctd$ = 410'730
 Aserf [N/mm²] = Risskraft / 435 = 944
 Gewählt: Ø14, s=150 1030 mm²/m

Wände:

Mindestbewehrung

Bauteil: Wand Längs (in x Richtung)
 h = 30 cm
 Beton: NPK C C30/37 2.9
 fctd = kt x fctm = 2.49 Beton Zugfestigkeit
 kt = $1 / 1 + 0.5 \times h$ = 0.858

Risskraft

Risskraft [N] = $h/2 \times 1000 \times fctd$ = 373'391
 Aserf [N/mm²] = Risskraft / 435 = 858
 Gewählt: Ø14, s=150 1030 mm²/m

Decke:

Mindestbewehrung

| | | | | |
|------------------|-----------------------|-----------------------|------------|---------------------|
| Bauteil: | Decke | Längs (in x Richtung) | | |
| h = | 40 | cm | | |
| Beton: | NPK C | C30/37 | 2.9 | |
| fctd = | kt x fctm | | = 2.49 | Beton Zugfestigkeit |
| kt = | 1 / 1 + 0.5 x h x 1 | | = 0.858 | |
| Risskraft | | | | |
| Risskraft [N] = | 1/2 x h x 1000 x fctd | | = 497'854 | |
| Aserf [N/mm2] = | Risskraft / 409 | | = 1'217 | |
| Gewählt: | Ø16, s=150 | | 1340 mm2/m | |

| | | | | |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|------------|---------------------|
| Mindestbewehrung | | | | |
| Bauteil: | Decke | Längs (in Y Richtung) | | |
| h = | 40 | cm | | |
| Beton: | NPK C | C30/37 | 2.9 | |
| fctd = | kt x fctm | | = 2.75 | Beton Zugfestigkeit |
| kt = | 1 / 1 + 0.5 x h x 1/3 | | = 0.948 | |
| Risskraft | | | | |
| Risskraft [N] = | 1/3 x h x 1000 x fctd | | = 366'700 | |
| Aserf [N/mm2] = | Risskraft / 435 | | = 843 | |
| Gewählt: | Ø14, s=150 | | 1030 mm2/m | |

Nachweis Minimalbewehrung

$$① \frac{A_{srd}}{A_{srd,FEUW}} = \frac{f_{sd}}{\sigma_s} \geq 1 \Leftrightarrow A_{srd} \geq A_{srd,FEUW} \quad \text{OK Gemäss Nachweis FEUW}$$

$$② \frac{f_{sd} \cdot A_{srd}}{A_{srd,haus}} = \frac{f_{sd} \cdot f_{sd}}{\sigma_s} \geq 1 \Leftrightarrow A_{srd} = \frac{255}{4.35} = A_{srd} \cdot 0.81 \geq A_{srd,haus}$$

| | $A_{srd} \cdot 0.81$ | $A_{srd,haus}$ |
|----|-------------------------|-------------------------|
| 1 | 2050 mm ² /m | 1148 mm ² /m |
| 2 | 1377 mm ² /m | 844 mm ² /m |
| 3 | 1377 mm ² /m | 916 mm ² /m |
| 4 | 834 mm ² /m | 683 mm ² /m |
| 5 | 1377 mm ² /m | 653 mm ² /m |
| 6 | 1085 mm ² /m | 822 mm ² /m |
| 7 | 1377 mm ² /m | 653 mm ² /m |
| 8 | 1085 mm ² /m | 647 mm ² /m |
| 9 | 1085 mm ² /m | 120 mm ² /m |
| 10 | 834 mm ² /m | 298 mm ² /m |
| 11 | 834 mm ² /m | 33 mm ² /m |
| 12 | 834 mm ² /m | 90 mm ² /m |
| 13 | 834 mm ² /m | 466 mm ² /m |
| 14 | 834 mm ² /m | 804 mm ² /m |
| 15 | 834 mm ² /m | 411 mm ² /m |

⇒ Minimalbewehrung nicht massgebend bei analysierte Querschnitt! Die weitere Querschnitte müssen bei der Ausführung genau analysiert werden!

$$③ \frac{\sigma_{s,adm} \cdot A_{srd}}{A_{srd,haus}} = \frac{\sigma_{s,adm} \cdot f_{sd}}{\sigma_s} \geq 1 \Leftrightarrow A_{srd} = \frac{435 \text{ N/mm}^2}{4.35 \text{ N/mm}^2} = A_{srd} \cdot 0.34 \geq A_{srd,haus} \text{ für } \sigma_{s,adm}$$

$$A_{srd} \cdot \frac{435 \text{ N/mm}^2}{4.35 \text{ N/mm}^2} = A_{srd} \geq A_{srd,haus} \text{ für } \sigma_{s,adm}$$

$$A_{srd} \cdot \frac{385 \text{ N/mm}^2}{4.35 \text{ N/mm}^2} = A_{srd} \cdot 0.883 \geq A_{srd,haus} \text{ für } \sigma_{s,adm}$$

$$A_{srd} \cdot \frac{348 \text{ N/mm}^2}{4.35 \text{ N/mm}^2} = A_{srd} \cdot 0.80 \geq A_{srd,haus} \text{ für } \sigma_{s,adm}$$

| | $A_{srd} \cdot \frac{\sigma_{s,adm}}{f_{sd}}$ | $A_{srd,haus}$ |
|---|---|-------------------------|
| 1 | 2028 mm ² /m | 1005 mm ² /m |
| 2 | * | |
| 3 | * | |
| 4 | * | |
| 5 | 1896 mm ² /m | |

$$* A_{srd} \cdot \frac{\sigma_{s,adm}}{f_{sd}} > A_{srd} \cdot 0.81$$

and

$$A_{srd,haus} > A_{srd,haus}$$

$$\Leftrightarrow A_{srd} \cdot \frac{\sigma_{s,adm}}{f_{sd}} > A_{srd,haus}$$

OK

Ermüdungsnachweis (SIA 262 A.3)

- Beton:**
- $|\sigma_{ed}|_{max} \leq 0.5 \cdot k_e \cdot f_{ed} + 0.45 \cdot |\sigma_{ed}|_{min} \leq 0.9 \cdot k_e \cdot f_{ed}$
 - $\frac{V_{ed, min}}{V_{ed, max}} \geq 0: |\sigma_{ed}|_{max} \leq 0.5 \cdot V_{ed} + 0.45 \cdot |\sigma_{ed}|_{min} \leq 0.3 \cdot V_{ed}$ sonst $|\sigma_{ed}|_{max} \leq 0.5 V_{ed} - |\sigma_{ed}|_{min}$
- Stahl:**
- Dauerfestigkeit: $\Delta \sigma_{ed}(q_{fat}) \leq \Delta \sigma_{sd, D} \leq 0.8 \cdot \Delta \sigma_{sd, fat}$
 - Wenn Dauerfestigkeitsnachweis nicht erfüllt:
 - Betriebfestigkeit: $\lambda \Delta \sigma_{ed}(q_{fat}) \leq \Delta \sigma_{sd, fat}$

Lasten & Lastfall

Ständige Lasten: • Gemäss Variante 4 (21.04.2020 EM)

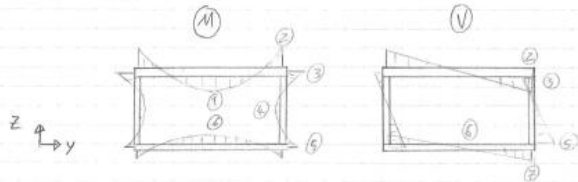
Veränderliche: (SIA 261 12)
• Bahnverkehr (Schmalspur LM 4 oder 5)

| LM | Q _k | q _k | α | φ | Q _{z, vert} |
|-----------------|----------------|----------------|------|------|--------------------------------|
| 4 | 130 | 25 | 1.00 | 1.56 | |
| Massgebend! → 5 | 160 | 50 | 1.00 | 1.56 | 72 kN/m = 98 kN/m ² |

Lastfall: • Tragssicherheit ELU Typ IV Ermüdung

| LM | Bahnverk. | α | φ | Eigengew. | Endauf | Endab |
|----|-----------|------|------|-----------|--------|-------|
| 5 | 1.00/0.00 | 1.00 | 1.56 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Nachweis (Schnitt xy und xz werden für die Verdunstungsnierung nicht anged.



Beton:

- Biegedruckzone

| Nachweis | Zone | $ \sigma_{ed} _{max}$ | $ \sigma_{ed} _{min}$ | $ \sigma_{ed} _{max} \leq 0.5 \cdot k_e \cdot f_{ed} + 0.45 \cdot \sigma_{ed} _{min} \leq 0.9 \cdot k_e \cdot f_{ed}$ |
|----------|------|---------------------------|---------------------------|--|
| OK | 1 | 3.8 6.5 N/mm ² | 2.3 2.8 N/mm ² | 3.8 6.5 N/mm ² < 9.0 9.3 N/mm ² < 14.4 N/mm ² |
| OK | 2 | 2.5 2.7 N/mm ² | 1.9 2.6 N/mm ² | 2.5 2.7 N/mm ² < 4.9 5.7 N/mm ² < 14.4 N/mm ² |
| OK | 3 | 5.7 6.5 N/mm ² | 3.8 3.4 N/mm ² | 5.7 6.5 N/mm ² < 9.0 9.3 N/mm ² < 14.4 N/mm ² |
| OK | 4 | 5.0 5.5 N/mm ² | 3.9 5.5 N/mm ² | 5.0 5.5 N/mm ² < 9.0 9.3 N/mm ² < 14.4 N/mm ² |
| OK | 5 | 3.8 3.5 N/mm ² | 3.2 2.8 N/mm ² | 3.8 3.5 N/mm ² < 9.0 9.3 N/mm ² < 14.4 N/mm ² |
| OK | 6 | 3.0 5.5 N/mm ² | 3.5 3.2 N/mm ² | 3.0 5.5 N/mm ² < 9.0 9.3 N/mm ² < 14.4 N/mm ² |
| OK | 7 | 3.8 3.5 N/mm ² | 3.2 2.8 N/mm ² | 3.8 3.5 N/mm ² < 9.0 9.3 N/mm ² < 14.4 N/mm ² |

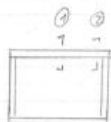
- Querkraft

| Nachweis | Zone | $V_{ed, min}$ | $V_{ed, max}$ | $V_{ed, max} \leq 0.5 \cdot V_{ed} + 0.45 \cdot V_{ed, min} \leq 0.3 \cdot V_{ed}$ |
|----------|------|---------------|---------------|--|
| OK | 2 | 20 kN/m | 152 kN/m | 20 kN/m < 27.7 kN/m < 27.7 kN/m |
| OK | 5 | 20 kN/m | 108 kN/m | 20 kN/m < 27.7 kN/m < 165.5 kN/m |
| OK | 5 | 103 kN/m | 130 kN/m | 103 kN/m < 130 kN/m < 165.5 kN/m |
| OK | 7 | 87 kN/m | 151 kN/m | 87 kN/m < 130 kN/m < 165.5 kN/m |

Bewehrung:

| Nachweis zone | $A_{s,rd}$ | ΔM_{ed} | l | $\Delta \sigma_{s,rd} = \frac{\Delta M_{ed}}{0.3 \cdot d \cdot A_{s,rd}}$ | $\leq 0.8 \cdot \Delta \sigma_{s,rd}$ |
|---------------|---|--------------------------------|--------|---|---------------------------------------|
| OK 1 | $\frac{1340}{2530} \text{ mm}^2/\text{m}$ | $\frac{33}{102} \text{ kNm/m}$ | 415 mm | $\frac{78}{108} \text{ N/mm}^2$ | $\leq 116 \text{ N/mm}^2$ |
| OK 2 | $\frac{1700}{1340} \text{ mm}^2/\text{m}$ | $\frac{37}{37} \text{ kNm/m}$ | 365 mm | $\frac{59}{103} \text{ N/mm}^2$ | $\leq 116 \text{ N/mm}^2$ |
| OK 3 | $\frac{1340}{1340} \text{ mm}^2/\text{m}$ | $\frac{37}{22} \text{ kNm/m}$ | 265 mm | $\frac{103}{89} \text{ N/mm}^2$ | $\leq 116 \text{ N/mm}^2$ |
| OK 4 | $\frac{1030}{1030} \text{ mm}^2/\text{m}$ | $\frac{0}{11} \text{ kNm/m}$ | 265 mm | $\frac{0}{27} \text{ N/mm}^2$ | $\leq 116 \text{ N/mm}^2$ |
| OK 5 | $\frac{1200}{1030} \text{ mm}^2/\text{m}$ | $\frac{11}{34} \text{ kNm/m}$ | 265 mm | $\frac{27}{102} \text{ N/mm}^2$ | $\leq 116 \text{ N/mm}^2$ |
| OK 6 | $\frac{1340}{1340} \text{ mm}^2/\text{m}$ | $\frac{34}{11} \text{ kNm/m}$ | 265 mm | $\frac{106}{27} \text{ N/mm}^2$ | $\leq 116 \text{ N/mm}^2$ |
| OK 7 | $\frac{1340}{1340} \text{ mm}^2/\text{m}$ | $\frac{11}{11} \text{ kNm/m}$ | 265 mm | $\frac{39}{27} \text{ N/mm}^2$ | $\leq 116 \text{ N/mm}^2$ |

ELU Entgleisung



$M_{ed,0} = 160 \text{ kNm/m} \Rightarrow$ Ist nicht massgebend für den massgebenden Querschnitt.
 \Rightarrow Muss im Ausführungsprojekt für weitere Querschnitte berücksichtigt werden.

ELS Häufige

Decke: $W_{ed,z} = 5 \text{ mm}$ (mit 50% Einspannung)
 $W_{rd,z} = 5 \text{ mm}$ OK

Bodenplatte: $W_{ed,b} = 8 \text{ mm}$ (mit 50% Einspannung)
 $W_{rd,b} = 12 \text{ mm}$ OK

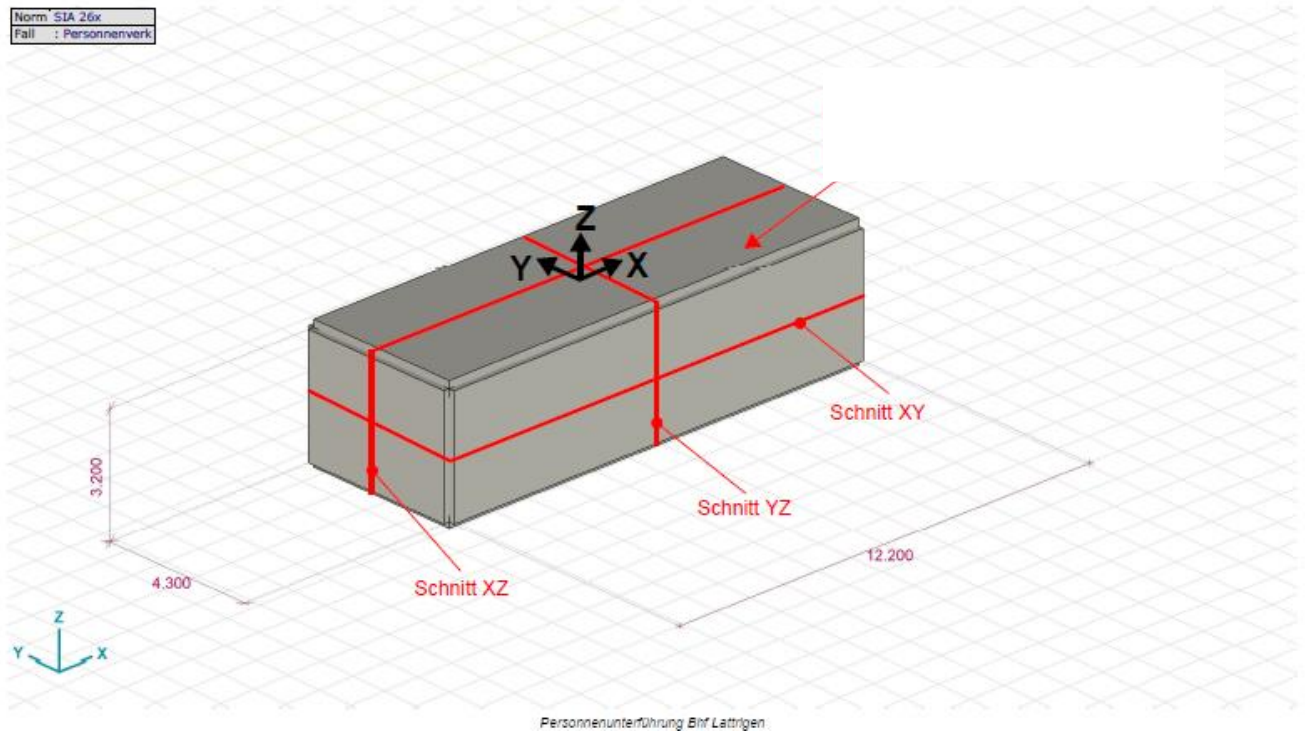
Wände: $W_{ed,y} = 3 \text{ mm}$ (mit 50% Einspannung)
 $W_{rd,y} = 7 \text{ mm}$ OK

Verwindung Decke: $\alpha_{ed,x} = 0.9 \text{ mm/m}$ (mit 50% Eins.)
 $\alpha_{rd,x} = 1 \text{ mm/m}$

Relative Verschiebung: $W_{ed,z}^* = \frac{4.6 \text{ mm/m} + 1.9 \text{ mm/m}}{2} = 3.25 \text{ mm/m}$
 $W_{ed,b} = \frac{1.9 \text{ mm/m} + 1.2 \text{ mm/m}}{2} = 1.55 \text{ mm/m}$

* mit Horizontalkraft (Anfaher) $W_{rd,z} = 3 \text{ mm/m} \Rightarrow$ OK

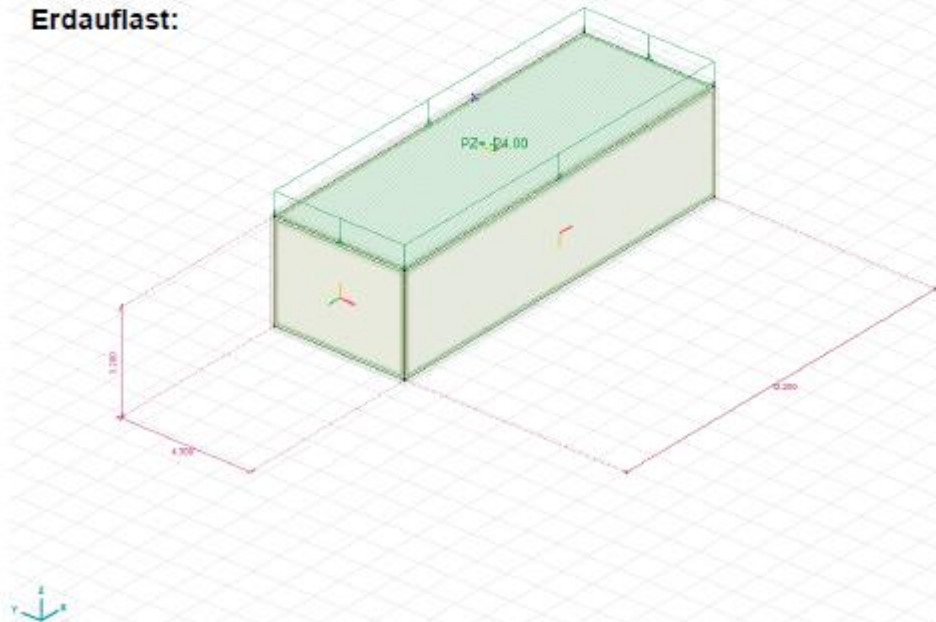
3.2 Lasten & Schnittkräfte



Ständige Lasten:

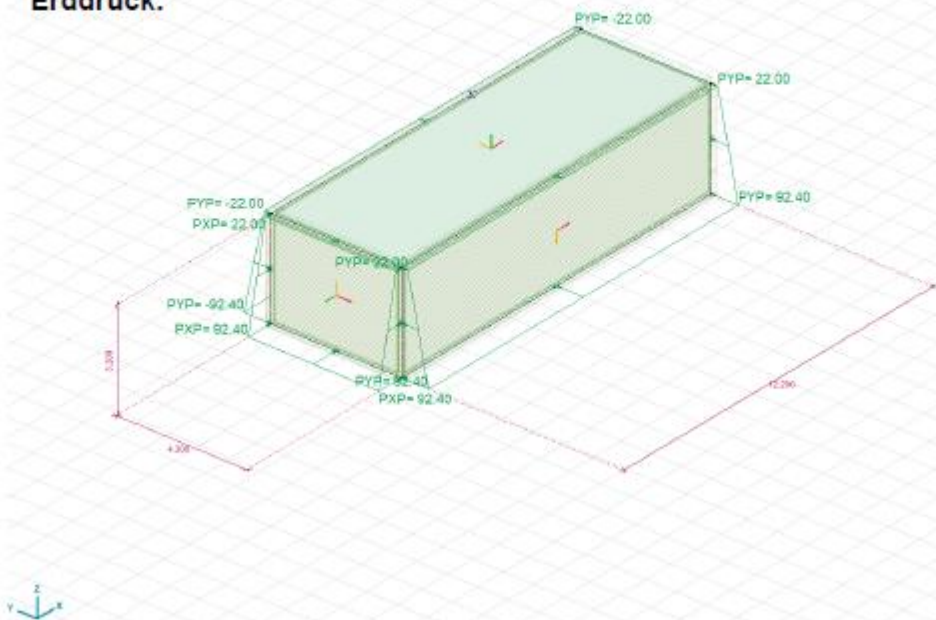
Summe: 114.20kN
 Fall: Erdauflast

Erdauflast:



Summe: 452.30kN
 Fall: Erddruck

Erddruck:

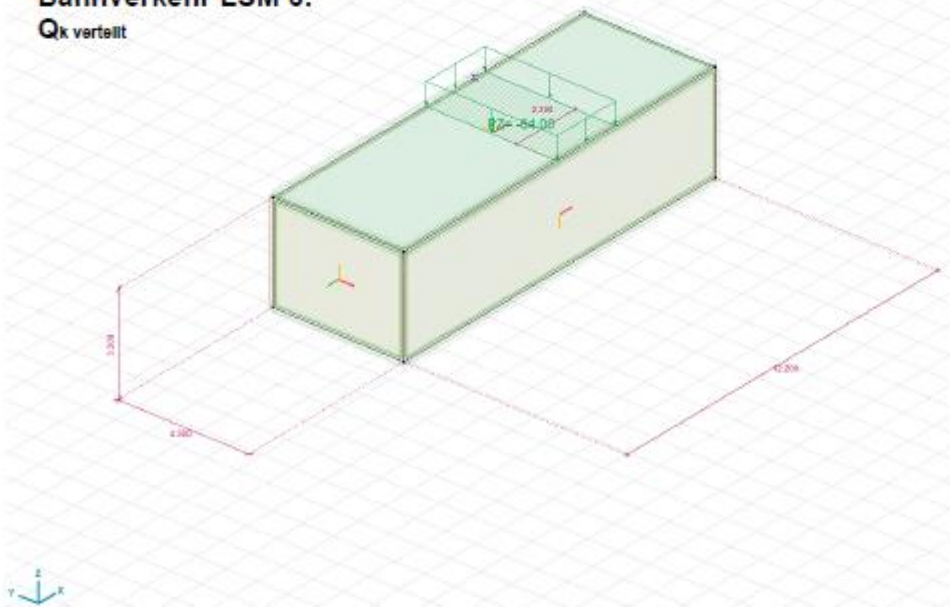


Veränderliche Lasten:

Norm 20A 20k
 Teil 1 Bahnverkehr Lastmodell 6-Ver

Bahnverkehr LSM 6:

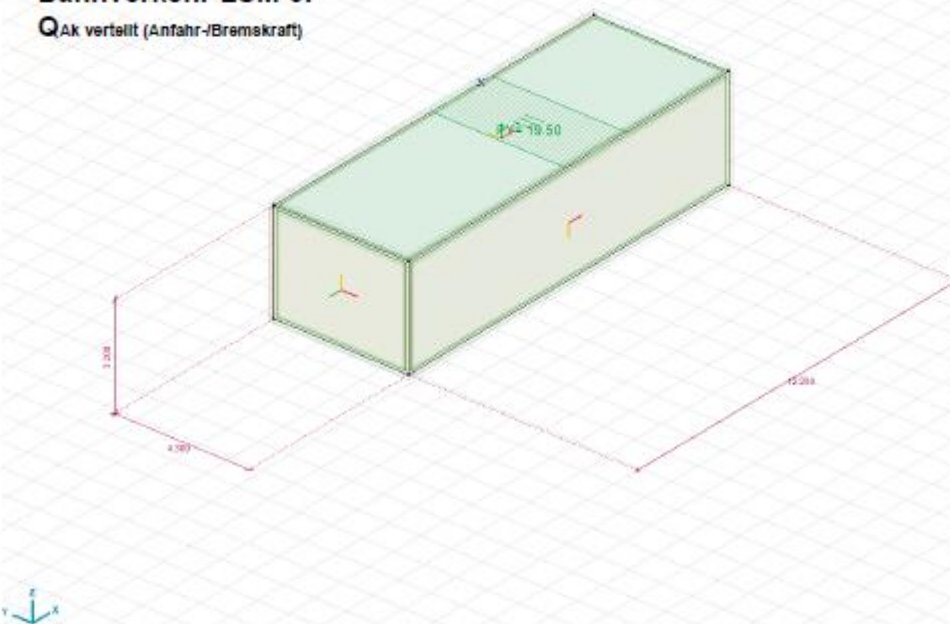
Q_k verteilt

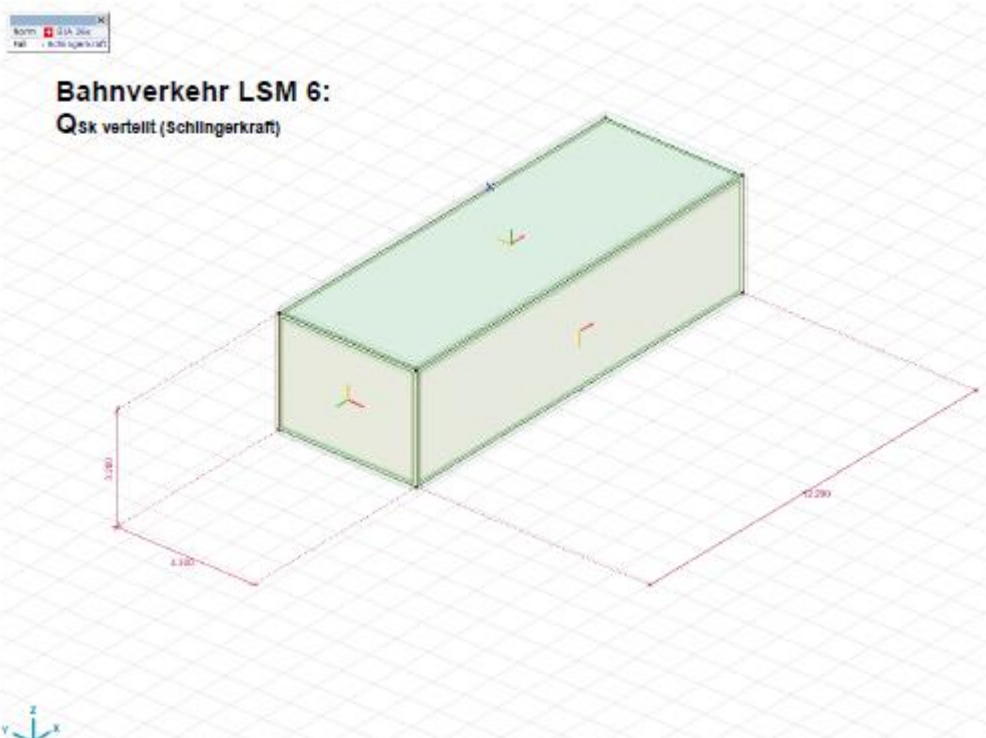
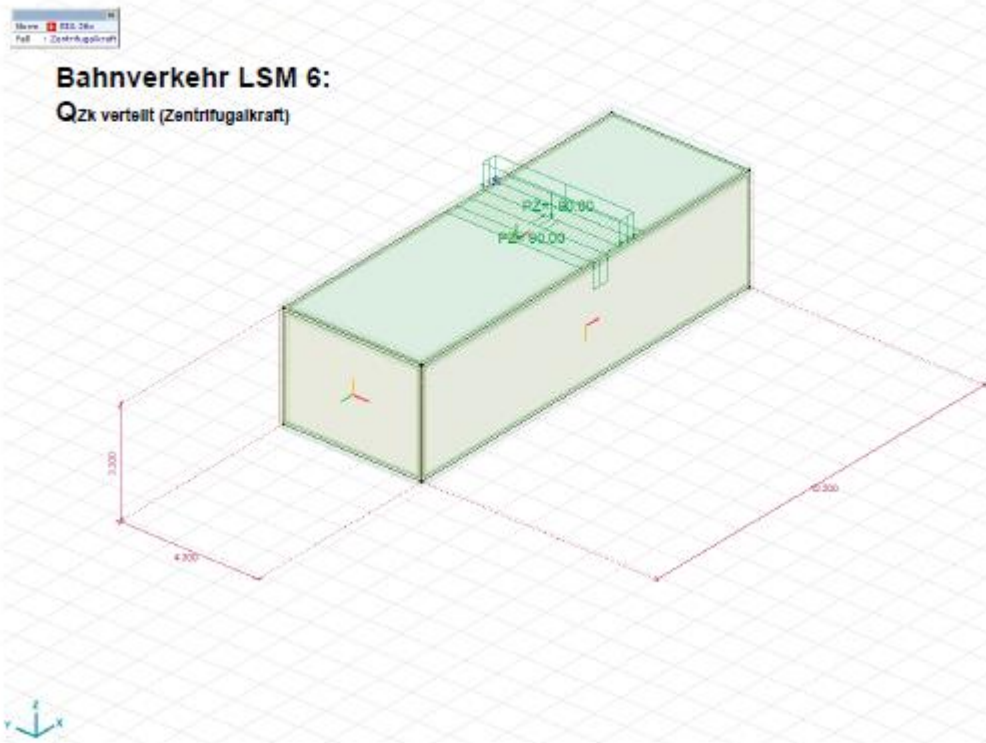


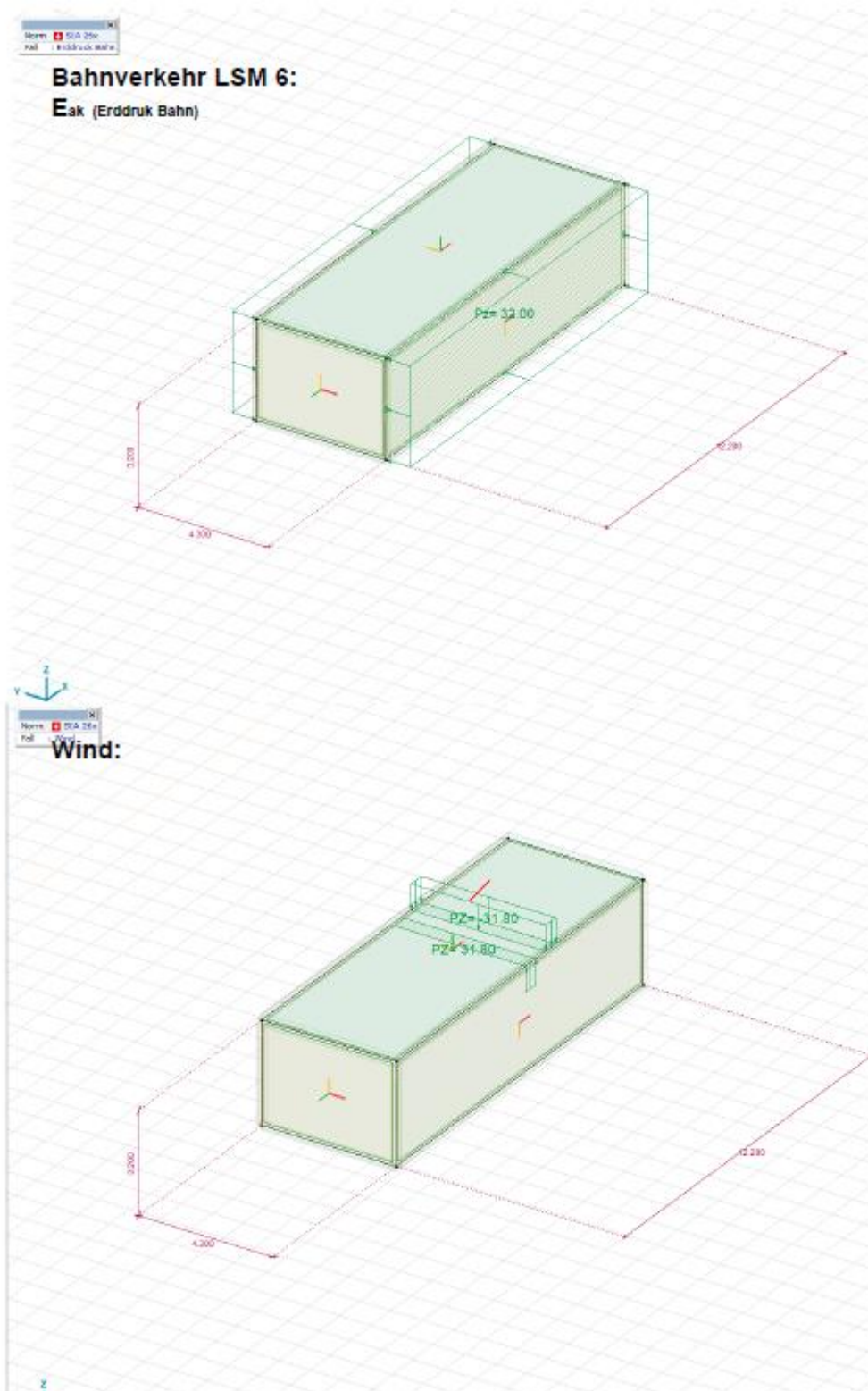
Norm 20A 20k
 Teil 1 Bahnverkehr Lastmodell 6-Ver

Bahnverkehr LSM 6:

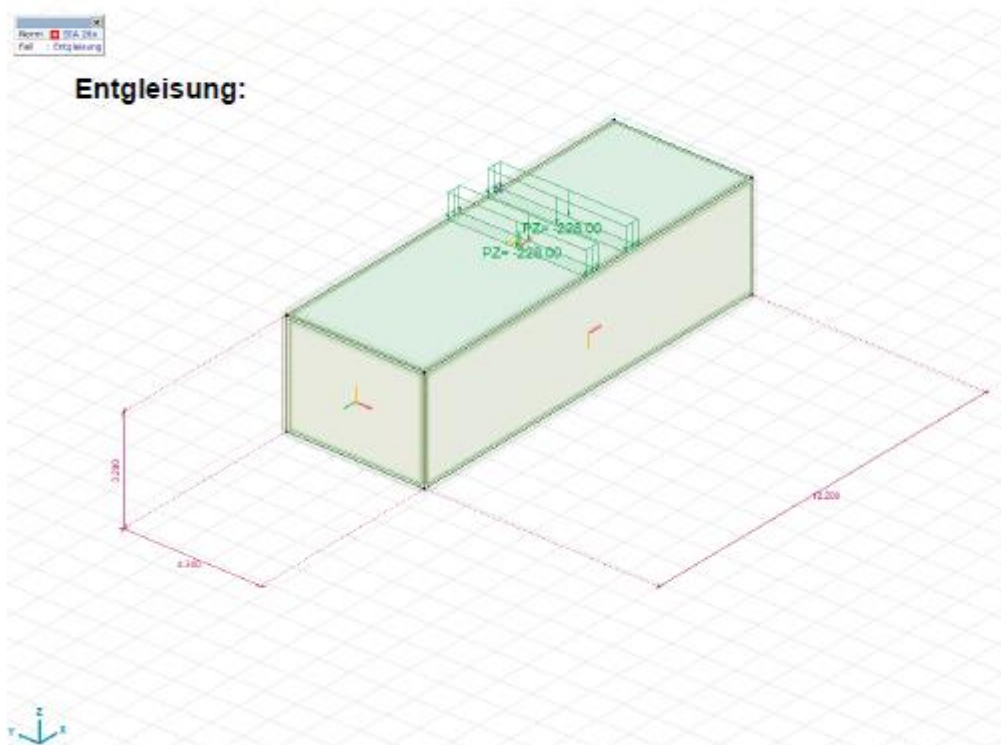
Q_{Ak} verteilt (Anfahr-/Bremskraft)



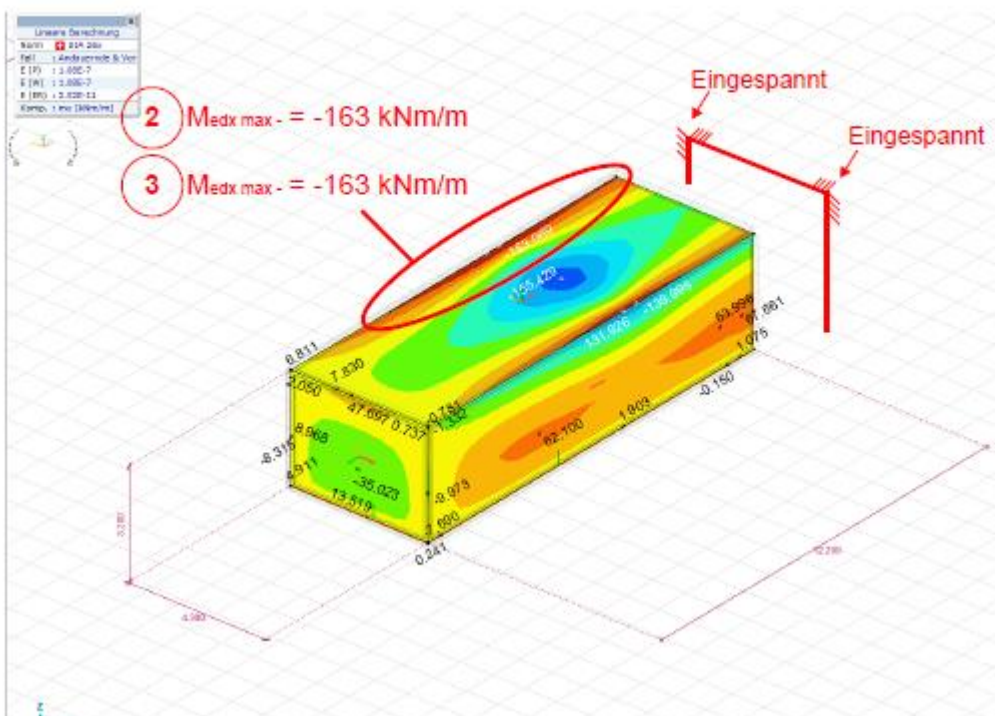
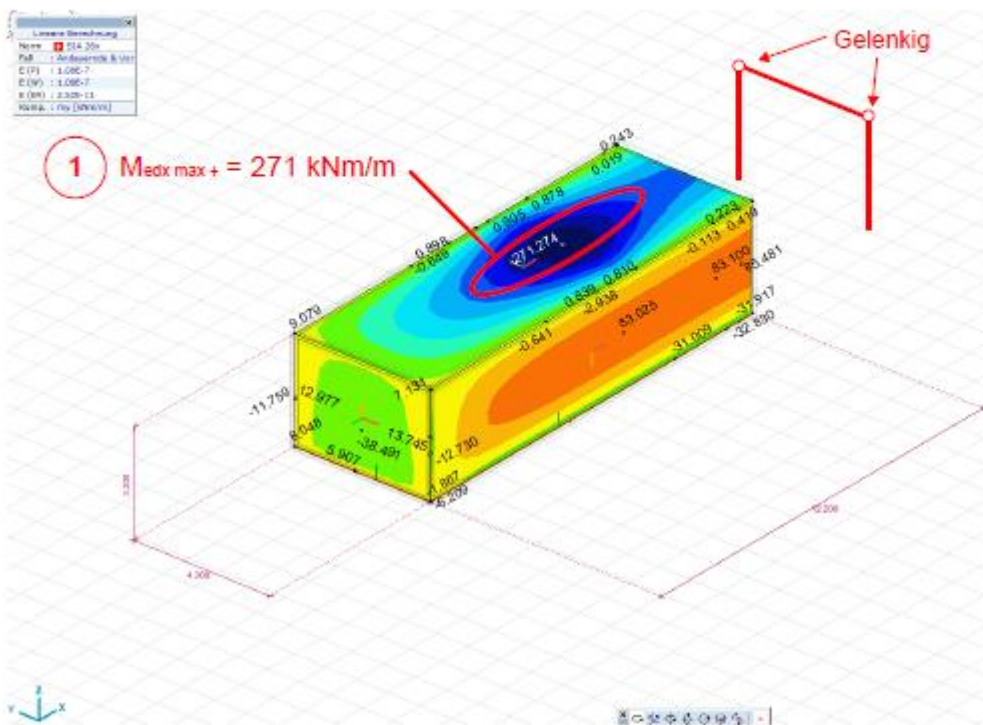


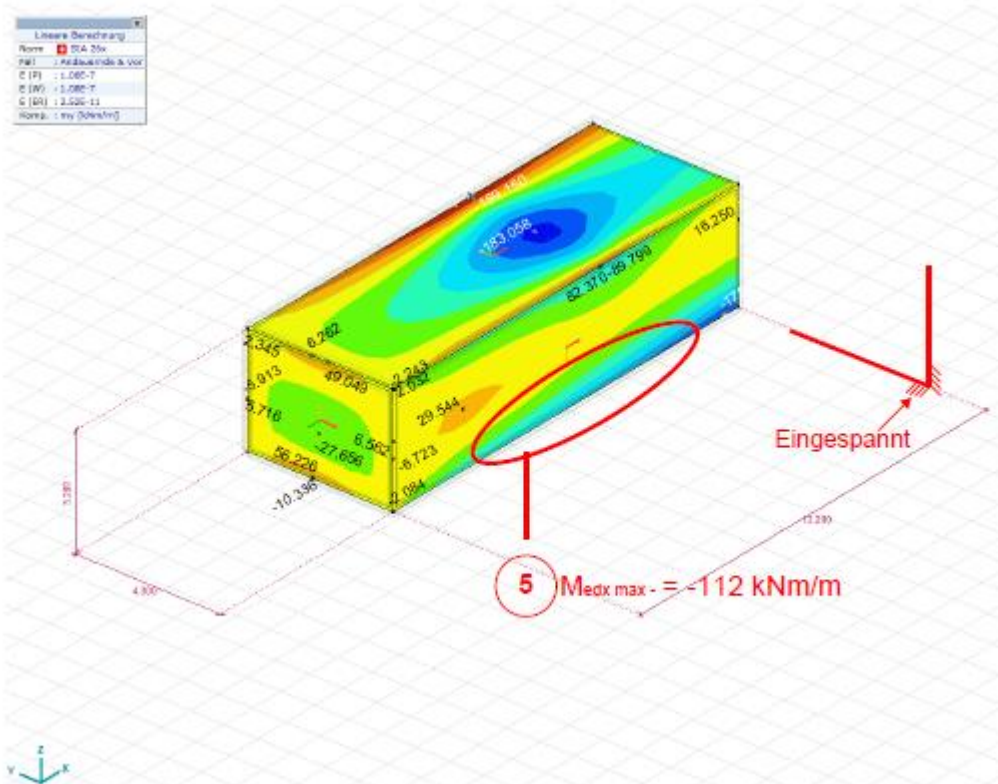


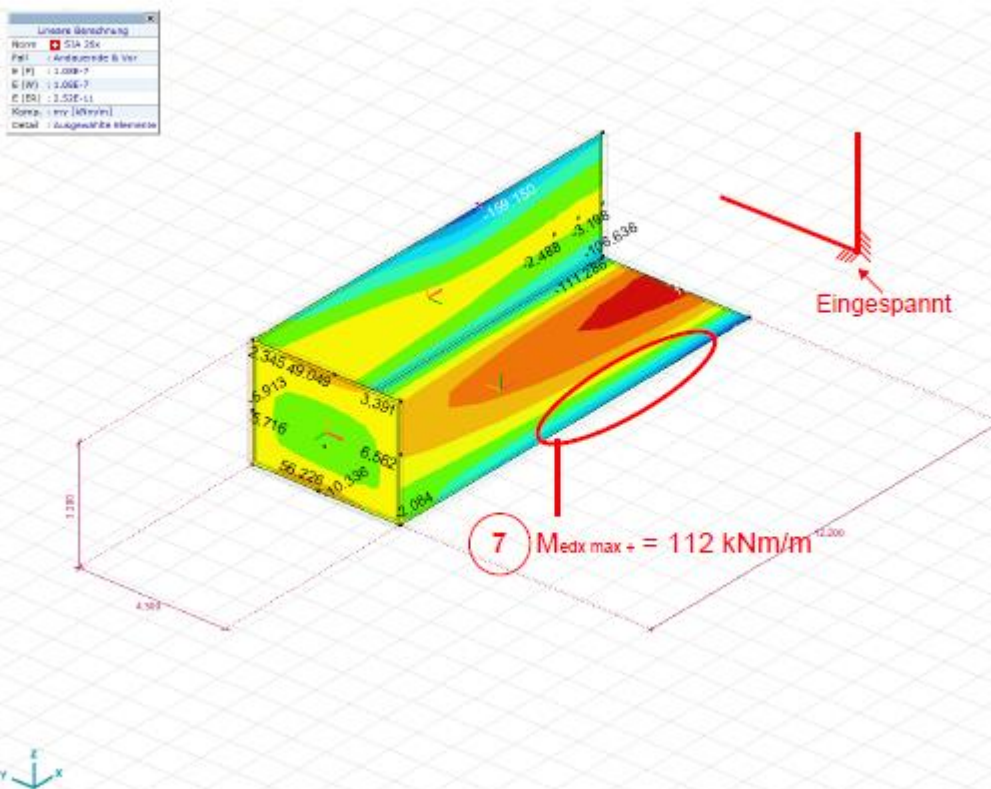
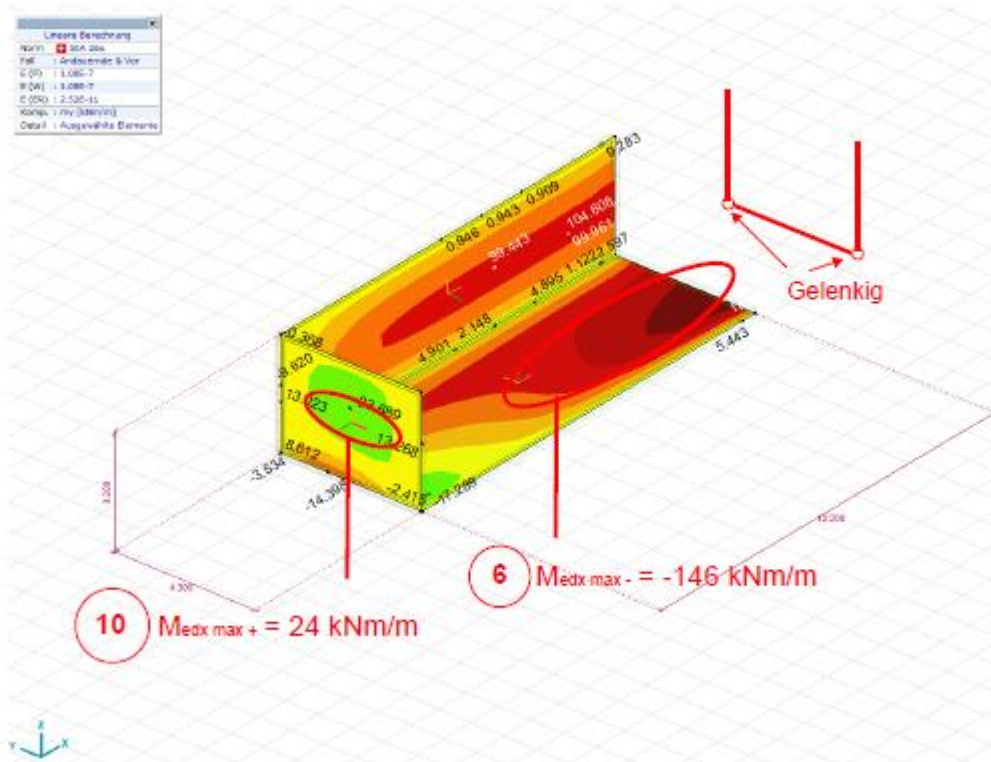
Aussergewöhnliche Lasten:

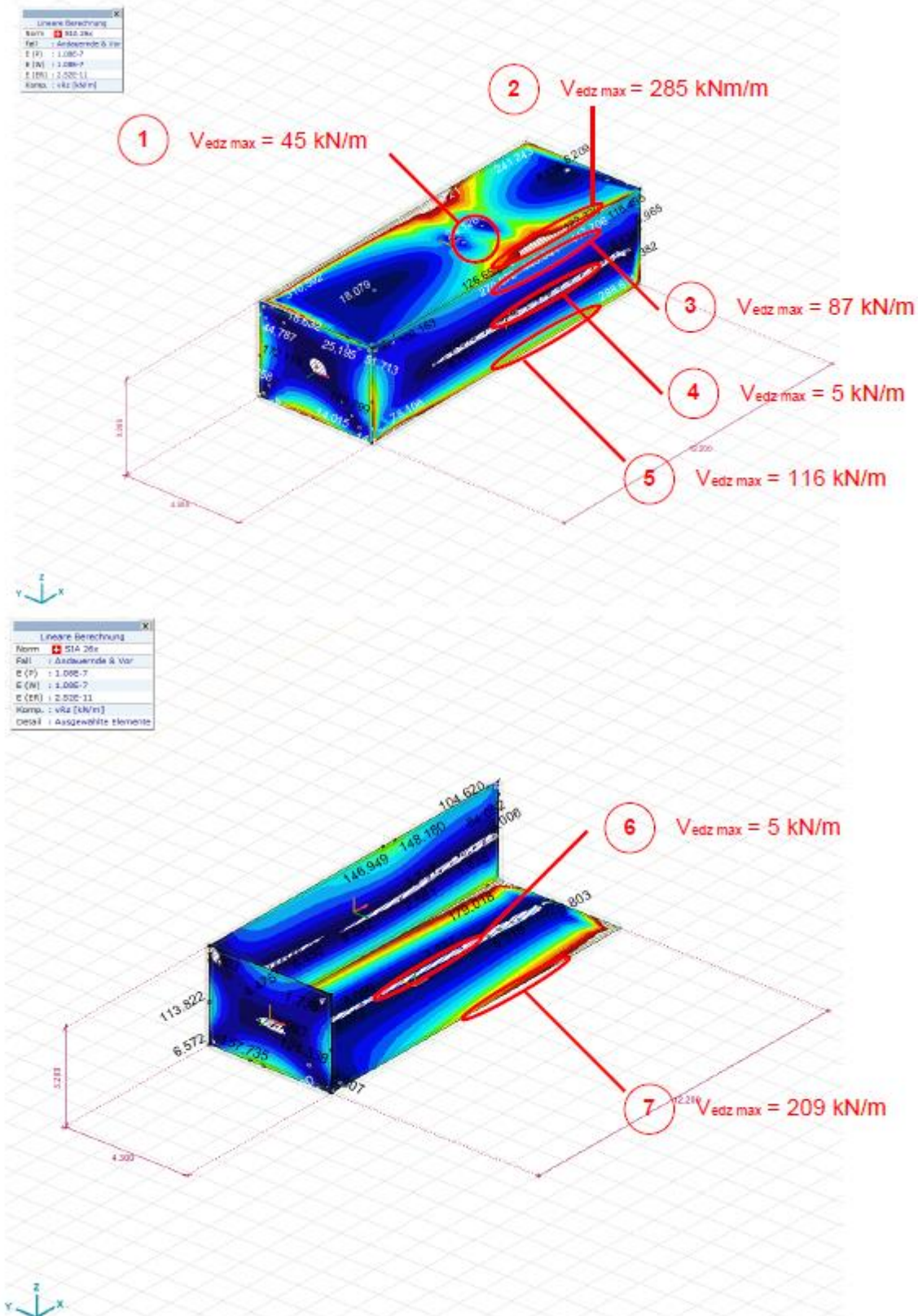


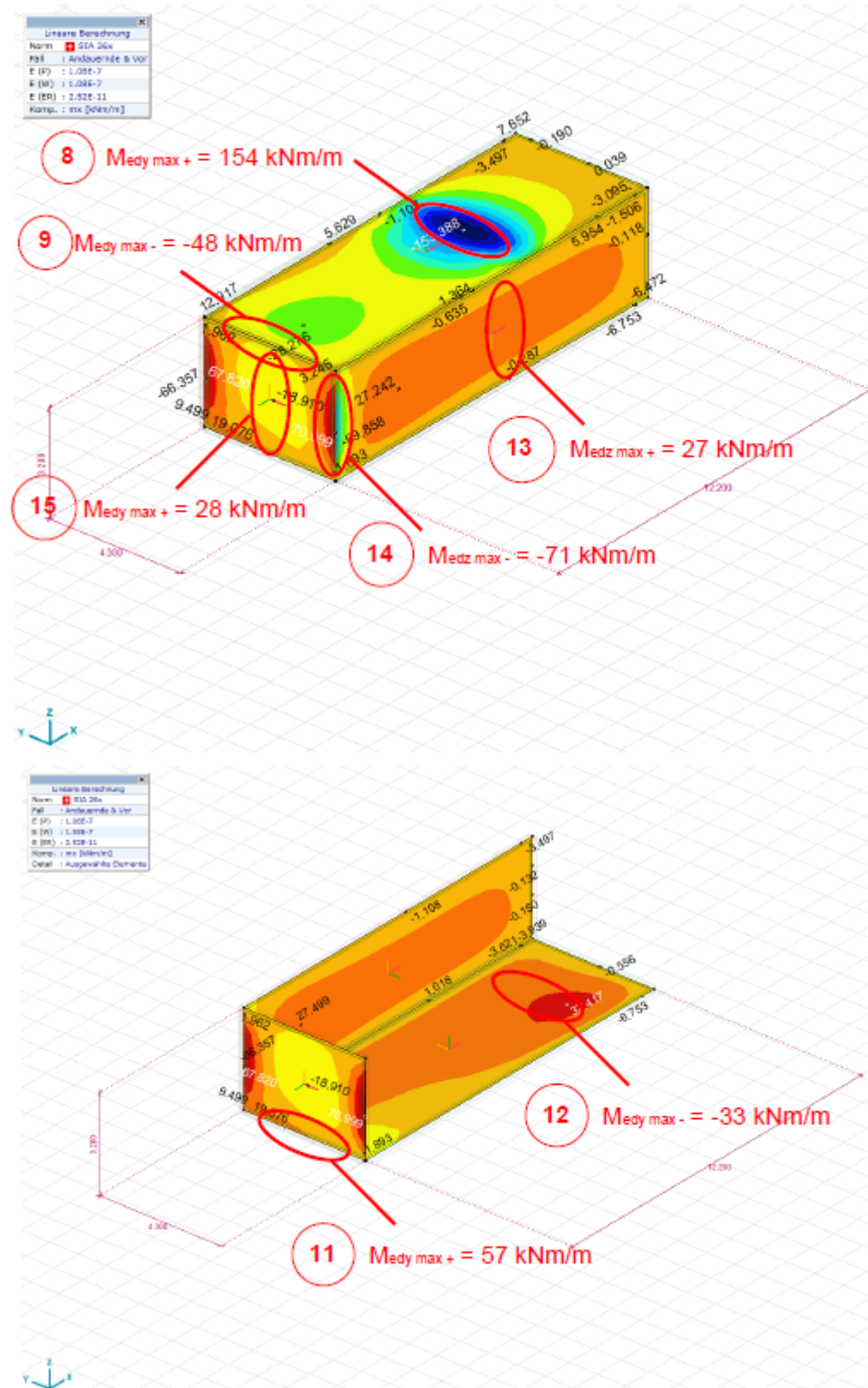
Schnittkräfte ELU II:



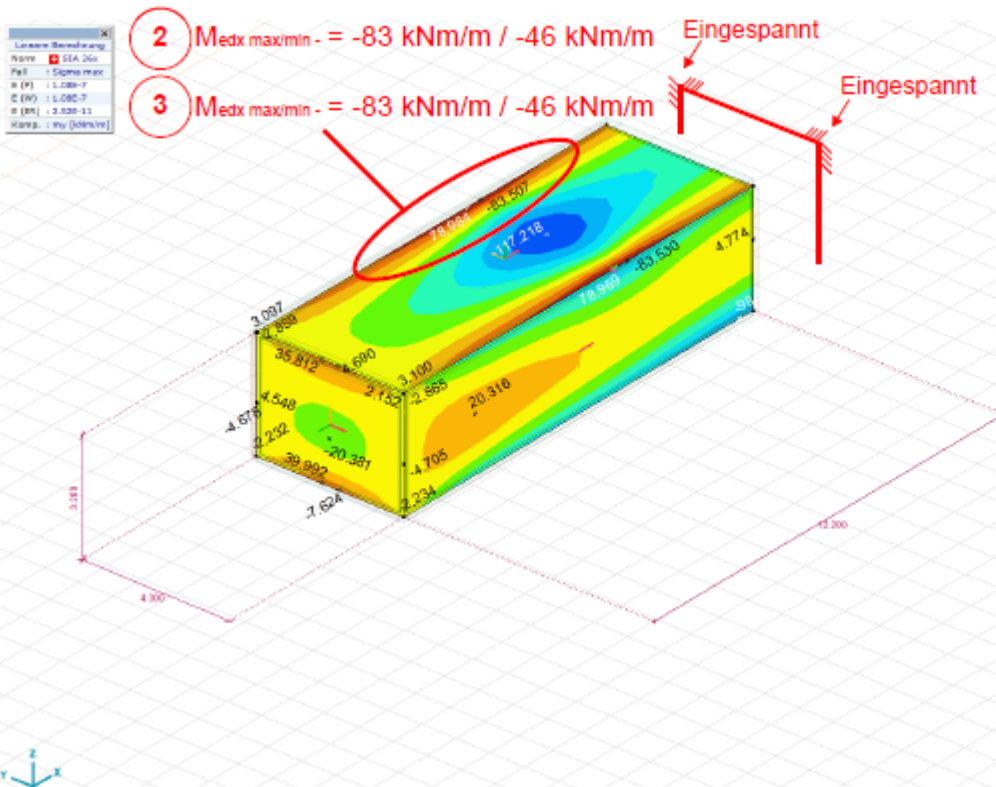
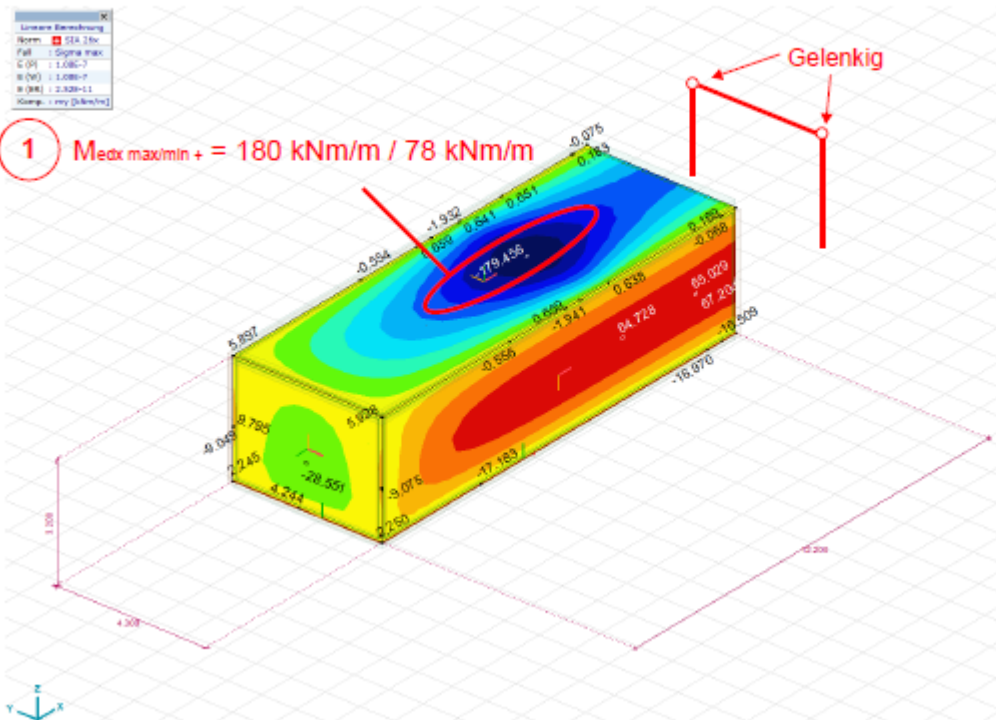


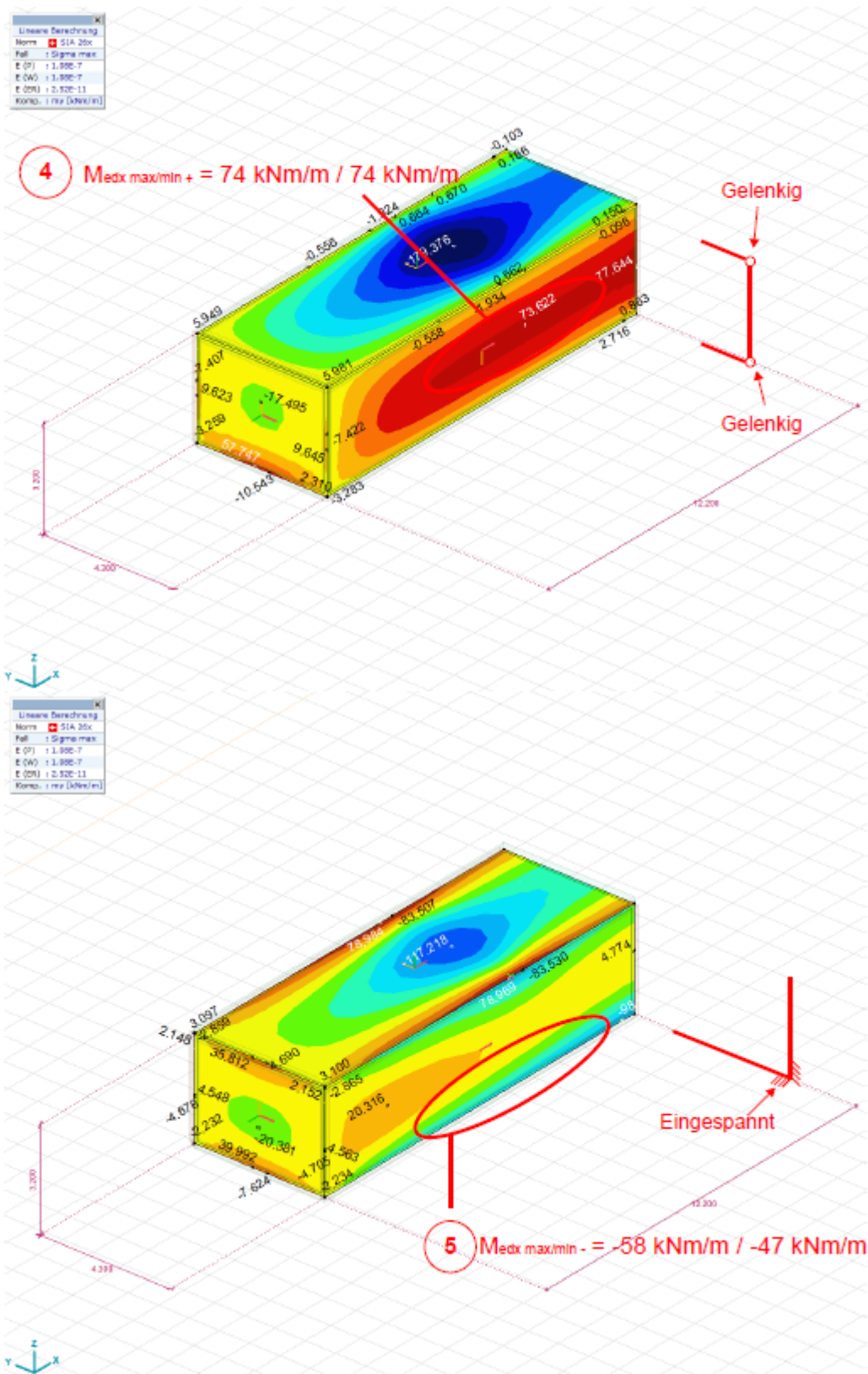


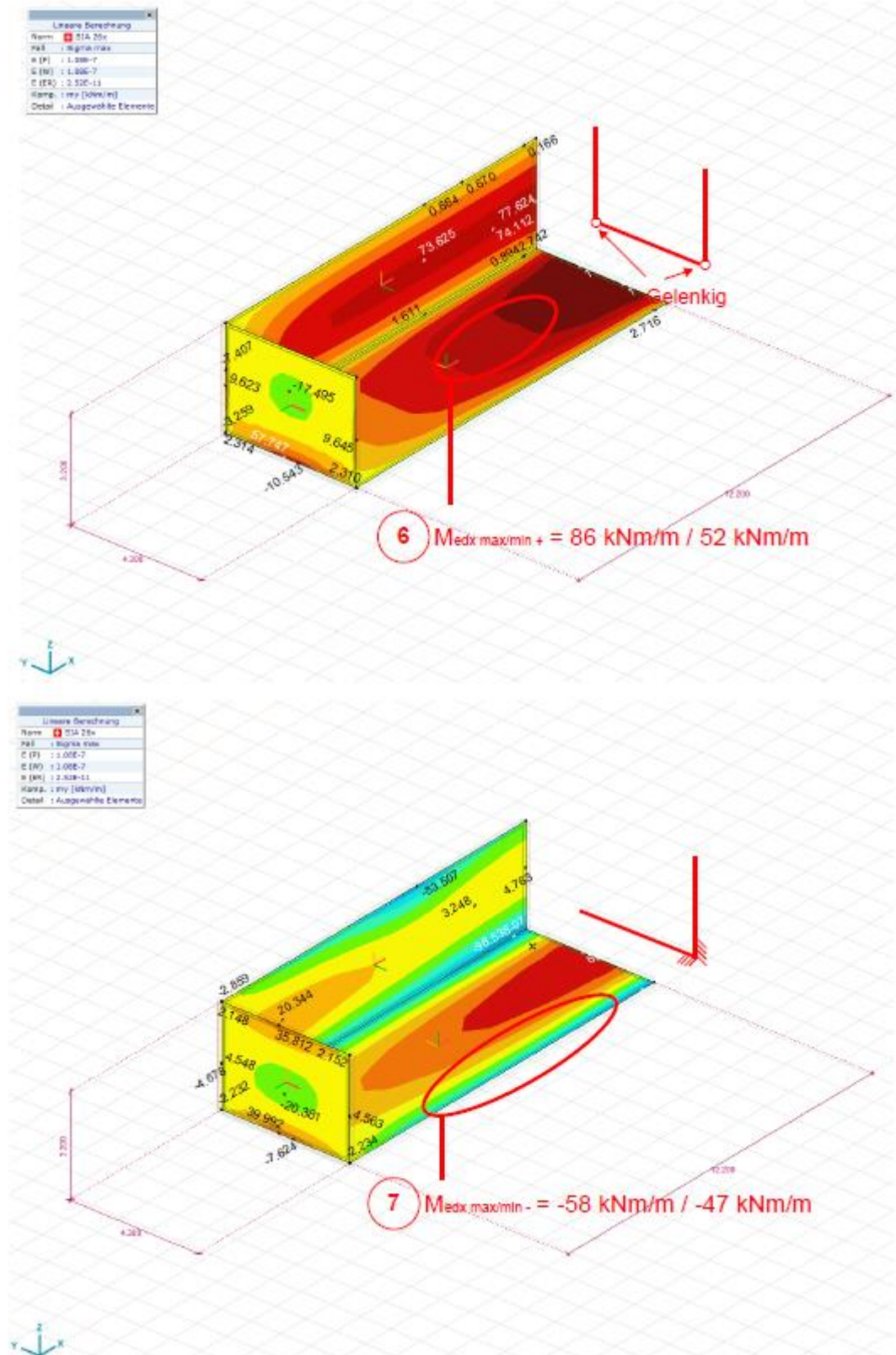


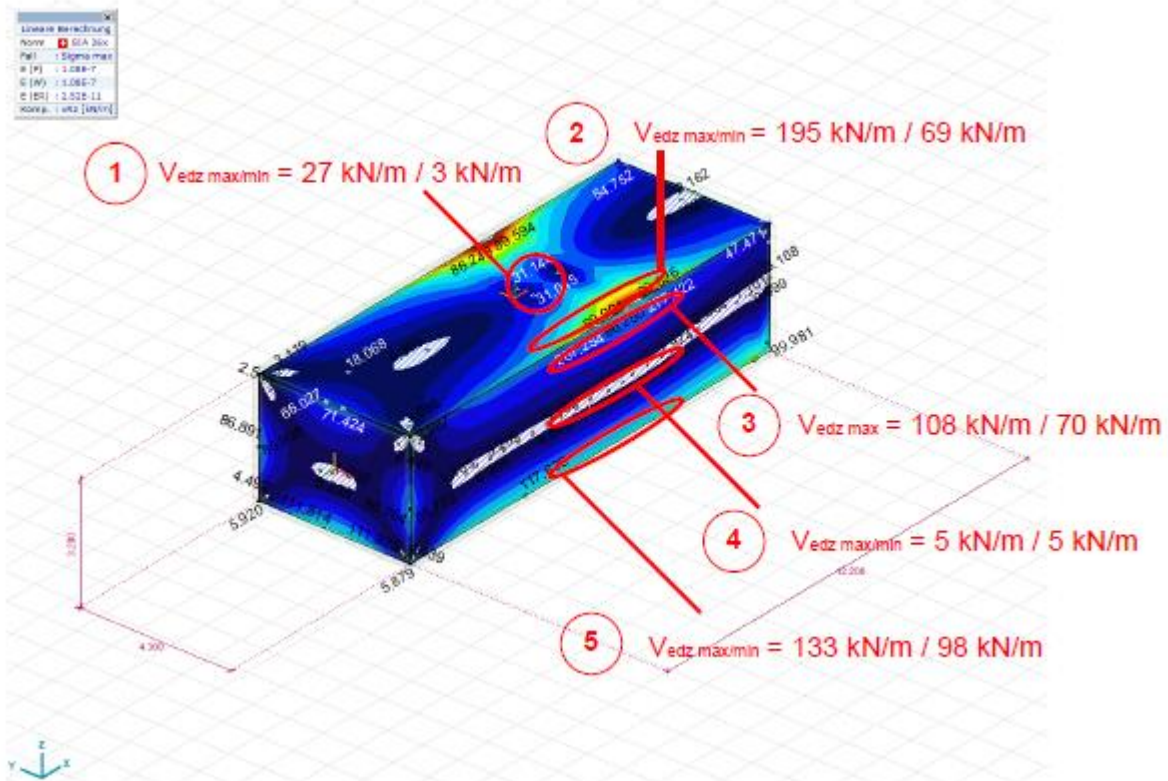


Schnittkräfte ELU IV (Ermüdung):

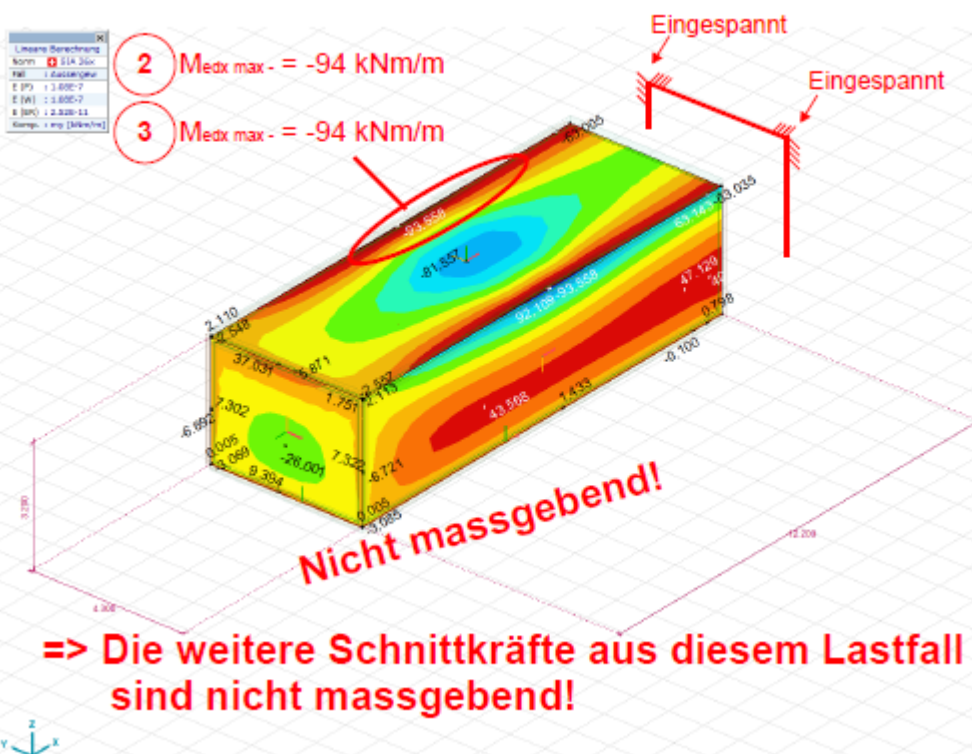
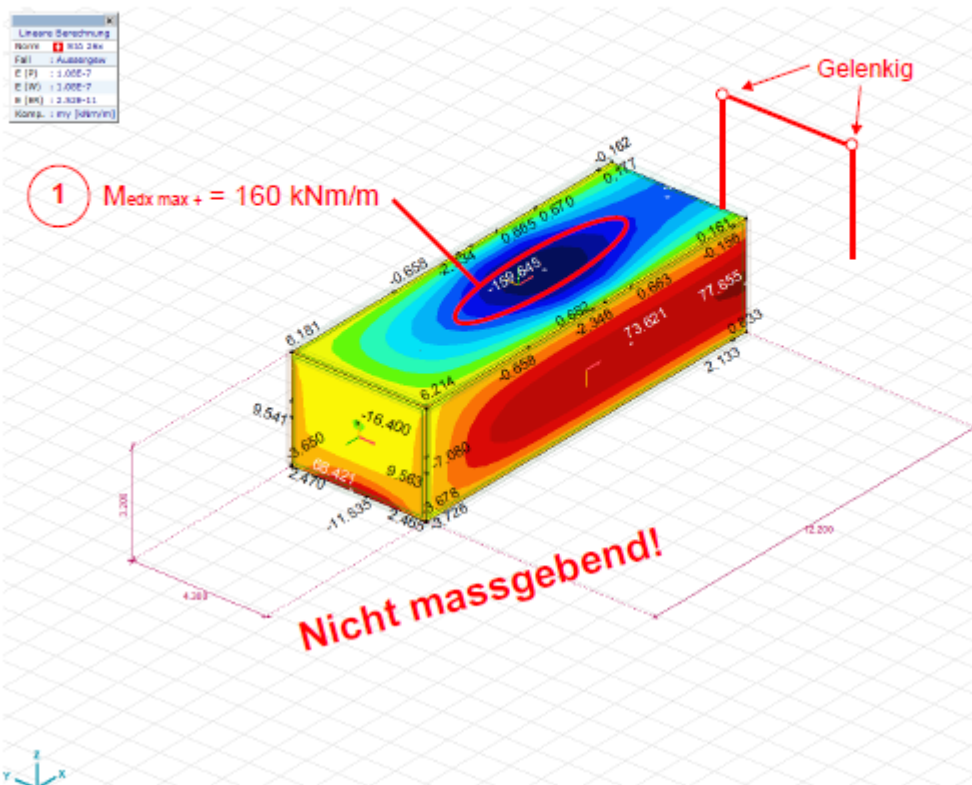




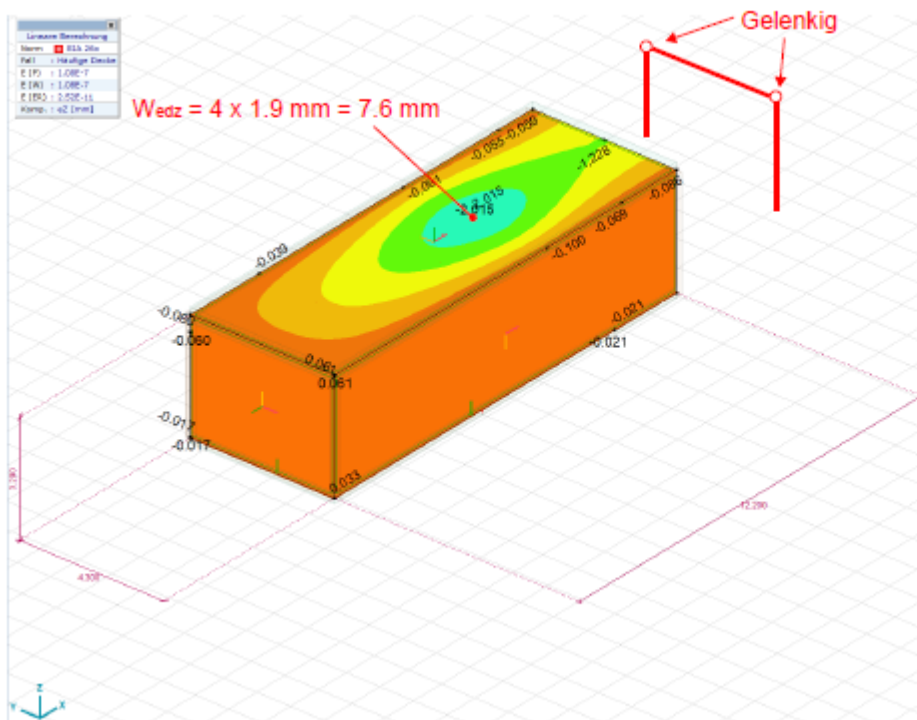
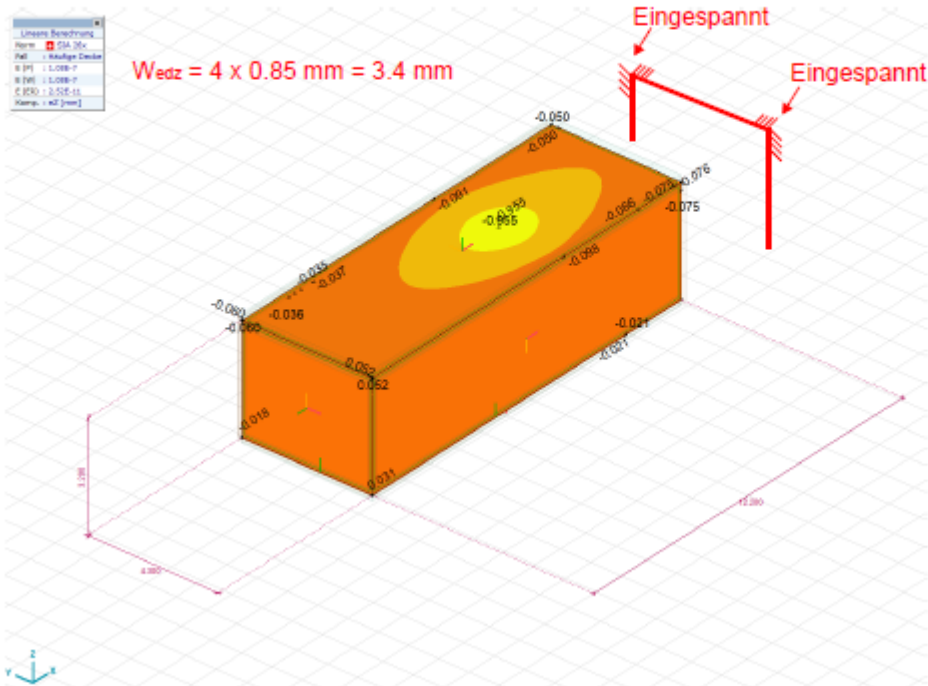


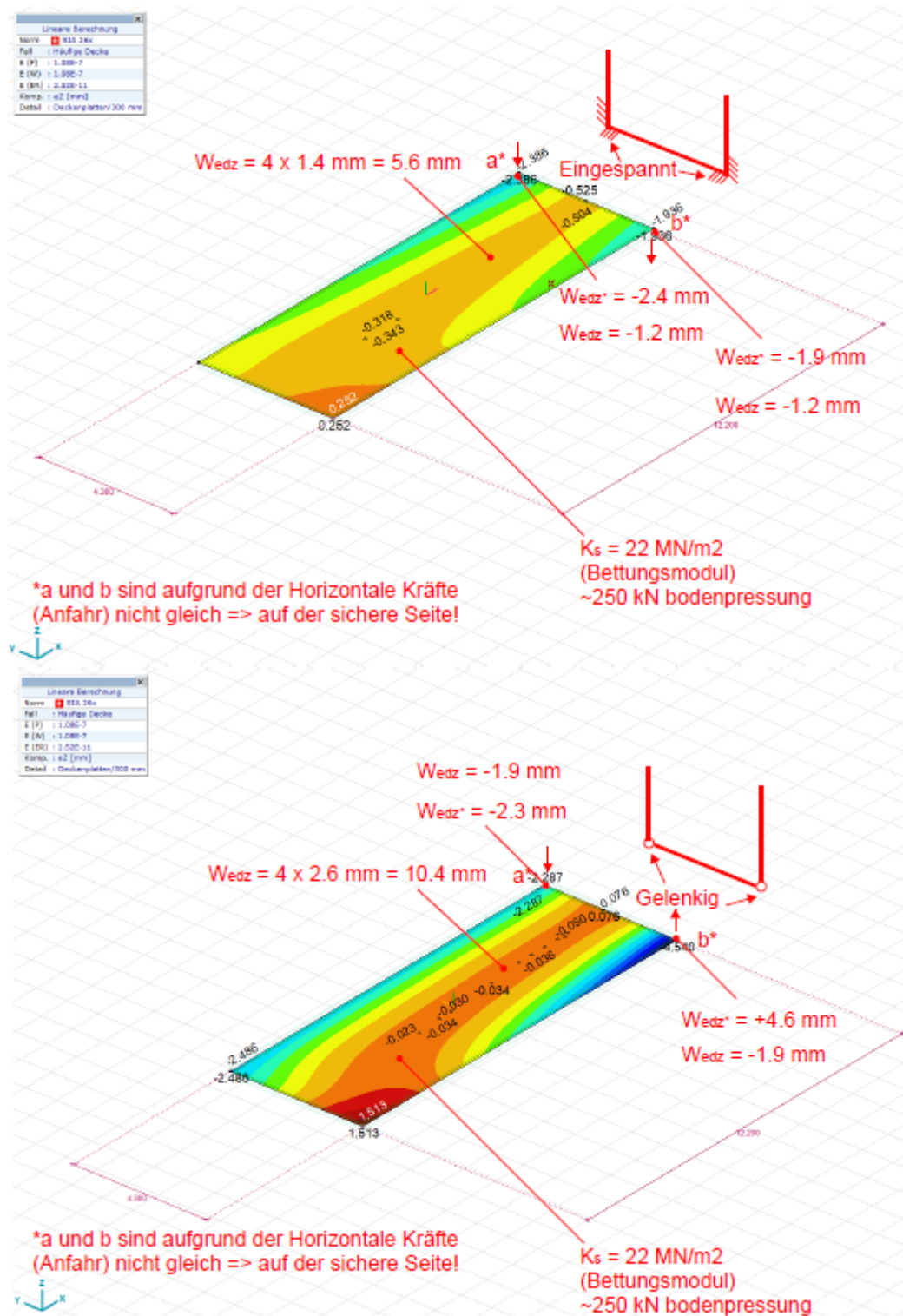


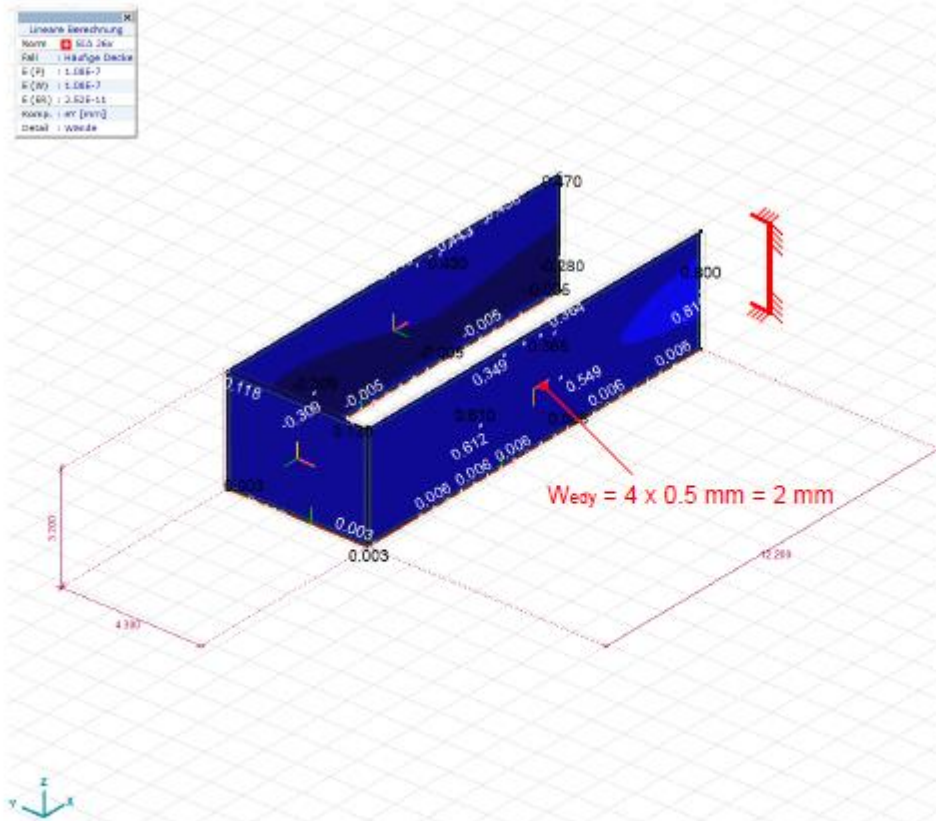
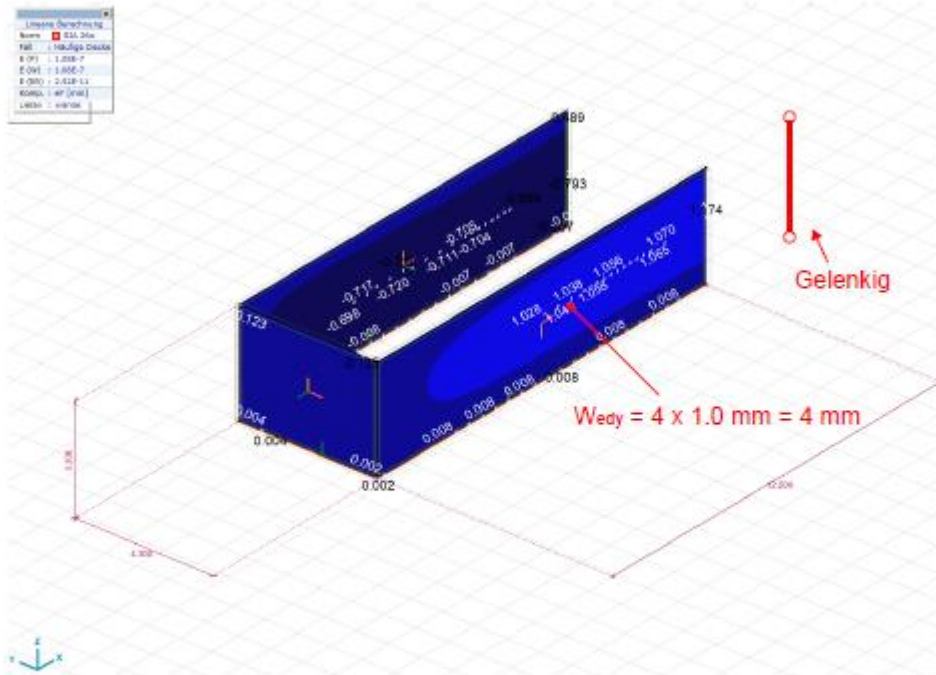
Schnittkräfte ELU Entgleisung:

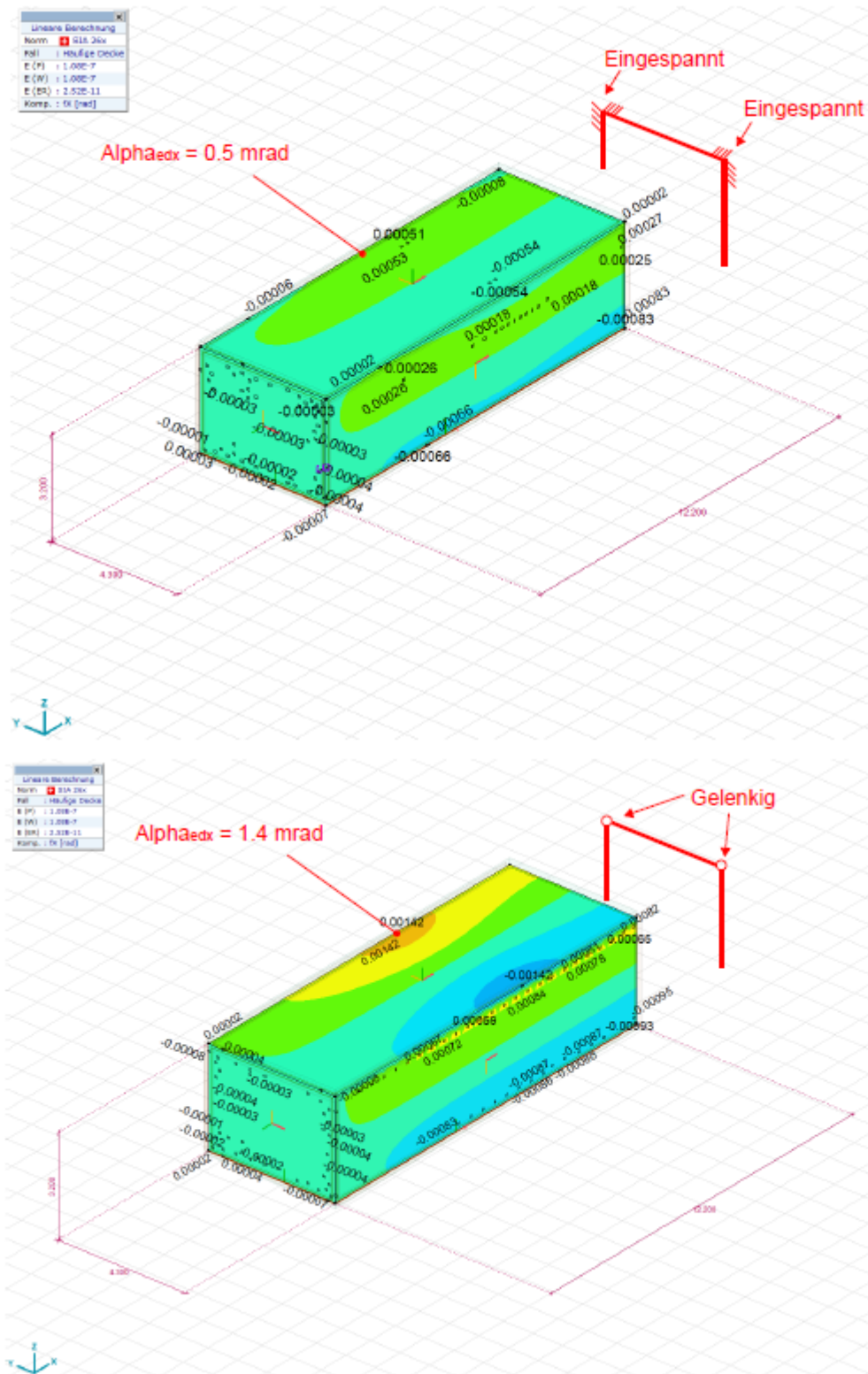


Verformung ELS Häufige:

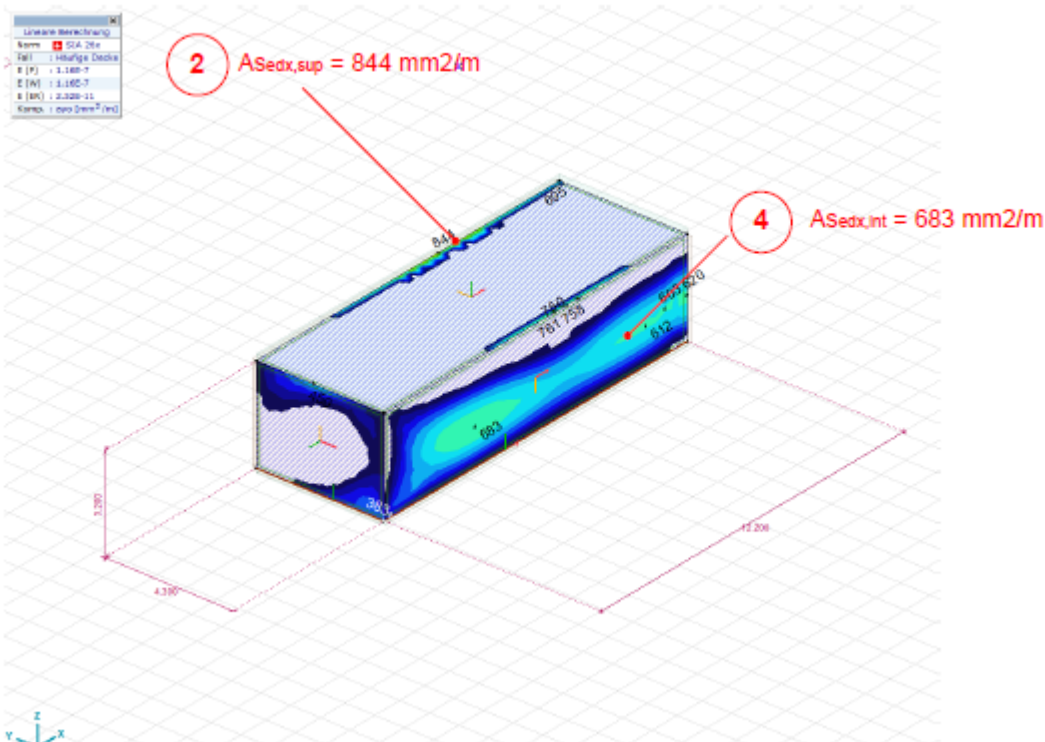
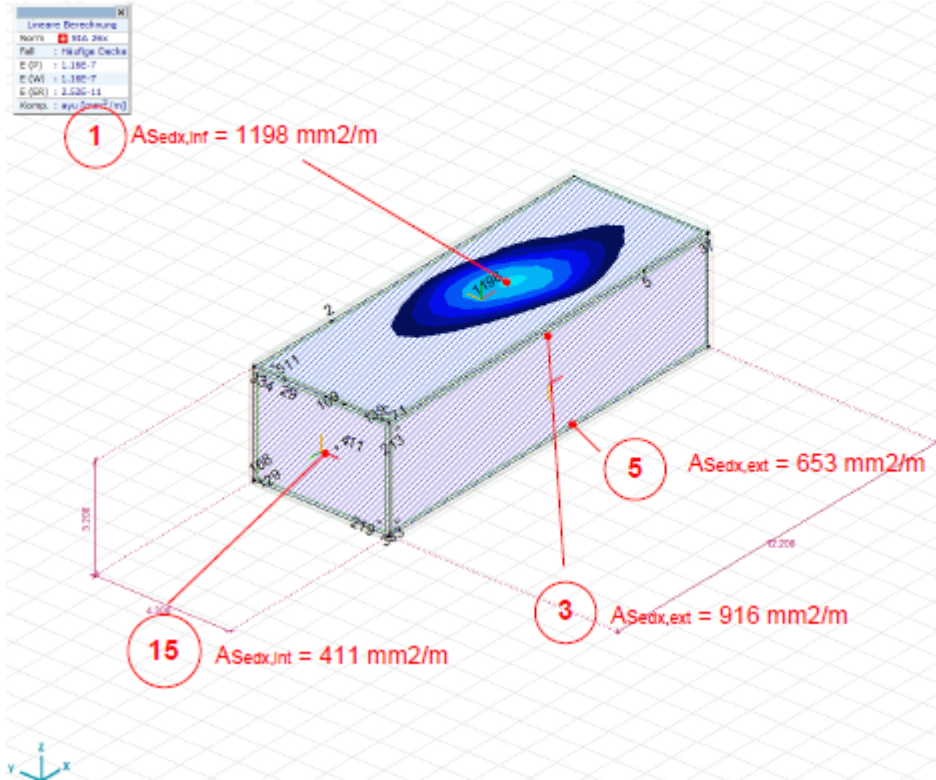


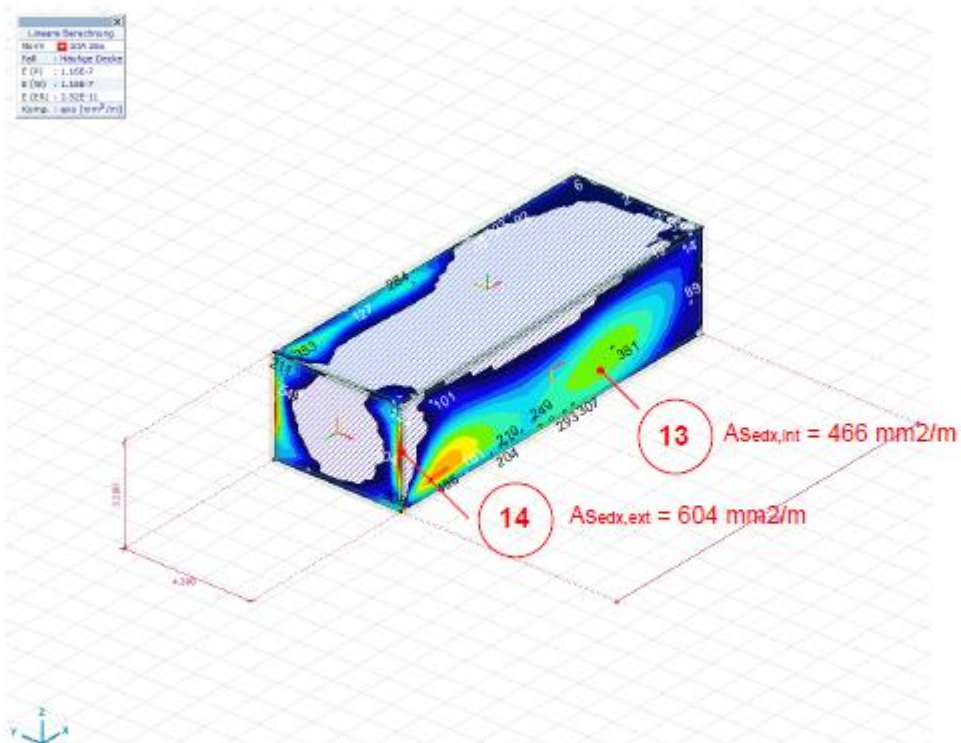
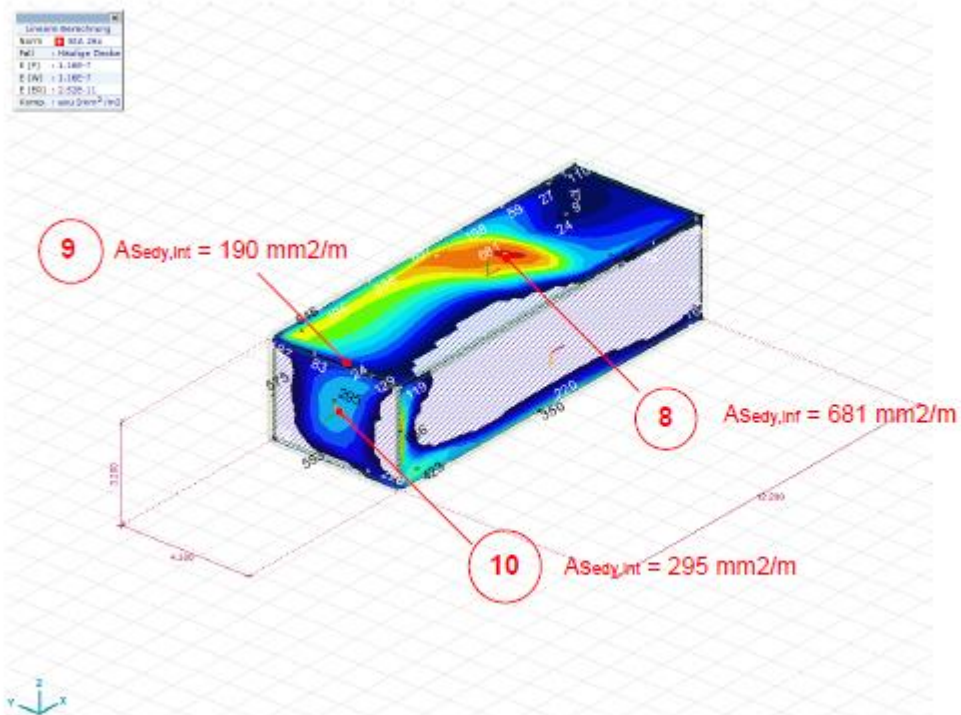


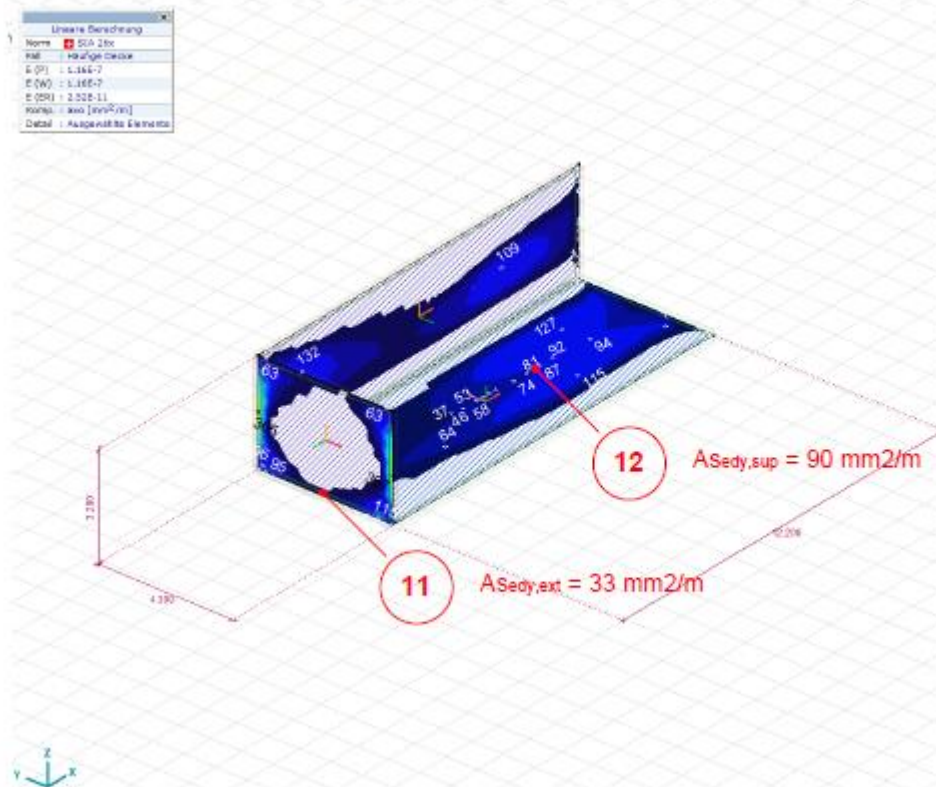
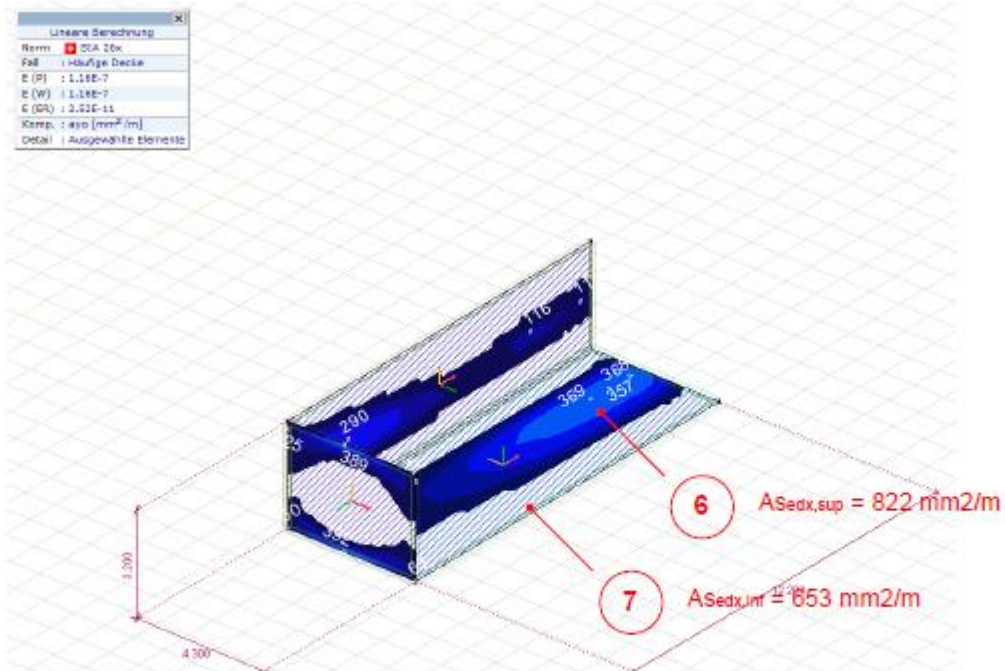




Minimal Bewehrung ELS Häufige:







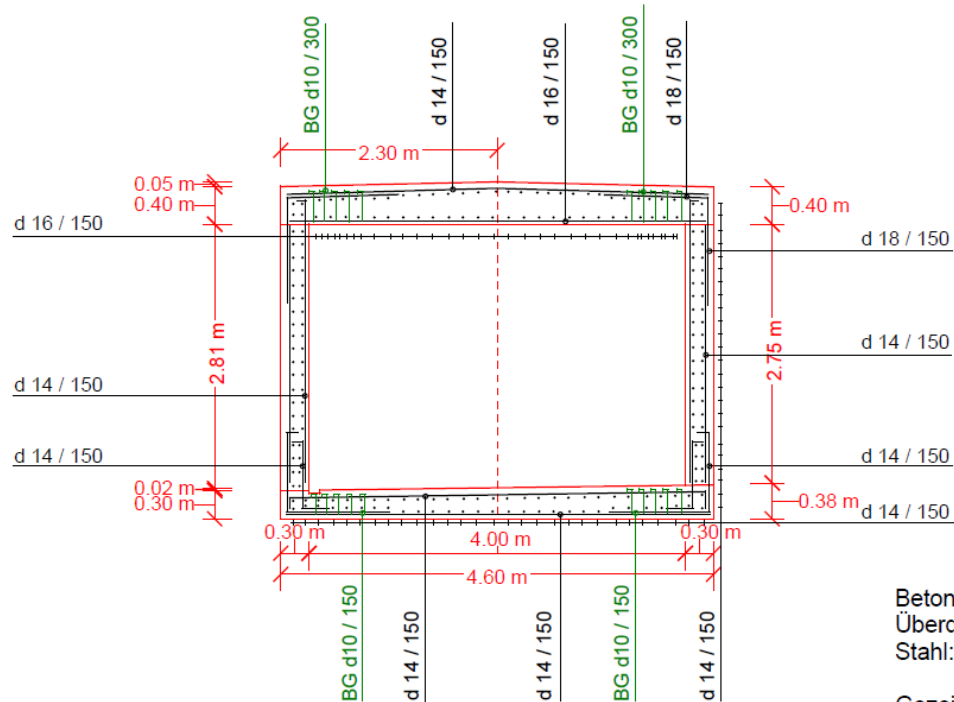
3.3 Bewehrungsplan

Bhf Lattrigen Personenunterführung

Projekt Nummer: 92-22.27

Bewehrungsplan

Querschnitt 1:50



Beton: C30/37 (0-32 mm)
 Überdeckung: 35 mm
 Stahl: B500B

Gezeichnet: EM
 Datum: 24.07.2020

4 Grundlagen

4.1 Gesetzliche Grundlagen

- | | | |
|-----|-------------------------------------|---|
| [1] | AB-EBV | Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung in der zum Vertragsabschluss gültigen Fassung |
| [2] | EBG | Eisenbahngesetz |
| [3] | Kantonale Richtlinien und Weisungen | |

4.2 Normen

- | | | |
|------|------------------|---|
| [4] | SIA 260 (2013) | Grundlagen der Projektierung von Tragwerken |
| [5] | SIA 261 (2014) | Einwirkungen auf Tragwerke |
| [6] | SIA 261/1 (2003) | Ergänzende Festlegungen |
| [7] | SIA 262 (2013) | Betonbau |
| [8] | SIA 262/1 (2019) | Ergänzende Festlegungen |
| [9] | SIA 267 (2013) | Geotechnik |
| [10] | SIA 267/1 (2013) | Ergänzende Festlegungen |

4.3 Reglemente, Weisungen und Merkblätter

- | | |
|------|----------------|
| [11] | RTE Regelungen |
|------|----------------|

4.4 Projektspezifische Grundlagen

- | | |
|------|--|
| [12] | Dossier Vernehmlassung Auflageprojekt 2020 |
| [12] | Dossier Vernehmlassung Auflageprojekt 2020 |
| | - Plan Situation 1:200, Nr. 05.3, Beilage Nr. 05.3 von EBB, vom Entwurf 27.05.2020 |
| | - Plan Querprofile Blatt 1, 1:100, Nr. 08.1, Beilage Nr. 08.1, von EBB, vom Entwurf 11.05.2020 |
| | - Plan Querprofile Blatt 2, 1:100, Nr. 08.2, Beilage Nr. 08.2, von EBB, vom Entwurf 11.05.2020 |
| | - Plan Normalprofile, 1:50, Nr. 09, Beilage Nr. 09, von EBB, vom Entwurf 11.05.2020 |
| | - Plan Situation + Schnitte Personenunterführung, Nr. 92-22.27-401, Beilage Nr. 21.1, von S&P vom 10.07.2020 |
| [13] | Baugrunduntersuchung, Bericht Nr. 318167-4, Wanner AG, 12.02.2020 |
| [14] | Schreiben BAV vom 21.04.2017 |
| [15] | Nutzungsvereinbarung |
| [16] | Projektbasis |

5 Unterschriften

Bauherrschaft

Aare Seeland mobil AG
Grubenstrasse 12
4900 Langenthal

Langenthal, 24. Juli 2020

Ort, Datum



Unterschrift

Ingenieur

Schmid & Pletscher AG
Ingenieure ETH/SIA/USIC
Hauptstrasse 66
2560 Nidau

Nidau, 24. Juli 2020

Ort, Datum



Unterschrift