



Kanton St.Gallen



Gemeinde Berneck



Gemeinde Au

Littenbach / Äächeli

Hochwasserschutzmassnahmen

Dossier 09 Brücken SBB

Technischer Bericht

Vorprüfung
31.10.2020

| | | | | | |
|---------------------------|--|---|-------------|---------------------------|--------------------|
| Ausfertigung für | | Projekt Nr. 2.043 | | Plan Nr. 09-001 | Beilage Nr. |
| Studie | Projektverfasser  IUB Engineering Belpstrasse 48, PF, CH-3000 Bern 14 | Entw. | Gez. | Gepr. | Datum |
| Vorprojekt | | mag, esa | - | gmo | 31.10.2020 |
| Auflageprojekt | | | | | |
| Ausführungsprojekt | | | | | |
| Abschlussakten | | | | | |
| | | <small>I:\iub\projekt\200\200576000\32_bauprojekt\32-700_berichte\32-701_technischer_bericht\32-701-dossier_09-brücke_sbb\09-</small> | | | |
| | | Format | A4 | | |

Impressum

Auftraggeber

Projektgruppe HWS Littenbach-Äächeli
c/o Gemeinde Berneck
Rathausplatz 1
9442 Berneck

Auftragnehmer

IUB Engineering AG
Belpstrasse 48
3014 Bern

Erstellt: 31.10.2020 / Marco Giovani (mag)
31.10.2020 / Eva Sauter (esa)
31.10.2020 / Dr. Georg Möller (gmo)
Geprüft: 31.10.2020 / Dr. Georg Möller (gmo)
Freigegeben: Datum/Name

Auflistung der Änderungen

| Ver- sion | Datum | Änderungen | Erstellt | Geprüft | Freigege- ben |
|--------------|------------|-------------------------|----------|---------|------------------|
| V0.1 | 04.03.2020 | Entwurf | mag, esa | gmo | |
| V1.0 | 01.07.2020 | Bericht Vorprüfung | esa | gmo | |
| V1.1 | 31.10.2020 | Bericht Vorprüfung rev. | esa, gmo | gmo | |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 4 |
| 1.1 | Anlass und Auftrag | 4 |
| 1.2 | Abgrenzung | 4 |
| 1.2.1 | Gesamtprojekt..... | 4 |
| 1.2.2 | Brückenbauwerke..... | 4 |
| 1.2.3 | Werkleitungen | 5 |
| 1.3 | Grundlagen..... | 6 |
| 2 | Projektannahmen / Dimensionierung..... | 8 |
| 2.1 | Schutzziel | 8 |
| 2.2 | Dimensionierungsgrössen..... | 8 |
| 3 | Massnahmenplanung..... | 9 |
| 3.1 | Vorgesehene Nutzungsdauer und Einwirkungen | 9 |
| 3.2 | Einwirkungen | 9 |
| 3.2.1 | Eigenlasten | 9 |
| 3.2.2 | Einwirkungen aus dem Baugrund | 9 |
| 3.2.3 | Nutzlasten | 10 |
| 3.2.4 | Schneelasten | 12 |
| 3.2.5 | Windlast | 12 |
| 3.2.6 | Wasserdruck | 12 |
| 3.3 | Besondere Vorgaben der Bauherrschaft | 13 |
| 3.4 | Bedürfnisse des Betriebs und des Unterhalts | 14 |
| 3.4.1 | Betriebssicherheit..... | 14 |
| 3.4.2 | Unterhalt | 14 |
| 3.5 | Schutzziele und Sonderrisiken | 14 |
| 3.5.1 | Schutzziele..... | 14 |
| 3.5.2 | Akzeptierte Risiken..... | 14 |
| 3.6 | Statisches System und Bemessung | 15 |
| 3.6.1 | Unterbau | 15 |
| 3.6.2 | Oberbau | 16 |
| 3.6.3 | Bemessung | 16 |
| 3.6.4 | Tragfähigkeit des Bodens | 17 |
| 3.6.5 | Tragfähigkeit Bohrpfahl..... | 17 |
| 3.7 | Fischgängigkeit..... | 17 |
| 3.8 | Projektbeschreibung, allgemein | 18 |
| 3.8.1 | Baustoffeigenschaften und Materialkennwerte | 18 |
| 3.8.2 | Qualitätsanforderungen | 18 |
| 3.8.3 | Wasserhaltung und Baugrubensicherung..... | 19 |
| 3.8.4 | Provisorische Verkehrsführung und Signalisation..... | 19 |
| 3.9 | Projektbeschreibung, objektspezifisch | 19 |
| 3.9.1 | Brücke SBB Ächeli | 19 |
| 3.9.2 | Brücke SBB Littenbach..... | 23 |
| 4 | Bauablauf | 26 |
| 5 | Kostenvoranschlag..... | 27 |
| 6 | Anhang | 28 |
| 6.1 | Statische Berechnungen | 28 |

Planverzeichnis

| Plannr. Bauherr 2.043-xx.yyy | Plannr. IUB 200.57.6000.xx.yyy | Plantitel | Darstellung |
|------------------------------------|-----------------------------------|---|-------------------------------|
| Dossier 9 Brückenbau SBB | | Allgemein | |
| 2.043-09-006 | 200576000.33-09-006 | Littenbach / Äächeli Hochwasserschutzmassnahmen Übersicht Brückenbau SBB, Äächeli | 1:25'000 |
| Dossier 9 Brückenbau SBB | | Teilprojekte | |
| 2.043-09-007 | 200576000.33-09-007 | Littenbach / Äächeli Hochwasserschutzmassnahmen Durchlass SBB, Äächeli - Neubau Situation, Längsschnitt, Querschnitte, Details | 1:100 1:50 1:20 1:20 |
| 2.043-09-008 | 200576000.33-09-008 | Littenbach / Äächeli Hochwasserschutzmassnahmen Durchlass SBB, Littenbach - Anpassung Situation, Längsschnitt, Querschnitte, Details | 1:100 1:50 1:20 1:20 |

1 Einleitung

1.1 Anlass und Auftrag

Die Gemeinden Berneck und Au befinden sich im St. Galler Rheintal, linksufrig nahe des Bodensees. Die besondere Topographie mit einer ausgeprägten Talebene und den steilen Flanken führt zu einer, in Bezug auf etwaige Hochwasser, besonderen Situation. Die seitlichen Zuflüsse können aufgrund des heutigen Alpenrheins nicht in diesen entwässern und werden in eigens erstellten Vorflutern in Richtung Bodensee abgeführt. Die Neigungen der Fliessgewässer sind entsprechend sehr gering. Geringe Fliessgeschwindigkeiten und deutlicher Rückstau sind die Folge.

Vermehrt kam es in den vergangenen Jahren in den Gemeinden Berneck und Au SG zu Hochwasserereignissen. Es wurden grössere Schäden durch die Gewässer Littenbach und Ächeli verursacht. Diese ufern bereits bei einem ca. 30-jährlichen Hochwasser aus.

Ziel des Hochwasserschutzprojekts Littenbach-Ächeli ist es, durch eine Kombination von Gerinneausbau, Entlastung in ein anderes Einzugsgebiet und Rückhalt mit gedrosseltem Abfluss das Siedlungsgebiet von Berneck und Au zu schützen und grössere Hochwasserereignisse möglichst ohne signifikante Schäden zu bewältigen.

Integraler Bestandteil des Projektes sind Ersatzneubauten, Neubauten oder die Anpassung des Durchlassprofils mehrerer Brücken innerhalb des Projektperimeters, deren aktueller Zustand bzw. deren Dimensionen den Anforderungen des Projektes nicht genügen.

1.2 Abgrenzung

1.2.1 Gesamtprojekt

Das vorliegende Dossier "Brückenbau SBB" ist Teil der Gesamtplanung des Projektes "Hochwasserschutz Littenbach / Ächeli". Die Untersuchung der Ausgangslage sowie die Projektierung der Hochwasserschutzmassnahmen werden innerhalb des Technischen Berichts Wasserbau [22] dokumentiert. Für den Brückenbau relevante Kenngrössen werden im vorliegenden Bericht zusammengefasst. Für die ausführliche Dokumentation wird auf den Technischen Bericht Wasserbau [22] verwiesen.

1.2.2 Brückenbauwerke

In der folgenden Tabelle werden alle Brücken der SBB aufgezählt, welche im Rahmen der Hochwasserschutzmassnahmen abgebrochen, angepasst oder neu gebaut werden müssen.

Der Schwerpunkt des vorliegenden Berichtes liegt auf der Dimensionierung und dem Massnahmenbeschrieb der geplanten Neubauten. Die notwendigen Anpassungen werden ebenfalls im Kapitel 3 Massnahmenplanung beschrieben, auf die geplanten Abbrüche wird in diesem Rahmen nicht eingegangen.

Tabelle 1-1: Geplante Massnahmen Bauwerke Brückenbau SBB Projekt HWS Littenbach-Äächeli

| Brücke | Gewässer | Geplante Massnahmen | Nutzung | Kote Sohle bestehend* [m ü. M.] | Kote Sohle Projekt* [m ü. M.] | Massgebende UK Brücke [m ü. M.] | WSP* [m ü. M.] |
|---------------|------------|---------------------|-------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------|
| Durchlass SBB | Littenbach | Anpassung | Bahnverkehr | 399.12 | 399.12 | 402.45 | 402.04 |
| Durchlass SBB | Äächeli | Abbruch und Neubau | Bahnverkehr | 399.76 | 399.76 | 402.93 | 402.60 |

* Bezogen auf die Mittelachse der Brückenplatte

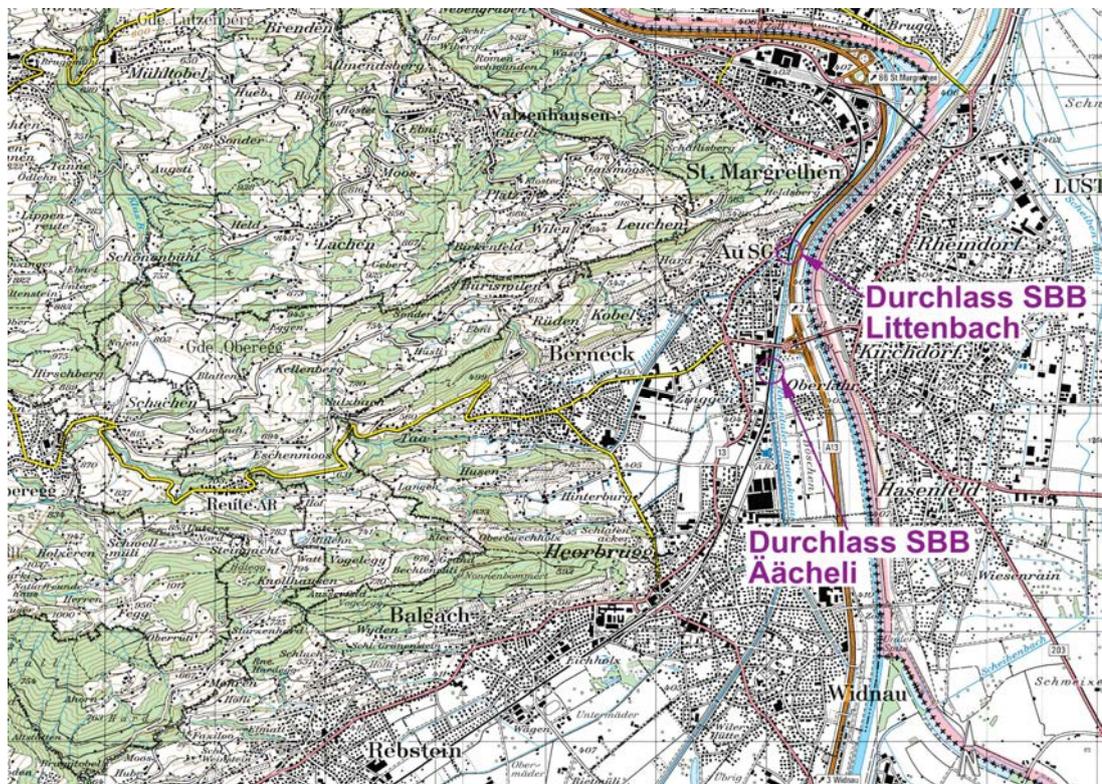


Abbildung 1-1: Lage der Brücken SBB im Projekt HWS Littenbach-Äächeli

1.2.3 Werkleitungen

Die Planung der Werkleitungen liegt in der Verantwortung von Dritten. Das weitere Vorgehen bezüglich Werkleitungen wird während der nächsten Projektphasen mit der Bauherrschaft und den Werkeigentümern abgeklärt.

1.3 Grundlagen

Dem vorliegenden technischen Bericht liegen folgende Dokumente zugrunde:

Normen, Richtlinien und Wegleitungen

- [1] SIA 197 (2004), Projektierung Tunnel - Grundlagen
- [2] SIA 260 (2013), Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
- [3] SIA 261 (2014), Einwirkungen auf Tragwerke
- [4] SIA 261/1 (2003); Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen
- [5] SIA 262 (2013), Betonbau
- [6] SIA 263 (2013), Stahlbau
- [7] SIA 267 (2013), Geotechnik
- [8] SIA 469 (1997), Erhaltung von Bauwerken
- [9] SN 640 886 (2001), Temporäre Signalisation auf Haupt- und Nebentrassen
- [10] Normen Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)
- [11] Richtlinie TBA R 2011.05 (2016), Baulicher Standard von Kantonsstrassen, Kanton St. Gallen, Baudepartement, Tiefbauamt
- [12] Richtlinie TBA R 2013.02 (2016), Anforderungen Betonbau, Kanton St. Gallen, Baudepartement, Tiefbauamt
- [13] Richtlinie TBA R 2016.04 (2016), Radverkehr (RRV), Kanton St. Gallen, Baudepartement, Tiefbauamt
- [14] Richtlinie TBA R 2016.03 (2016), Standardaufbauten Beläge, Kanton St. Gallen, Baudepartement, Tiefbauamt
- [15] Richtlinie TBA R 2016.01 (2016), Entwurfselemente ausserorts (REA), REA 01 Fahrbahnbreiten, Kanton St. Gallen, Baudepartement, Tiefbauamt
- [16] Richtlinie TBA R 2016.02 (2016), Entwurfselemente innerorts (REI), REI 01 Fahrbahnbreiten, Kanton St. Gallen, Baudepartement, Tiefbauamt
- [17] Schweizerische Fachstelle für behindertengerechtes Bauen, Richtlinien "Behindertengerechte Fusswegnetze", Strassen – Wege – Plätze, 2003
- [18] Bundesamt für Wasser und Geologie BWG, Hochwasserschutz an Fließgewässern, Wegleitung des BWG, 2001

Spezielle Normen, Richtlinien, Wegleitungen oder Grundlagen der SBB liegen nicht vor.

Projektspezifische Grundlagen

- [19] Bänziger Partner AG, wälli Ingenieure, Littenbach / Ächeli Hochwasserschutzmassnahmen, Technischer Bericht und Kostenschätzung, 06.06.2016
- [20] IUB Engineering AG, Littenbach / Ächeli Hochwasserschutzmassnahmen, Bauprojekt, Dossier 01 Wasserbau, Vereinbarung der Projektziele, Bericht Nr. 2.043-01-003, 31.10.2020
- [21] IUB Engineering AG, Littenbach / Ächeli Hochwasserschutzmassnahmen, Bauprojekt, Dossier 09 Brücken SBB, Nutzungsvereinbarung, Bericht Nr. 2.043-09-003, 31.10.2020
- [22] IUB Engineering AG, Littenbach / Ächeli Hochwasserschutzmassnahmen, Bauprojekt, Dossier 01 Wasserbau, Technischer Bericht, Bericht Nr. 2.043-01-001, 31.10.2020
- [23] Dr. von Moos AG, Littenbach / Ächeli Hochwasserschutzmassnahmen, Bauprojekt, Baugrunduntersuchung, Bericht vM-11938, 04.05.2018

- [24] Dr. von Moos AG, Littenbach / Äächeli Hochwasserschutzmassnahmen Entlastungsstollen Rosenberg, Bauprojekt, Baugrunduntersuchung, Bericht vM-11938-9, 13.07.2018
- [25] Dr. von Moos AG, Littenbach / Äächeli Hochwasserschutzmassnahmen Sedimentationsbecken, Bauprojekt, Baugrunduntersuchung, Bericht vM-11938-11, 04.10.2019
- [26] Dr. von Moos AG, Littenbach / Äächeli Hochwasserschutzmassnahmen SBB Brücke / Durchlass Äächeli, Bauprojekt, Baugrunduntersuchung, Bericht vM-11938-12, 04.12.2019
- [27] Dr. Bernasconi AG, Hochwasserschutz Littenbach-Äächeli, Hydrogeologischer Bericht, Erhebung Ausgangszustand Grundwasser, Bericht 2132-B01, 23.07.2020
- [28] HWS Littenbach – Äächeli, Umweltverträglichkeitsbericht Hauptuntersuchung, CSD Ingenieure AG, Entwurf vom 16.11.2019

2 Projektannahmen / Dimensionierung

2.1 Schutzziel

Das Schutzziel wurde unter Beachtung der Schutzzielmatrix [18] festgelegt. Der Littenbach und das Ächeli durchfliessen geschlossene Siedlungen, weshalb der Hochwasserschutz dem Schutzziel der Objektkategorie "geschlossene Siedlungen, Industrieanlagen" genügen muss. Entsprechend werden die Massnahmen so ausgelegt, dass die Siedlungsgebiete Au und Berneck bis zu einem 100-jährlichen Hochwasser vollständig geschützt sind. Das System ist gutmütig und die Retentionsflächen erlauben einen Rückhalt eines 300-jährlichen sowie eines Extremhochwassers.

2.2 Dimensionierungsgrössen

Die Festlegung der lichten Breite sowie der Unterkante der Brücke resultieren unter Beachtung des ermittelten Wasserspiegels im Falle des Dimensionierungsabflusses.

Tabelle 2-1: Dimensionierungsgrössen und Kriterien für die verschiedenen Gewässerabschnitte

| Gewässer | Abschnitt | Dimensionierungsgrösse |
|------------|---|--|
| Littenbach | Einmündung Kübach – Einmündung RBK | $Q_{Dim} = 38 \text{ m}^3/\text{s}$, RBK hoch |
| Ächeli | Drosselbauwerk Emseren – Einmündung RBK | $Q_{Dim} = 15 \text{ m}^3/\text{s}$, RBK hoch |

Die Dimensionierung des Brückenquerschnittes erfolgt aufgrund der mittels HEC-RAS (1D) berechneten Wasserspiegel und unter Einhaltung des erforderlichen Freibords sowie der Erfüllung des Verkläungsnachweises. Auf das Berechnungsverfahren sowie die Beurteilung des Freibords wird innerhalb des Technischen Berichtes Wasserbau [22] eingegangen.

Die Brückenneubauten haben folgende Kriterien zu erfüllen:

- Freibord $\geq 0.30 \text{ m}$
- Verkläungswahrscheinlichkeit $\leq 25 \%$

Die resultierenden Wasserspiegel sowie die minimal erforderliche Unterkante der Brückenplatte sind in Tabelle 1-1 aufgeführt.

3 Massnahmenplanung

3.1 Vorgesehene Nutzungsdauer und Einwirkungen

Für die Brücken SBB ist der Durchlass Äächeli als Neubau vorgesehen. Der Durchlass Littenbach genügt dem Hochwasserschutz, wird aber im Bereich der Sohle angepasst um die Fischgängigkeit zu gewährleisten.

Für Neubauten bzw. Ersatzneubauten Brücken SBB werden unter der Voraussetzung eines angemessenen Unterhalts im Sinne der Norm SIA 469 (Erhaltung von Bauwerken) [8] sowie der VSS-Normen [10] die Nutzungsdauern festgelegt. Für die Brücken SBB, welche eine genügende Abflusskapazität aufweisen, sind Sohlanpassungen als Anpassungen auf den Projektstand vorgesehen. Der Bestand wird dabei soweit als möglich erhalten. Für Bauteile, welche im Zuge der Querschnittsanpassung ersetzt werden müssen, werden ebenfalls unter Beachtung der oben genannten Normen die Nutzungsdauern festgelegt. Es gelten die folgenden Nutzungsdauern:

Tabelle 3-1: Nutzungsdauer Neubau bzw. Ersatzneubauten nach Bauteil bzw. Material

| Bauwerk, Massnahme | Bauteil / Material | Nutzungsdauer |
|--|--|---------------|
| Durchlass SBB Äächeli (Neubau) Durchlass SBB Littenbach (Anpassung) | Stahlbetonbauten, Tragkonstruktion, Rohbau | 80 Jahre |
| | Randborde | 50 Jahre |
| | Oberflächenschutz | 25 Jahre |
| | Abdichtungen | 25 Jahre |
| | Belag | 25 Jahre |
| | Geländer | 25 Jahre |

3.2 Einwirkungen

3.2.1 Eigenlasten

Die Eigenlasten werden den projektierten Bauteilen und gewählten Materialien wirkend angenommen.

3.2.2 Einwirkungen aus dem Baugrund

Der resultierende Erddruck aus dem Baugrund wurde gemäss abgeschätzten geotechnischen Kennwerten berücksichtigt.

3.2.3 Nutzlasten

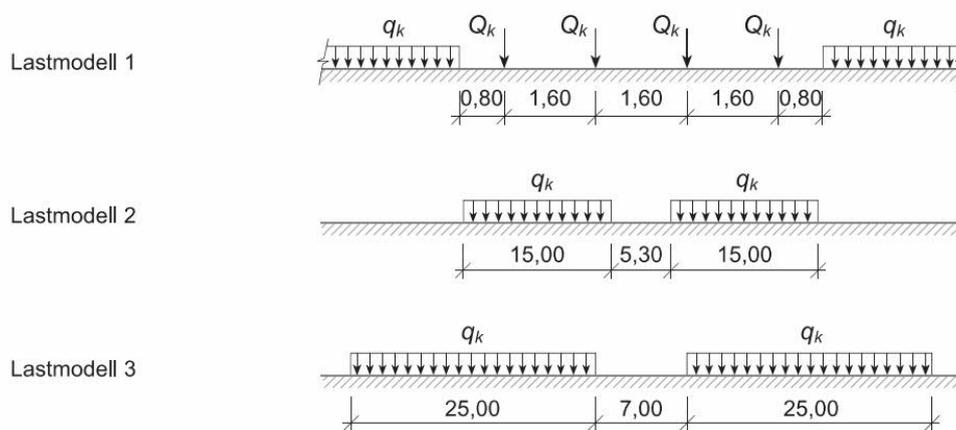
3.2.3.1 Normalspurverkehr gemäss SIA 261 (2014)

Lastmodelle und charakteristische Werte

Bahnverkehrslasten

Die Bahnverkehrslasten sind mit den drei in Figur 13 und Tabelle 13 dargestellten Lastmodellen zu berücksichtigen:

- Lastmodell 1 repräsentiert die statische Wirkung von normalem Bahnverkehr
- Lastmodell 2 repräsentiert die statische Wirkung von normalem Bahnverkehr auf durchlaufende Träger
- Lastmodell 3 repräsentiert die statische Wirkung von schwerem Bahnverkehr.



| Lastmodell | Q_k [kN] | q_k [kN/m] |
|------------|------------|--------------|
| 1 | 250 | 80 |
| 2 | – | 133 |
| 3 | – | 150 |

Abbildung 3-1: Lastmodelle für Normalspurverkehr (Auszüge aus [3])

Anfahr- und Bremskräfte

Anfahr- und Bremskräfte wirken in der Gleisachse auf der Höhe der Fahrebene und sind als über die Länge l , auf der die Bahnverkehrslasten wirken, gleichmässig verteilt anzunehmen.

Die charakteristischen Werte QA_k und QB_k der Anfahr- und Bremskräfte sind mithilfe von Tabelle 14 zu bestimmen. Die Werte gelten für Tragwerke mit allen Oberbau- und Gleisarten, z. B. Langschienen oder verlaschte Schienen mit und ohne Dilatationsvorrichtung. Bei Sonderkonstruktionen, wie Schiebebhühen und beweglichen Brücken, sind die Werte um 25% zu erhöhen.

Tabelle 14: Charakteristische Werte der Anfahr- und Bremskräfte für Normalspur (Länge l in m)

| Lastmodell | QA_k [kN] | QB_k [kN] |
|------------|-----------------|-----------------|
| 1 | $33l \leq 1000$ | $20l \leq 6000$ |
| 2 | $33l \leq 1000$ | $20l$ |
| 3 | $33l \leq 1000$ | $35l$ |

Für Tragwerke mit einer Länge l über 300 m sind die charakteristischen Werte der Bremskräfte in Absprache mit der Aufsichtsbehörde festzulegen und in der Nutzungsvereinbarung sowie in der Projektbasis festzuhalten.

Abbildung 3-2: Anfahr- und Bremskräfte (Auszug aus [3])

3.2.3.2 Nicht motorisierter Verkehr gemäss SIA 261 (2014)

Allgemeines

Die nachfolgenden Bestimmungen gelten für veränderliche Einwirkungen infolge der normalen Nutzung von Bauwerken für nicht motorisierten Verkehr sowie für aussergewöhnliche Einwirkungen, wie beispielsweise unvorhergesehenes Befahren mit schweren Fahrzeugen.

Zu den Bauwerken für nicht motorisierten Verkehr gehören:

- Fuss- und Radwegbrücken
- Perronbrücken
- Landungsanlagen
- Gehwege von Strassenbrücken
- Dienststege.

Für Gehwege von Strassenbrücken, die nicht durch eine feste Abschrankung von der Strassenverkehrsfläche abgetrennt sind, gelten die Bestimmungen des Kapitels 10.

Für die Kräfte auf Abschrankungen gelten die Bestimmungen des Kapitels 13.

Charakteristische Werte

Die Einwirkungen infolge normaler Nutzung sind mit zwei voneinander unabhängigen, nicht gleichzeitig wirkenden Lastmodellen in Rechnung zu stellen.

Das Lastmodell 1 berücksichtigt ein Menschengedränge auf dem Bauwerk. Es wird durch eine gleichmässig verteilte Belastung mit einem charakteristischen Wert von $q_k = 4 \text{ kN/m}^2$ repräsentiert. Diese ist in ungünstigster Stellung wirkend anzunehmen.

Das Lastmodell 2 erfasst die lokalen Beanspruchungen infolge von leichten Unterhaltsfahrzeugen. Es wird durch eine Einzellast mit einem charakteristischen Wert von $Q_k = 10 \text{ kN}$ repräsentiert. Diese ist auf einer quadratischen oder kreisförmigen Aufstandsfläche von 0,10 m Seitenlänge bzw. von 0,11 m Durchmesser wirkend anzunehmen.

Auf Dienststegen können gegenüber Lastmodell 1 und 2 reduzierte Lasten angenommen werden. Die Reduktion ist projektspezifisch festzulegen und in der Nutzungsvereinbarung sowie in der Projektbasis festzuhalten. Im Allgemeinen sind Mindestwerte von $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$ sowie $Q_k = 2 \text{ kN}$ einzuhalten.

Bei schweren Unterhaltsfahrzeugen sind der charakteristische Wert der Einzellast Q_k und deren Aufstandsfläche projektspezifisch festzulegen und in der Nutzungsvereinbarung sowie in der Projektbasis festzuhalten.

Zusammen mit der Verkehrslast aus normaler Nutzung ist eine in Fahrbahnachse und auf der Höhe der Fahrbahn wirkende Horizontalkraft Q_{hk} zu berücksichtigen. Q_{hk} beträgt entweder 10% der Summe der gleichmässig verteilten Last q_k oder 60% der Einzellast Q_k .

3.2.4 Schneelasten

Die Schneelasten werden gemäss SIA 261 angesetzt. Die massgebende Meereshöhe der Brücken SBB liegt zwischen 400 m ü. M. und 410 m ü. M. Es wird dementsprechend eine massgebende Meereshöhe von 405 m ü. M. angenommen. Dies ergibt eine Einwirkung von:

$$q_{s,k} = 1.5 \text{ kN/m}^2$$

Schneelasten werden für das vorliegende Bauwerk als nicht massgebend betrachtet und nicht weiter untersucht.

3.2.5 Windlast

Die Windlast wird als nicht massgebend betrachtet und somit nicht weiter berücksichtigt.

3.2.6 Wasserdruck

Wasserdruck und Staudruck werden nicht berücksichtigt, da die Verklausungswahrscheinlichkeit $< 25 \%$ beträgt.

3.3 Besondere Vorgaben der Bauherrschaft

Der Betrieb der Bahnstrecke soll während der Bauphase aufrechterhalten werden. Für den Bau des Durchlasses ist eine Hilfsbrücke angedacht, welche den einspurigen Bahnverkehr sicherstellen kann. Hierzu gibt es Hilfsbrücken von der SBB in den entsprechenden Dimensionen. Abbildung 3-3 zeigt ein Beispiel (allerdings zweigleisig), bei dem mittels Hilfsbrücke die Gleise aufgefangen wurden und die Gründung/Fundation darunter unabhängig erstellt werden konnte.

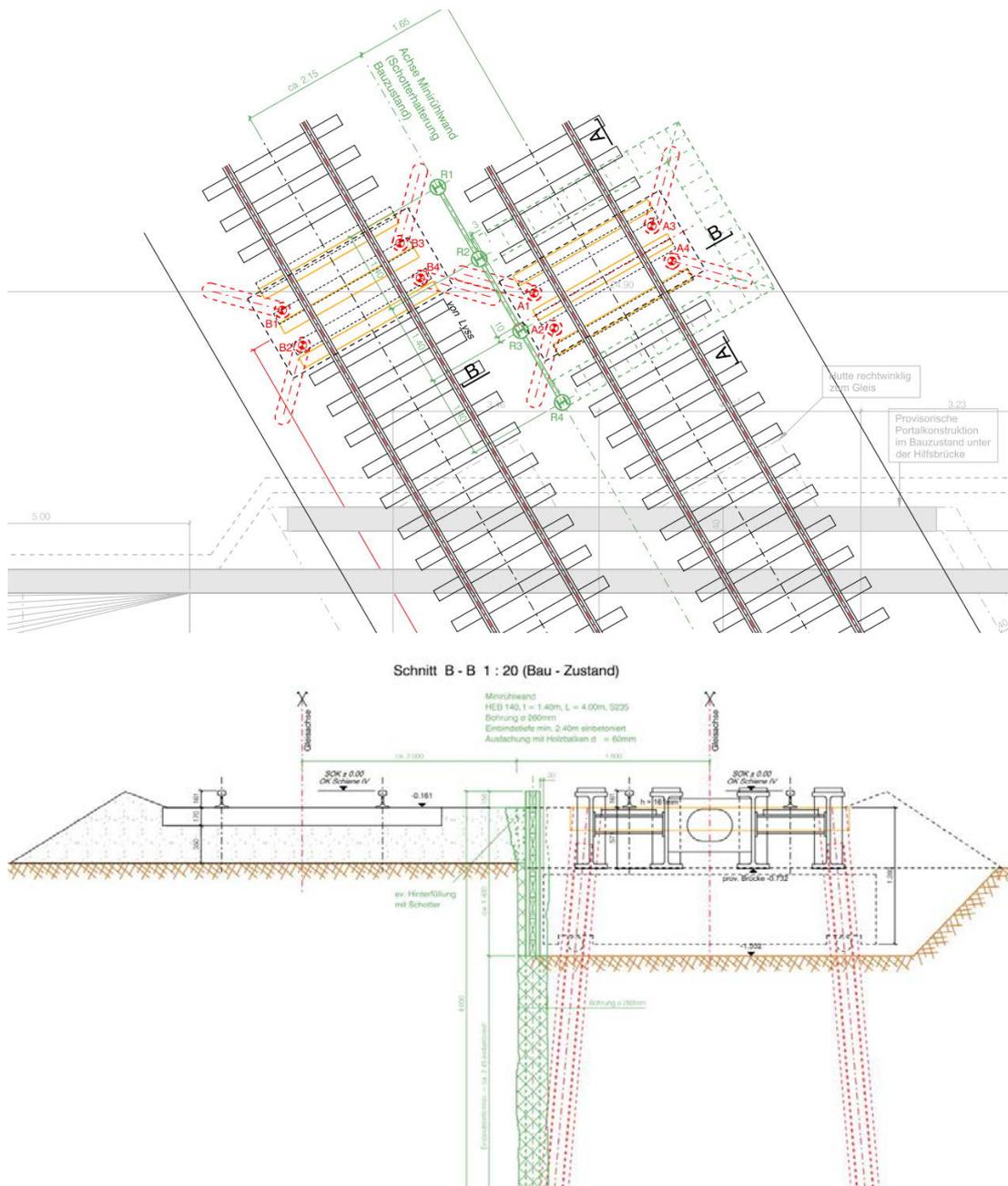


Abbildung 3-3: Mögliche Hilfsbrücke am Beispiel des Umleitstollens Lyssbach, Hochwasserschutz Lyss

Je nach Bauablauf ist vertieft abzuklären ob allenfalls temporäre Sperrungen (stundenweise, evtl. in der Nacht) zulässig sind.

3.4 Bedürfnisse des Betriebs und des Unterhalts

3.4.1 Betriebssicherheit

Der neue Durchlass SBB Äscheli befindet sich im Betriebsbereich der SBB. Die Sicherheitsvorschriften der SBB sind deshalb zwingend einzuhalten.

An die Betriebssicherheit der Brücken und Stege werden hohe Anforderungen gestellt. Dazu werden die gängigen Normen der SIA und der VSS sowie die Empfehlungen der Beratungsstelle für Unfallverhütung (bfu) berücksichtigt.

Hinsichtlich elektrischen Strömen muss ein entsprechendes Erdungskonzept erstellt werden. Für dieses ist gesondert ein Elektroplaner zu beauftragen, der sich mit den Fachdiensten SBB Strom abspricht.

3.4.2 Unterhalt

Alle Bauteile sind so zu konzipieren, dass der Aufwand für Wartung und Unterhalt (inkl. Reinigung) minimal ist. Teile mit geringer Haltbarkeit (z.B. Dichtungen, Lager, etc.) müssen gut erreichbar und leicht austauschbar sein.

Voraussetzung ist eine periodische Durchführung von Unterhaltsarbeiten im Sinne der Norm SIA 469.

3.5 Schutzziele und Sonderrisiken

3.5.1 Schutzziele

Die Gemeinden Berneck und Au befinden sich nach SIA 261 in der Erdbebengefährdungszone Z2. Während der Bauphase wird das Auftreten eines Erdbebens als Gefährdungsbild akzeptiert. Im Endzustand ist der Durchlass so zu bemessen, dass ein Versagen infolge Erdbebeneinwirkung ausgeschlossen werden kann. Folgeschäden wie Risse, Verformungen werden akzeptiert. Nach einem Erdbebenereignis wird empfohlen, die Brücken temporär sperren zu lassen und diese durch Fachleute beurteilen zu lassen. Anschliessend sind allfällige nötige Instandhaltungsarbeiten auszuführen um die auftretenden Schadensbilder wieder zu beheben.

Die entsprechenden Gefahren hinsichtlich Hochwasser wurden in den hydraulischen Berechnungen behandelt bzw. der Durchlass entsprechend darauf bemessen. Es sind keine weiteren allgemeinen Einwirkungen von Naturgefahren zu befürchten (Lawinen, Stein- und Eisschlag, Rutschungen, Murgänge, Hangmuren etc.).

Die Brücke Unterhaltsweg ist beidseitig mit einem Geländer als Absturzsicherung ausgebildet. Die Sichtverhältnisse dürfen durch das Geländer nicht eingeschränkt werden.

3.5.2 Akzeptierte Risiken

Folgende Risiken werden vom Bauherrn akzeptiert:

- Hochwasser, welche das Schutzziel des Projektes überschreiten
- Sonderrisiken, wie militärische Einwirkungen oder zivile Katastrophenereignisse
- Brand auf der Brücke oder in deren unmittelbaren Umgebung
- Unfälle (Explosionen, Anprall, etc.)
- Vandalismus

3.6.1.2.2 Brücke Unterhaltsweg

Die Widerlager werden monolithisch mit den Fundamenten und der Brücke Unterhaltsweg verbunden. Die Höhe der Widerlager ist im Bereich der Brücke Unterhaltsweg 4.31 m.

3.6.2 Oberbau

Der Überbau des Durchlasses besteht aus einer Trogbrücke für den Bahnverkehr sowie einer Brückenplatte für den Fahrrad- und Fussgängerverkehr. Beide Bauteile werden in Ortbeton erstellt, für die Trogbrücke ist allenfalls eine Vorfabrikation möglich. Weitere Angaben zur Geometrie sind unter Kapitel 3.9.1.3 zu finden.

Die Trogbrücke wird mit Schotter gefüllt, der Oberbau erfolgt gemäss den Weisungen der SBB. Auf der Brücke Unterhaltsweg erfolgt kein Belagsaufbau, sondern in Ortbeton mit Besenstrich.

3.6.3 Bemessung

Die Ersatz-Neubau des Durchlasses SBB Äscheli wurde in einem ersten Schritt mithilfe der Software CEDRUS-8 (Berechnung und Bemessung von Stahlbetonplatten nach der FE-Methode), STATIK-8 (Berechnung von ebenen und räumlichen Stabtragwerken nach Theorie 1. und 2. Ordnung) und FAGUS-8 (Querschnittsanalyse: Analysen an Stahlbeton-, Spannbeton- und Verbundquerschnitten, dünnwandige Querschnitte, schiefe Biegung) vorbemessen. Für die Trogbrücke wird vereinfachend eine Brückenplatte mit Dimensionen 6.00 m x 4.50 m angenommen, für die Brücke Unterhaltsweg eine Brückenplatte mit Dimensionen 6.00 m x 3.00 m.

Die Mächtigkeit der Trogbrücke wird auf 50 cm vorbemessen, diejenige der Brücke Unterhaltsweg mit 30 cm. Die Widerlagerwände sind monolithisch modelliert. Die Widerlagerwände werden mit einer Stärke von 50 cm ausgebildet.

Die Einwirkungen werden dabei wie in Kapitel 3.2 beschrieben angesetzt und der Lastfall Normalspurbahnverkehr (Lastmodell 1) resp. nicht motorisierter Verkehr wird als massgebender Lastfall für die Trogbrücke resp. Brücke Unterhaltsweg angenommen. Im Falle der Trogbrücke liegen zurzeit keine Vorgaben seitens der SBB vor. Diese gilt es zu definieren und in der nächsten Phase in der Bemessung zu berücksichtigen.

Mit CEDRUS-8 werden zunächst die massgebenden Bewehrungsmomente der verschiedenen Bewehrungslagen bestimmt. Aufgrund der erhaltenen Resultate kann davon ausgegangen werden, dass die Trogbrücke mit gängigen Armierungs-Durchmessern bewehrt werden kann. Ausgehend von einer 150 mm-Teilung ist durchgehend eine Armierung mit Durchmessern bis 26 mm vorzusehen. Für die Brücke Unterhaltsweg ergibt sich gemäss Resultaten eine 150 mm Teilung mit Durchmesser 12 mm. In der unteren Lage in x-Richtung (1. Lage) ist in Feldmitte eine Erhöhung des Bewehrungsdurchmessers auf 14 mm resp. 16 mm vorzusehen. Die graphische Darstellung der Resultate ist im Anhang ersichtlich.

Betreffend Querkraften zeigen die entsprechenden Berechnungen, dass die gewählte Bewehrung der Brücke SBB hinsichtlich auftretenden Querkraften nicht ausreichend ist. Es ist eine zusätzliche Querkraftbewehrung vorzusehen, wobei ein Durchmesser von 8 mm resp. 10 mm als ausreichend bewertet wird. Für die Brücke Unterhaltsweg ist dagegen keine zusätzliche Querkraftbewehrung notwendig.

Mit der Software STATIK 8 wurde anschliessend ein entsprechendes Stabmodell erstellt, wobei die Trogbrücke und die Brücke Unterhaltsweg als Rahmentragwerk modelliert wurde. Die Einwirkungen wurden erneut wie in Kapitel 3.2 definiert angesetzt. Die Resultate der Modellierung mit STATIK-8 bestätigen die Resultate der entsprechenden Berechnung eines Plattenmodells mit CEDRUS-8. Die gewählten Armierungen werden deshalb als plausibel bewertet.

Ausgehend von der vorgeschlagenen Ausbildung der Armierung wurde anschliessend der Querschnitt der Brückenplatten mit FAGUS-8 überprüft, einmal im Feld und einmal im Rand-

bereich. Zur Überprüfung der Querschnitte wurden die Resultate der Berechnungen mit STATIK-8 herangezogen. Die resultierenden N-M-Interaktionsdiagramme zeigen, dass die entsprechenden Querschnittsnachweise erbracht werden können.

3.6.4 Tragfähigkeit des Bodens

In einem nächsten Schritt wurde die Tragfähigkeit des anstehenden Bodens überprüft. Es wurde die allgemeine Tragfähigkeitsformel und die abgeschätzten Bodenkennwerte gemäss geologischem Bericht verwendet:

$$\sigma_f = cN_c + (\gamma t + q)N_q + \frac{1}{2} b\gamma N_\gamma$$

Die Tragfähigkeitsfaktoren werden wie folgt bestimmt:

$$N_c = (N_q - 1) \frac{1}{\tan(\varphi)}$$

$$N_q = e^{\pi \tan(\varphi)} (\tan(45^\circ + \frac{1}{2} \varphi))^2$$

$$N_\varphi \approx 1.8(N_q - 1) \tan \varphi$$

Der Berechnung werden folgende Annahmen zugrunde gelegt:

- Das Brückenfundament wird in Rheinschotter fundiert (entsprechende Bodenkennwerte)
- Allfällige Einbindung wird vernachlässigt
- Fundamentabmessungen 25.00 m x 1.50 m
- Sicherheitsfaktor 2.0

Es ergibt sich eine Traglast von rund 24'000 kN was nach Vergleich mit den entsprechenden Resultaten der STATIK-8-Berechnungen als ausreichend bewertet wird.

Wird eine Brücke nicht im Rheinschotter fundiert, so ist die Tragfähigkeit des Bodens mit den entsprechenden angepassten Kennwerten erneut zu überprüfen. Alternativ muss lokal ein entsprechender Materialersatz durchgeführt werden.

3.6.5 Tragfähigkeit Bohrpfahl

3.7 Fischgängigkeit

Für die Durchlässe SBB Littenbach und Ächeli ist im heutigen Zustand die Fischgängigkeit nicht gewährleistet. Für Niederwasserabfluss im Rheintaler Binnenkanal ist die Absturzhöhe vor Einmündung in den Rheintaler Binnenkanal zu hoch, um von Fischen überwunden zu werden. Gemäss [28] wurden in den betrachteten Gewässern hauptsächlich Forellen beobachtet. Für die Fischgängigkeit von Forellen sind maximale Absturzhöhen von 15-20 cm einzuhalten. Der vorhandene Höhenunterschied wird in beiden Durchlässen mittels Pendelrampen überwunden. Die Massnahmen werden im Kapitel 3.9 für die jeweiligen Brücken beschrieben.

3.8 Projektbeschreibung, allgemein

3.8.1 Baustoffeigenschaften und Materialkennwerte

Die voraussichtlich eingesetzten Materialien weisen folgende Charakteristiken auf:

- Beton: SG 1 Beton gemäss SN EN 206:3013
C30/37, XD3 (CH), XF1 (CH)
 $D_{max} = 32$, CI 0.10, C3
CEM I oder CEM II
 $w/z = 0.43 (\pm 0.02)$
ohne künstlich zugeführte Luftporen
 $f_{cd} = 20.0 \text{ N/mm}^2$, $\tau_{cd} = 1.1 \text{ N/mm}^2$
 $f_{ctm} = 2.9 \text{ N/mm}^2$, $E_{cm} = 33.6 \text{ kN/mm}^2$
- Bewehrungsstahl: B500B $f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$
 $k_s = 1.08$
 $\epsilon_{ud} = 4.5 \%$
- Spannstahl: T15S $A_p = 150 \text{ mm}^2$
 $f_{pk} = 1860 \text{ N/mm}^2$, $f_{p0,1k} = 1600 \text{ N/mm}^2$
 $E_p = 195 \text{ kN/mm}^2$
- Baustahl: S235 $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$, $\tau_y = 135 \text{ N/mm}^2$
 $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$ (für Dicke $t \leq 40 \text{ mm}$)
 $\rho_a = 7850 \text{ kg/m}^3$
 $E = 210 \text{ kN/mm}^2$
 $G = 81 \text{ kN/mm}^2$
 $\nu = 0.3$

3.8.2 Qualitätsanforderungen

3.8.2.1 Stahlbeton

Es sind generell keine klaffenden Risse in den Bodenplatten, Wänden und Decken zugelassen (Vermeiden von grösseren Wasserzutritten, verbesserter Korrosionsschutz der Bewehrung, robuste Tragkonstruktion etc.).

Die Bauteile werden auf erhöhte Anforderungen bemessen (Minimalbewehrung, Rissbreitenbeschränkung auf ca. 0.3-0.4 mm), Konsolköpfe auf hohe Anforderungen.

In Anlehnung an SIA 197 8.6.2 [1] wird die Dichtigkeitsklasse 3: "Feucht bis nass, einzelne Feuchtstellen zugelassen" definiert. Die Bauwerksdecken werden mit einer PBD Abdichtung geschützt.

Es ist vorgesehen, alle Flächen mit Schalungstyp 2 (Betonoberfläche mit einheitlicher Struktur) auszuführen.

Die zugelassenen Toleranzen orientieren sich an der Norm gemäss [5], es sind keine erhöhten Anforderungen vorgesehen.

3.8.3 Wasserhaltung und Baugrubensicherung

Der Durchlass SBB Äächeli liegt an der Schnittstelle des Äächeli mit dem Rheintaler Binnenkanal. Während der Bauphase ist vorgesehen, das Äächeli oberhalb des Durchlasses zu fassen und an der Baustelle bzw. dem Bauwerk vorbeizuleiten. Am einfachsten sind hierfür entsprechende Rohre (Stahl, Kunststoff o. glw.) zu verlegen und Erddämme als Abschottung zu verwenden. Die gefasste Wassermenge wird direkt unterhalb des Äächelis dem Rheintaler Binnenkanal zugeführt. Die temporären Massnahmen zur Fassung und Durchleitung werden auf ein ein HQ₂₀ des betroffenen Gewässers ausgelegt.

Im Zuge der geologischen Untersuchungen (siehe hierzu [23], [26]) konnte zudem festgestellt werden, dass die Foundation des projektierten Durchlasses im Grundwasser zu liegen kommt. Damit auf eine Grundwasserabsenkung während des Brückenbaus verzichtet werden kann, ist eine Pfahlfoundation vorgesehen.

Im Hinblick auf den Gewässerschutz sind vor allem Betonierarbeiten für Fundamente / Widerlager als kritisch einzustufen. Hier ist mit geeignetem Mitteleinsatz zu verhindern, dass beim Betonieren eingesetzte Materialien mit dem Gewässer in Kontakt kommen. Während den Betonierarbeiten anfallendes Wasser ist mittels einer entsprechenden Neutralisationsanlage in die Kanalisation einzuleiten und darf nicht dem natürlichen Gewässer zugeführt werden.

Die Baugrube für die Brückenerstellung mit Pfahlfoundation soll mit einer natürlichen Böschung von ca. 1:1 realisiert werden, wobei die Sohle der Baugrube oberhalb des Grundwasserspiegels liegt. Auf Seite Rheintaler Binnenkanal wird die Baugrube mit Spundwänden abgeschlossen, um einen Wassereintritt durch diesen zu verhindern.

3.8.4 Provisorische Verkehrsführung und Signalisation

Während der Bauzeit hat die Aufrechterhaltung des Bahnverkehrs über den Durchlass oberste Priorität und wird durch eine entsprechende Hilfsbrücke sichergestellt (siehe Kapitel 3.3). Für bestimmte Bauphasen (Abbruch Durchlass, Installation Hilfsbrücke etc.) kann es temporär zu einer Sperrung der Strecke und somit zu einem Unterbruch des Bahnverkehrs kommen. Allfällige Sperrungen und Unterbrüche sind grundsätzlich auf ein Minimum und ggf. auf Randzeiten zu beschränken.

Der Projektperimeter wird für die Dauer der Bauarbeiten für den Unterhalt gesperrt. Es wird angestrebt die rund 50 m unterhalb gelegene Unterführung Wieslistrasse sowie die rund 20 m unterhalb gelegene Brücke während der Bauphase in Betrieb zu halten.

Die provisorische Verkehrsführung ist abhängig von den massgebenden Randbedingungen, wie Schulwege, Buslinie, Transportrouten für Lastwagen etc. Diese Randbedingungen sind durch die Gemeinde festzulegen. Die provisorische Verkehrsführung, und damit verknüpft das Bauprogramm, sind entsprechend zu planen.

3.9 Projektbeschreibung, objektspezifisch

3.9.1 Brücke SBB Äächeli

3.9.1.1 Ausgangslage und Grundlagen

Im aktuellen Bestand quert der Durchlass SBB Äächeli die Bahnlinie St. Gallen-Sargans auf dem Gebiet der Gemeinde Au SG. Gleich im Unterwasser des Durchlasses mündet das Äächeli in den Rheintaler Binnenkanal. Aufgrund der ungenügenden hydraulischen Kapazität hinsichtlich der angestrebten Schutzziele, sowie des Alters ist vorgesehen den bestehenden Durchlass abzubauen und am selben Ort durch einen entsprechenden Neubau zu ersetzen. Die Linienführung wird dabei beibehalten und orientiert sich am Bestand.

Gemäss dem geologischen Bericht der von Moos AG und der dazugehörigen Rammsondierung R26/R27 liegen folgende Verhältnisse vor:

- OK Terrain (Sondierungsstelle) 404.51 m ü. M.
- Künstliche Aufschüttung (Damm) Bis ca. -2.00 m
- Verlandungs- und Überschwemmungssedimente Bis ca. -3.50 m
- Rheinschotter Bis ca. -10.00 m
- Seeablagerungen Bis ca. -15.00 m
- Länge der Rammsondierung 15.00 m
- Grundwasserspiegel (gemessen am 23.02.2018) -2.00 m

3.9.1.2 Horizontale und vertikale Linienführung

Der Durchlass SBB Ächeli wird im Endzustand am selben Standort zu liegen kommen wie der bestehende und somit weiterhin den Bahnverkehr zwischen St. Gallen und Sargans sicherstellen. Die Brücke der Bahnlinie wird als Trogbrücke ausgebildet. Die Trogbrücke ist monolithisch mit den Widerlagern verbunden. Die daneben parallel verlaufende Brücke Unterhaltsweg wird als einfache Brückenplatte mit Geländer ausgebildet, welche monolithisch mit den Widerlagern verbunden ist. Die Brücke SBB weist eine max. OK von 403.89 m ü. M. und ein Dachgefälle von 3 % quer zur Fliessrichtung auf, um die Entwässerung des Trogs zu ermöglichen. Die Brücke Unterhaltsweg weist eine max. OK von 405.00 m ü. M. und ein Dachgefälle von 3 % parallel zur Fliessrichtung auf.

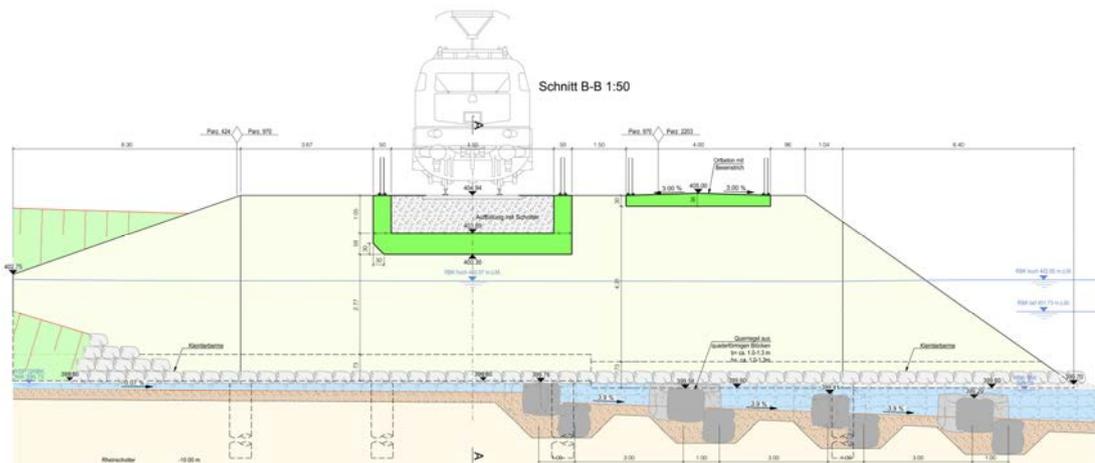
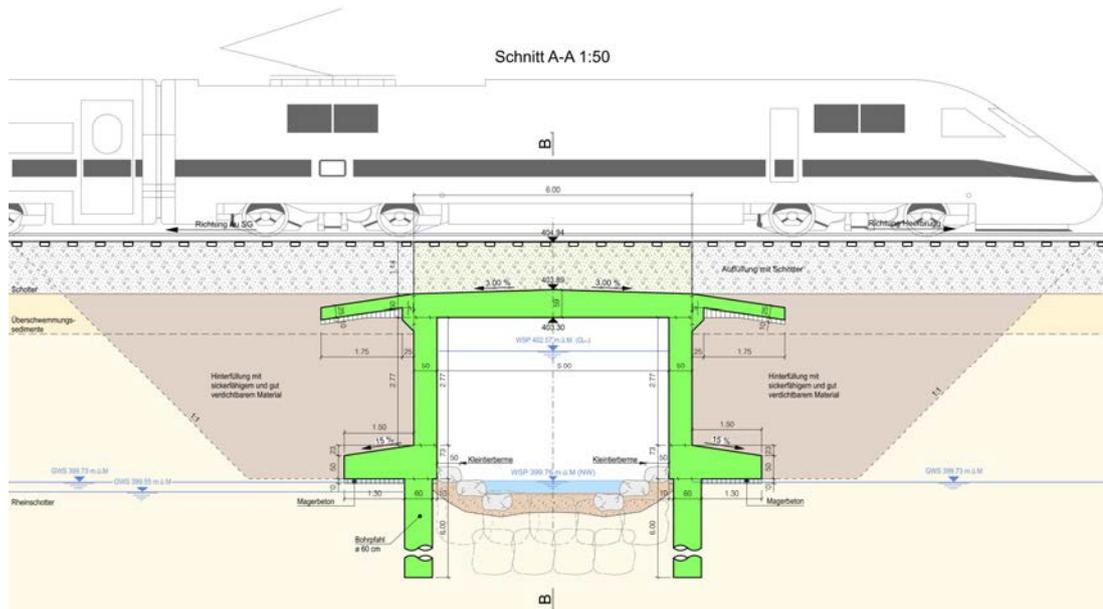


Abbildung 3-5: Vertikale Linienführung Durchlass SBB Ächeli (oben: quer zur Fließrichtung, unten: parallel zur Fließrichtung)



Abbildung 3-7: Pendelrampe am Durchlass SBB, Äächeli

3.9.2 Brücke SBB Littenbach

3.9.2.1 Ausgangslage und Grundlagen

Im aktuellen Bestand quert der Durchlass SBB Littenbach die Bahnlinie St. Gallen-Sargans auf dem Gebiet der Gemeinde Au SG. Gleich im Unterwasser des Durchlasses mündet der Littenbach in den Rheinthalter Binnenkanal. Die hydraulische Kapazität ist ausreichend. In Bezug auf die Fischgängigkeit ist der Durchlass allerdings ungenügend, weshalb die Sohle mit entsprechenden Massnahmen anzupassen ist.

Gemäss dem geologischen Bericht der von Moos AG [23] und der dazugehörigen Rammsondierung R23 liegen folgende Verhältnisse vor:

- | | |
|---|-----------------|
| • OK Terrain (Sondierungsstelle) | 404.10 m ü. M. |
| • Verlandungs- und Überschwemmungssedimente | Bis ca. –4.00 m |
| • Delta- und Bachablagerungen | Ab ca. –4.00 m |
| • Länge der Rammsondierung | 15.2 m |
| • Grundwasserspiegel (gemessen am 22.02.2018) | –3.94 m |

3.9.2.2 Horizontale und vertikale Linienführung

Die horizontale und vertikale Linienführung der Brücke bleibt grösstenteils unverändert. Die Sohlenbildende Betonplatte innerhalb des Brückenquerschnittes, oberstrom des Absturzes und Beckens, wird teilweise aufgebrochen, um die Bildung einer Niederwasserrinne auf natürlicher Sohle zu ermöglichen. Die Massnahmen an der Sohle werden im Abschnitt 3.9.2.4 beschrieben. Zusätzlich wird der gewölbte Abschnitt im Oberwasser des Durchlasses abgebrochen. Die abgebrochenen Durchlasswände werden durch Stützmauern ersetzt (s. Abbildung 3-8, Abbildung 3-9).

3.9.2.3 Geometrie

Das Normalprofil des Durchlasses bleibt, ausgenommen von der Sohle, unverändert. Die Massnahmen an der Sohle werden im Abschnitt 3.9.2.4 beschrieben.

3.9.2.4 Fischgängigkeit

Um die Fischgängigkeit des Durchlasses zu gewährleisten werden folgende Massnahmen ergriffen:

- Oberhalb des Absturzes (zwischen SBB-Brücke und Brücke Unterhaltsweg) wird die bestehende Betonplatte teilweise aufgebrochen, um die Bildung einer Niederwasserrinne zu ermöglichen. Die aufgeschnittene Betonplatte wird beidseitig mit Natursteinen vor Unterspülung geschützt (Abbildung 3-10 links). Zusätzlich werden einzelne grössere Naturblocksteine entlang der Aussenseiten der Niederwasserrinne angeordnet, um einen pendelnden Strömungsstrich zu induzieren und die Strömungsvielfalt zu vergrössern (Abbildung 3-8).
- Im Absturzriegel wird mittig ein Trapezprofil mit einer Höhe von 25 cm ausgefräst, um die Kontinuität der Niederwasserrinne zu ermöglichen (Abbildung 3-9).
- Innerhalb des Betonbeckens im Mündungsbereich werden zwei Riegel aus Naturblocksteinen angeordnet. Die Blocksteine werden mit Schrauben auf der bestehenden Betonplatte befestigt (Abbildung 3-9, Abbildung 3-10 rechts). Die Absturzhöhen sind ca. 15 cm hoch. Die Steine innerhalb eines Riegels weisen unterschiedliche Höhen auf, und durch die gegensätzliche Anordnung der Riegel wird eine Pendelbewegung induziert.
- Im Riegel am Durchlass-Ende wird mittig ein Trapezprofil von 30 cm Höhe ausgefräst, um den Durchgang zu gewährleisten (Abbildung 3-9).

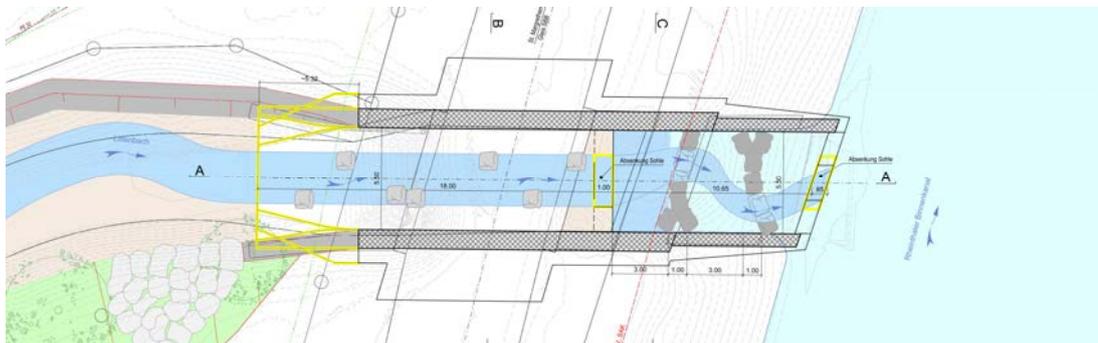


Abbildung 3-8: Sohlstrukturen innerhalb des Durchlasses SBB, Littenbach

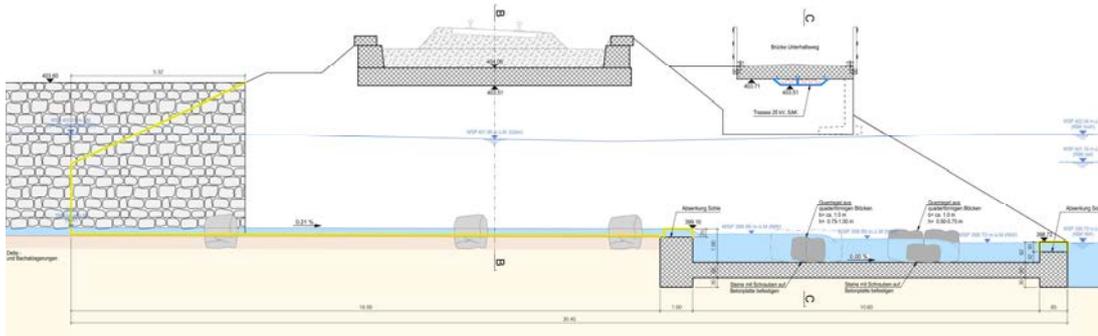


Abbildung 3-9: Sohlverlauf innerhalb des Durchlasses SBB, Littenbach

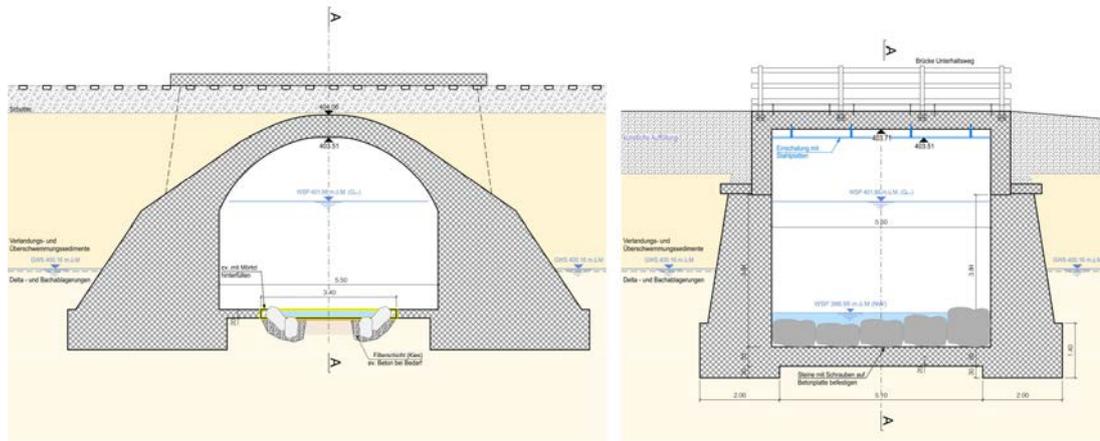


Abbildung 3-10: Sohlgestaltung innerhalb des Durchlasses SBB, Littenbach (links: oberhalb des Absturzes, rechts: unterhalb des Absturzes)

4 Bauablauf

Für die Erstellung des Durchlasses SBB Äscheli wird grob folgender Bauablauf angedacht:

- Erstellen Installationen, Sicherstellung Zugang Baustellenperimeter inkl. Erstellung prov. Verkehrsführung
- Dammschüttung, Fassen und temporäre Durchleitung Äscheli (Baumleitung)
- Erstellung temporäre Hilfsbrücke
- Erstellen Baugrube respektive Böschungen
- Abbrucharbeiten und Abführen Material
- Vorbereitung Arbeitsplanum
- Erstellung der Bohrpfähle
- Erstellung der Kopfbalken Bohrpfähle bzw. Träger für Flachfundation
- Erstellung der Widerlager
- Erstellung Trogbrücke SBB in Ortbeton, ggf. Prüfung Montage als vofabriziertes Bauteil mittels Kran von Parz. 2329
- Erstellung Brücke Unterhaltsweg in Ortbeton
- Hinterfüllung Widerlager
- Gleisarbeiten (Einbringen Bahnschotter, Schwellen, Montage Schienen, Arbeiten im Zusammenhang mit Strom)
- Rückbau Hilfsbrücke, Freigabe ursprüngliche Bahnstrecke im Normalbetrieb
- Wiederherstellung Bahndammkörper
- Herstellung Fischgängigkeit, Herstellung naturnahes Gerinne (Wasserbau)
- Rückbau Installationen und Aufheben der prov. Verkehrsführung

5 Kostenvoranschlag

Preisbasis Dezember 2019 / Kostengenauigkeit +/- 10%

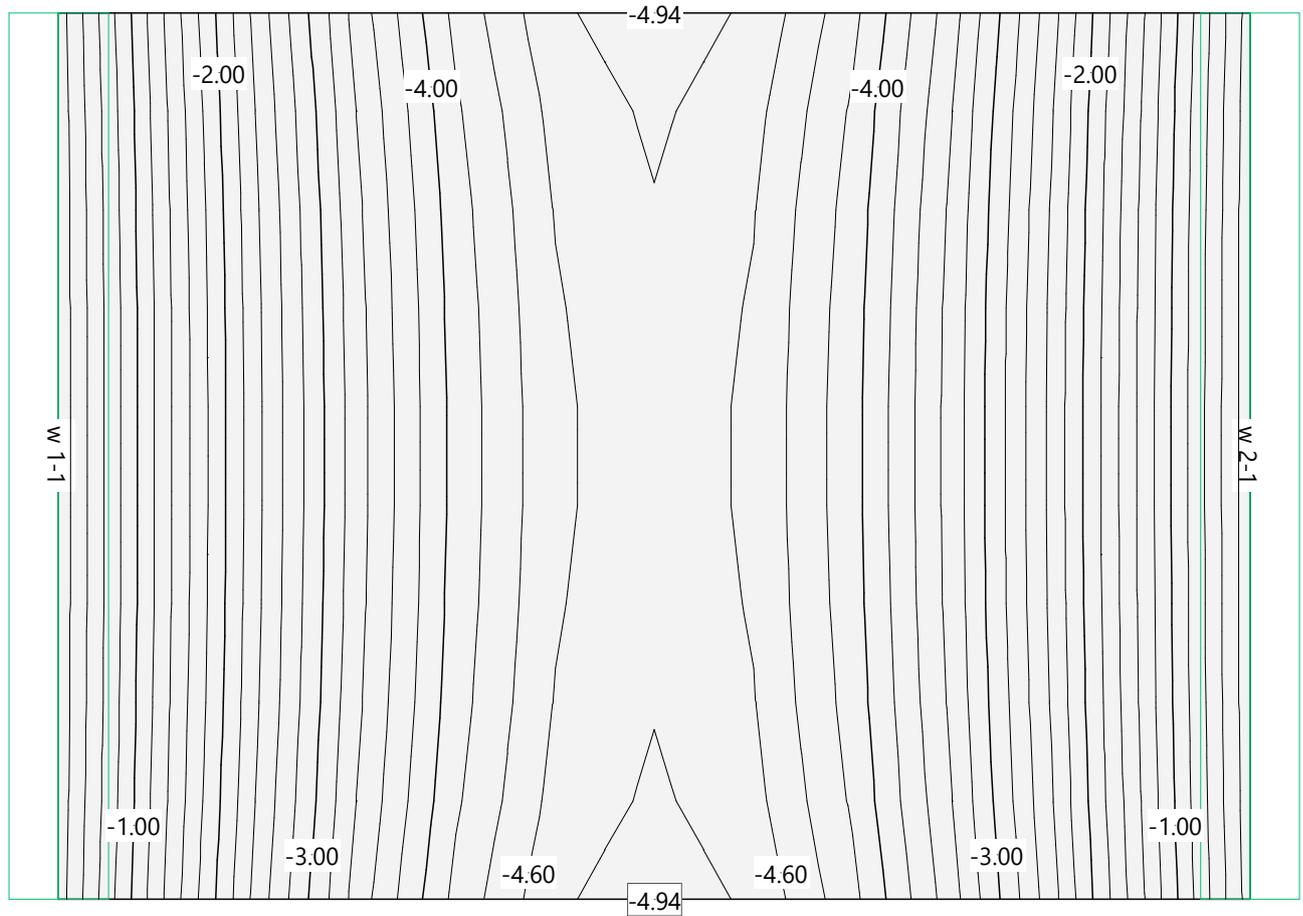
Der detaillierte KV ist in Dokument 09-002 ersichtlich.

6 Anhang

6.1 Statische Berechnungen

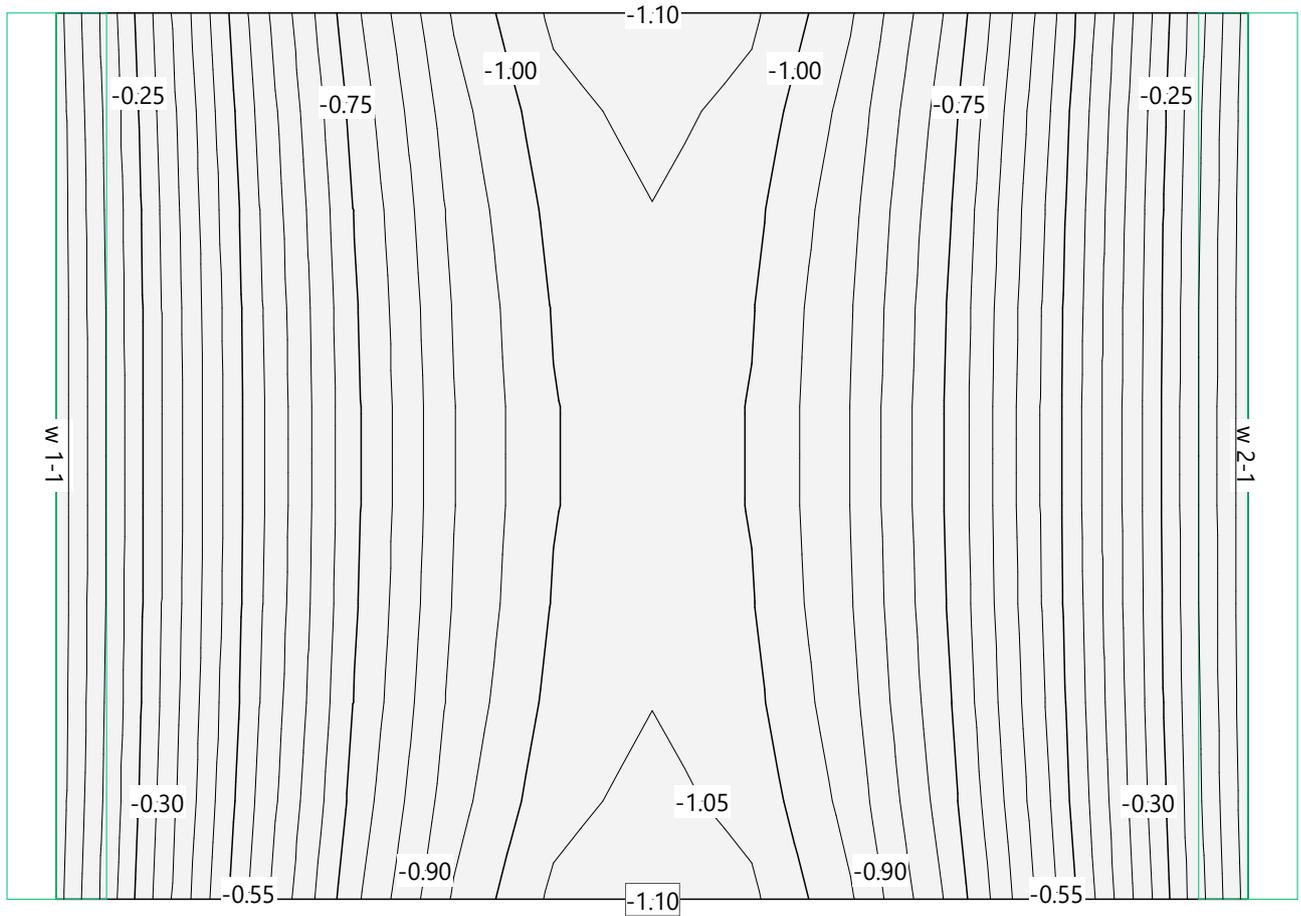
Grenzwerte Durchbiegungen: Minima [mm], Äquidistanz: 0.20 [mm], Referenzlinie: 0.00
Spezifikation: !GZT

Mstb. 1 :38.3

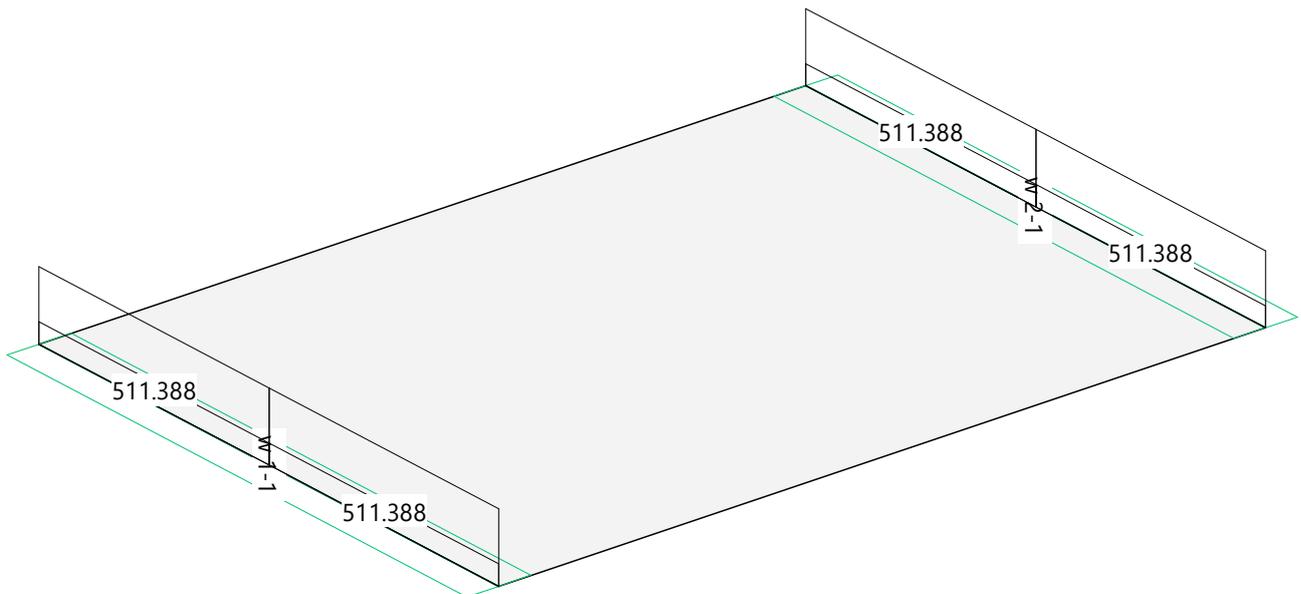


Grenzwerte Durchbiegungen: Maxima [mm], Äquidistanz: 0.05 [mm], Referenzlinie: 0.00
Spezifikation: !GZT

Mstb. 1 :38.3

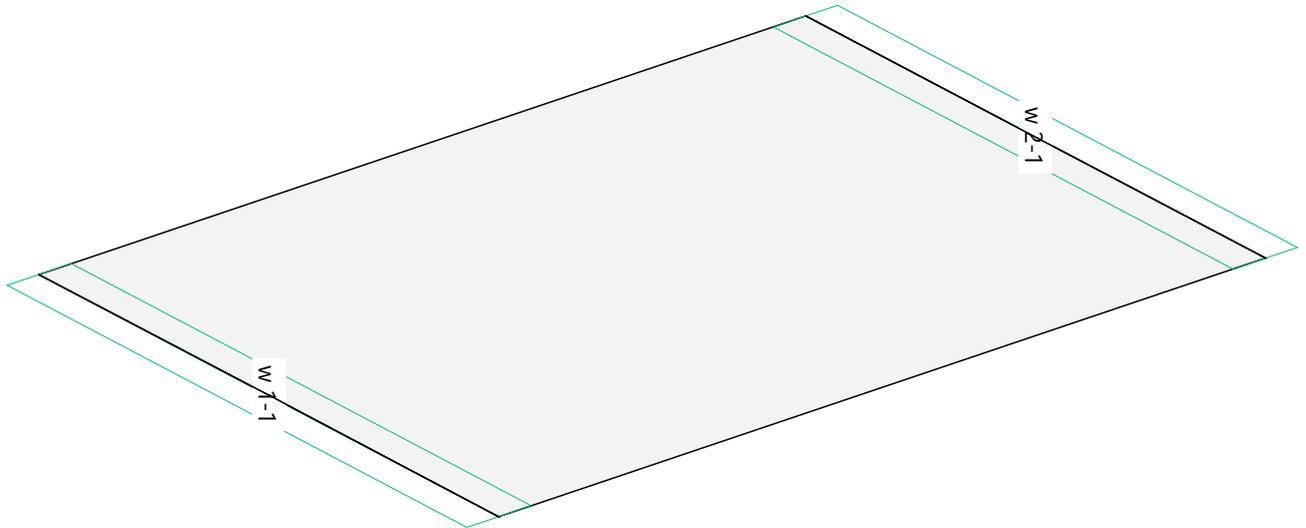


Grenzwerte Reaktionskräfte Wände: Grenzwertspezifikation: !GZT
Wandwerte abschnittsweise gemittelt, Beschriftungen: Wände: [kN]



Nr.:

Grenzwerte Reaktionsmomente Wände: Grenzwertspezifikation: !GZT
Wandwerte abschnittsweise gemittelt, Beschriftungen: Wände: [kNm]



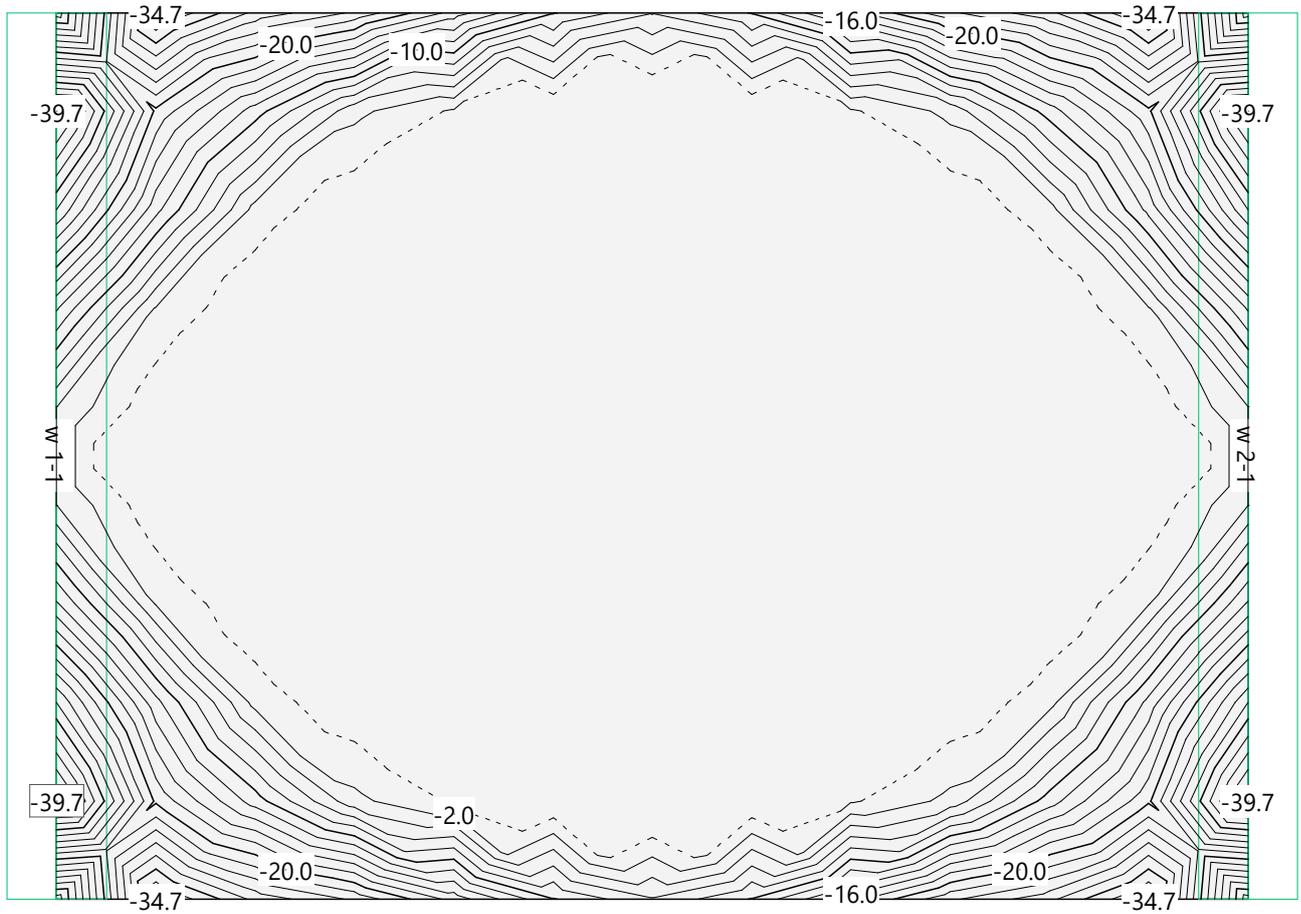
Grenzwerte Bewehrungsmomente: maxt [kN], Äquidistanz: 1.0 [kN], Referenzlinie: 0.0
Spezifikation: !GZT

Mstb. 1 :38.3



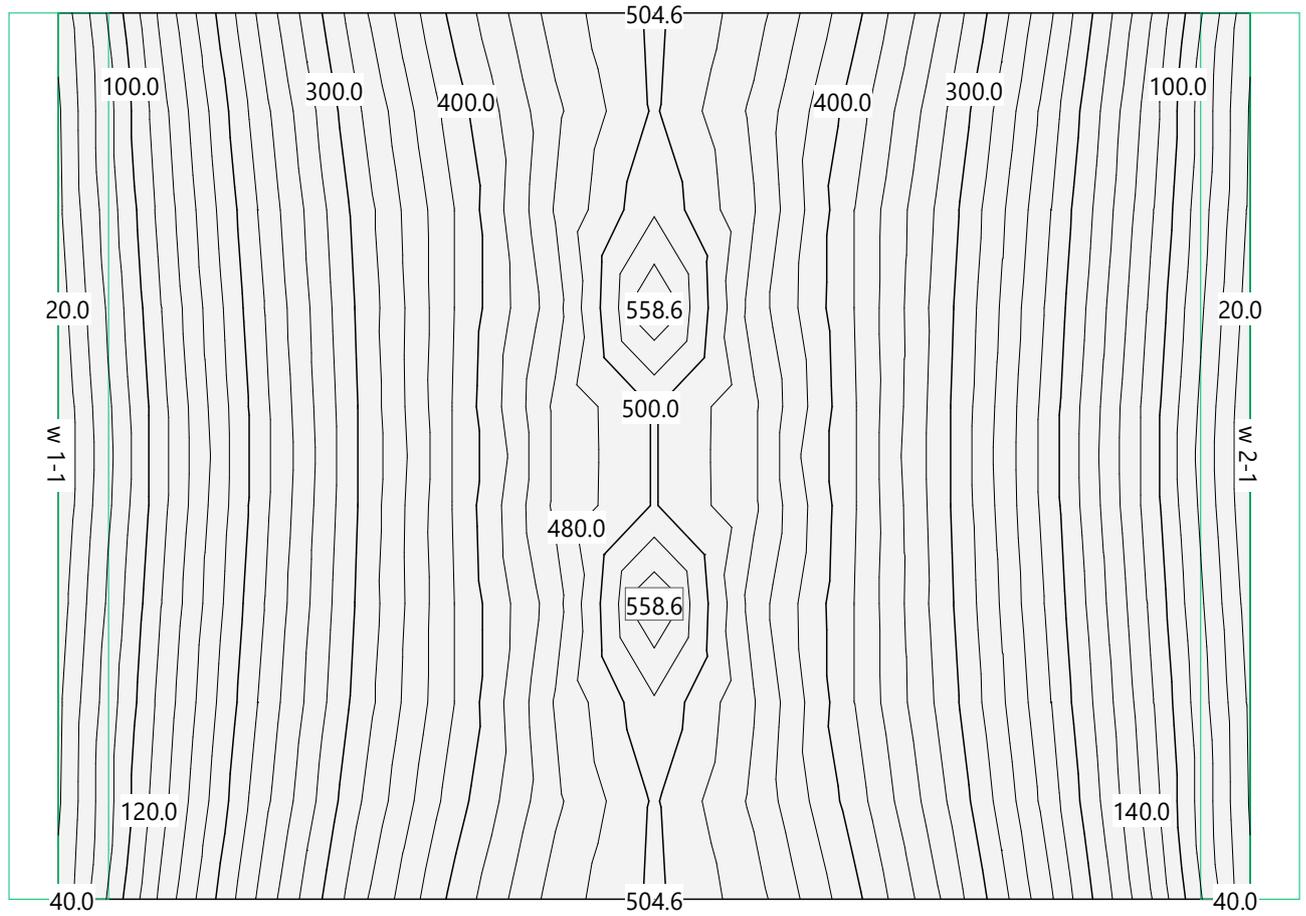
Grenzwerte Bewehrungsmomente: m_{ayt} [kN], Äquidistanz: 2.0 [kN], Referenzlinie: 0.0
Spezifikation: !GZT

Mstb. 1 :38.3



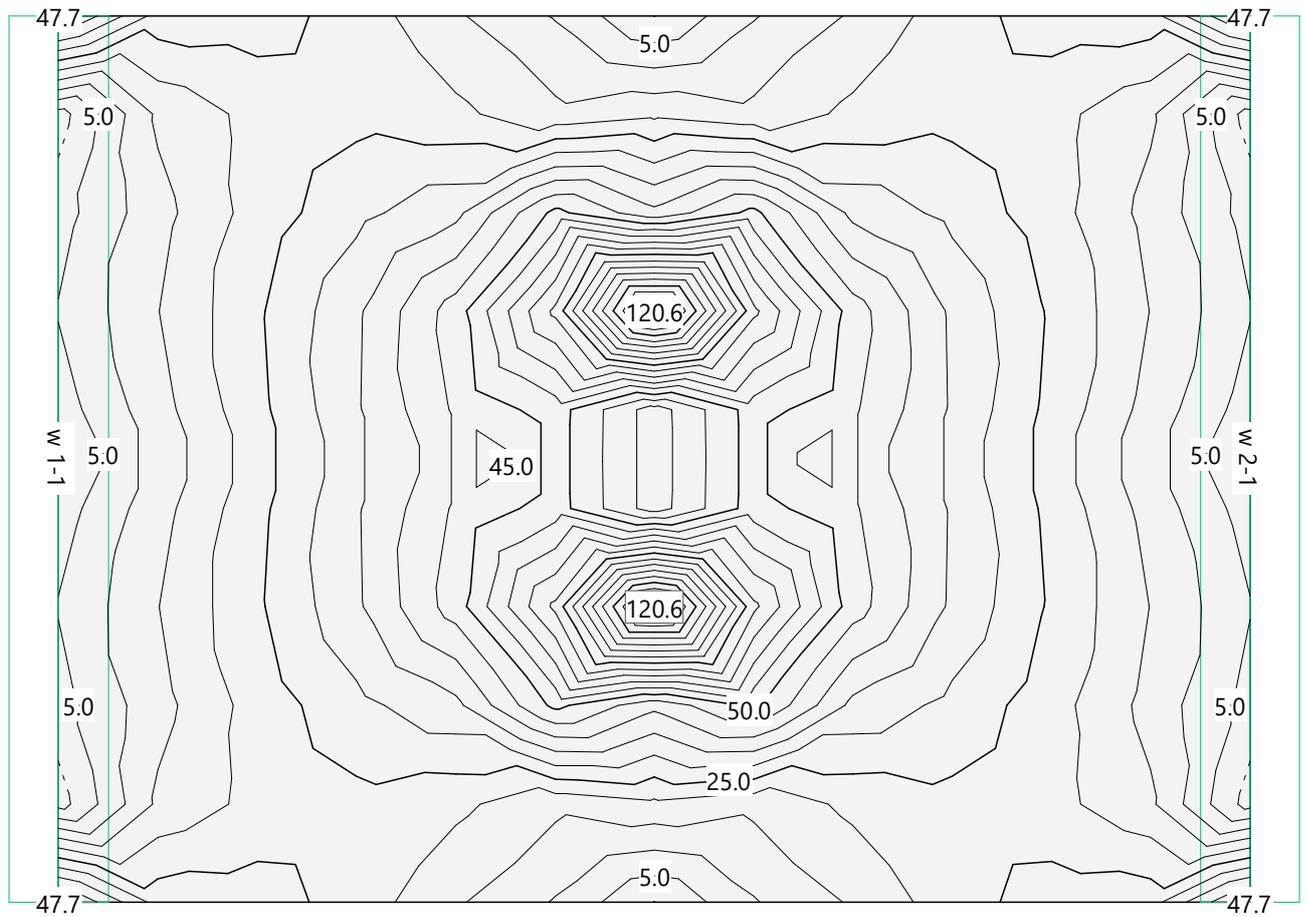
Grenzwerte Bewehrungsmomente: maxb [kN], Äquidistanz: 20.0 [kN], Referenzlinie: 0.0
Spezifikation: IGZT

Mstb. 1 :38.3



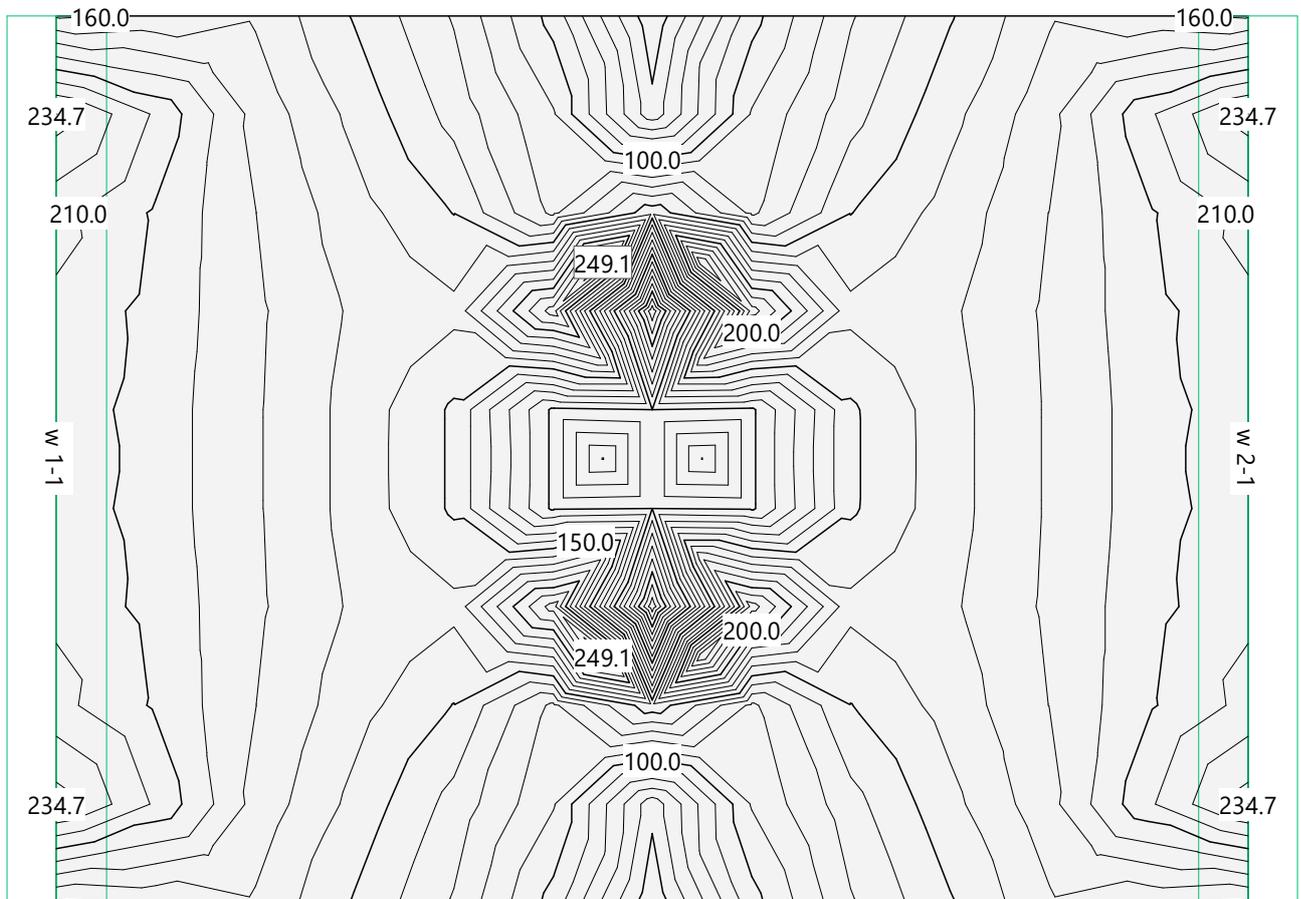
Grenzwerte Bewehrungsmomente: m_{ayb} [kN], Äquidistanz: 5.0 [kN], Referenzlinie: 0.0
Spezifikation: !GZT

Mstb. 1 :38.3



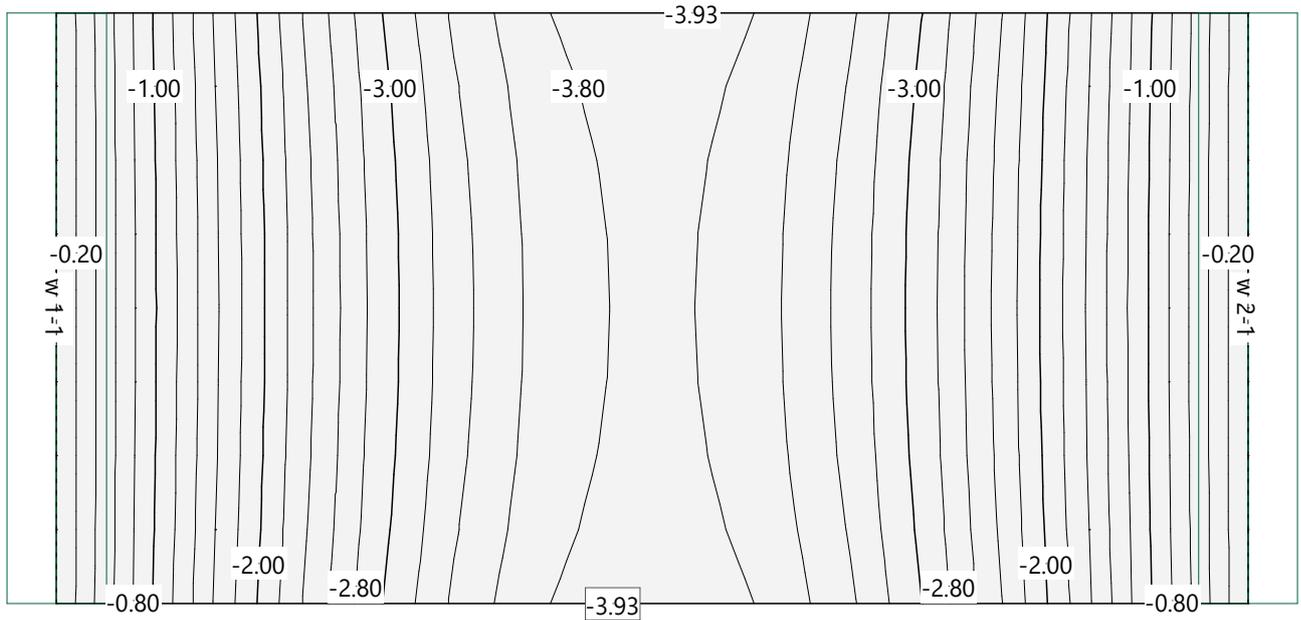
Grenzwerte Querkräfte: [kN/m], Äquidistanz: 10.0 [kN/m], Referenzlinie: 0.0
Spezifikation: !GZT

Mstb. 1 :38.3



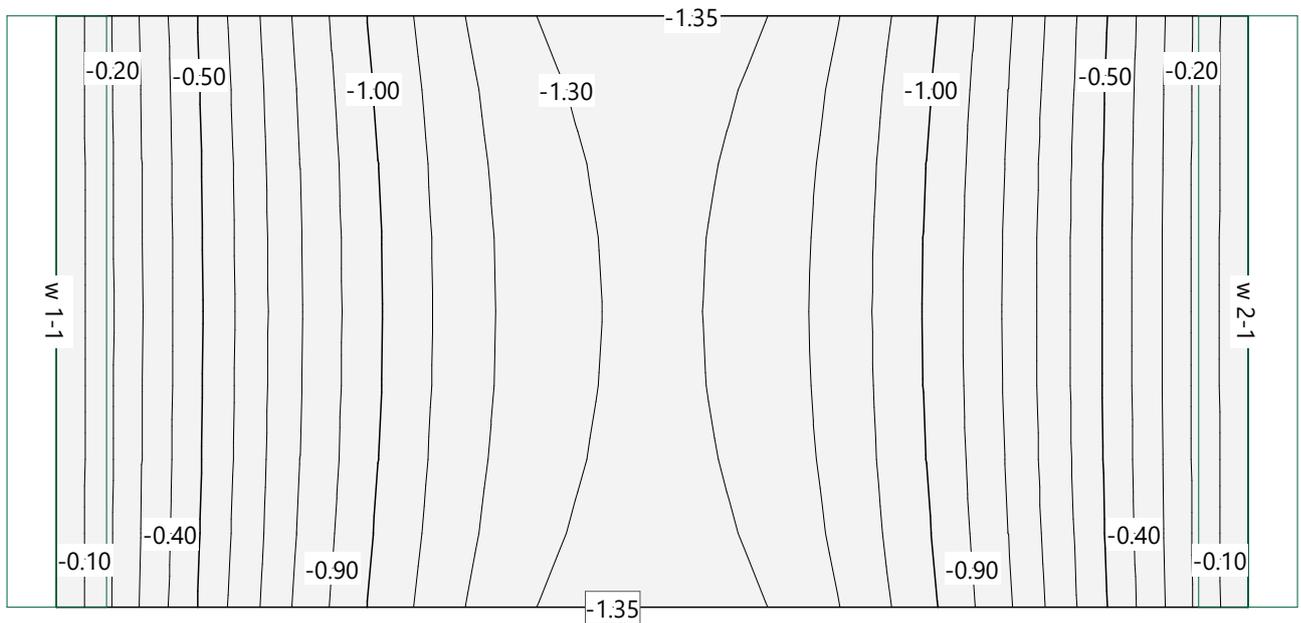
Grenzwerte Durchbiegungen: Minima [mm], Äquidistanz: 0.20 [mm], Referenzlinie: 0.00
Spezifikation: !GZT

Mstb. 1 :38.3

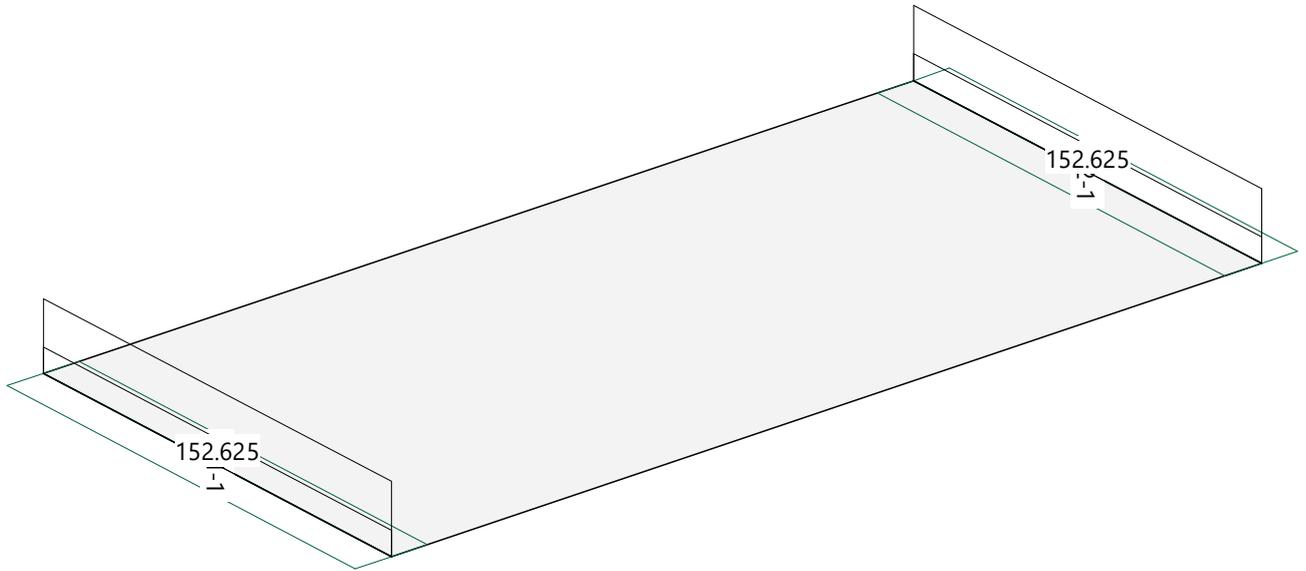


Grenzwerte Durchbiegungen: Maxima [mm], Äquidistanz: 0.10 [mm], Referenzlinie: 0.00
Spezifikation: !GZT

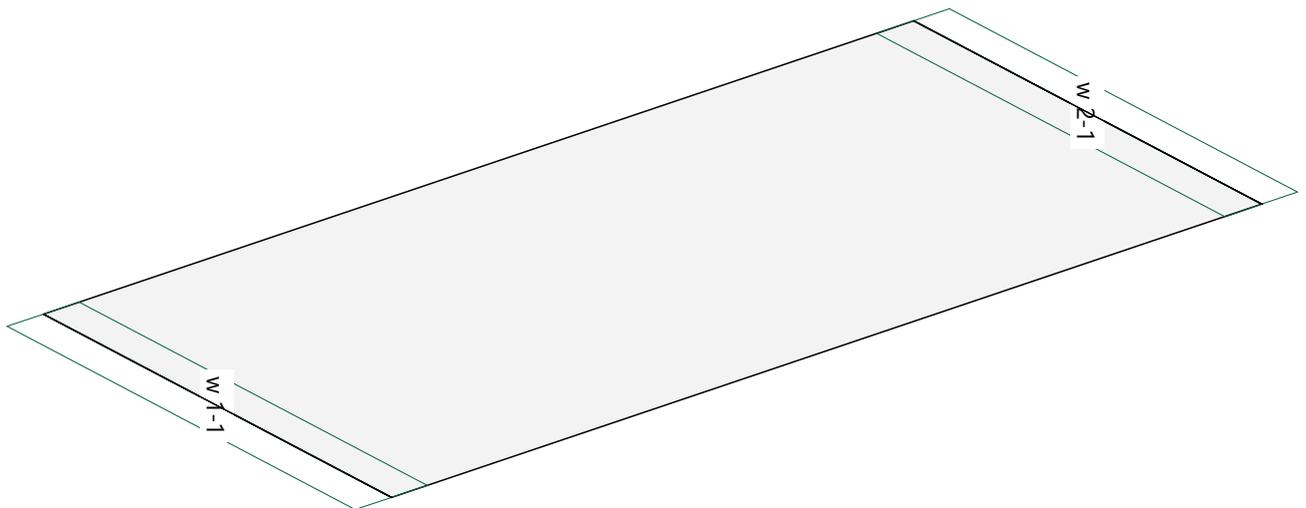
Mstb. 1 :38.3



Grenzwerte Reaktionskräfte Wände: Grenzwertspezifikation: !GZT
Wandwerte abschnittsweise gemittelt, Beschriftungen: Wände: [kN]

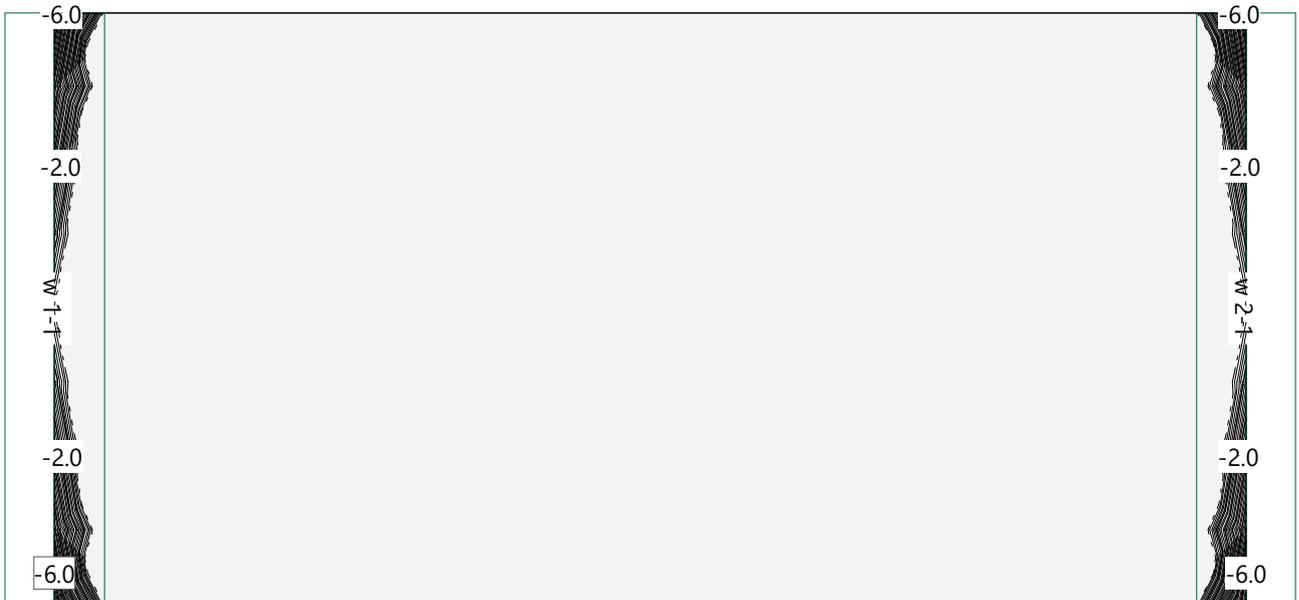


Grenzwerte Reaktionsmomente Wände: Grenzwertspezifikation: !GZT
Wandwerte abschnittsweise gemittelt, Beschriftungen: Wände: [kNm]



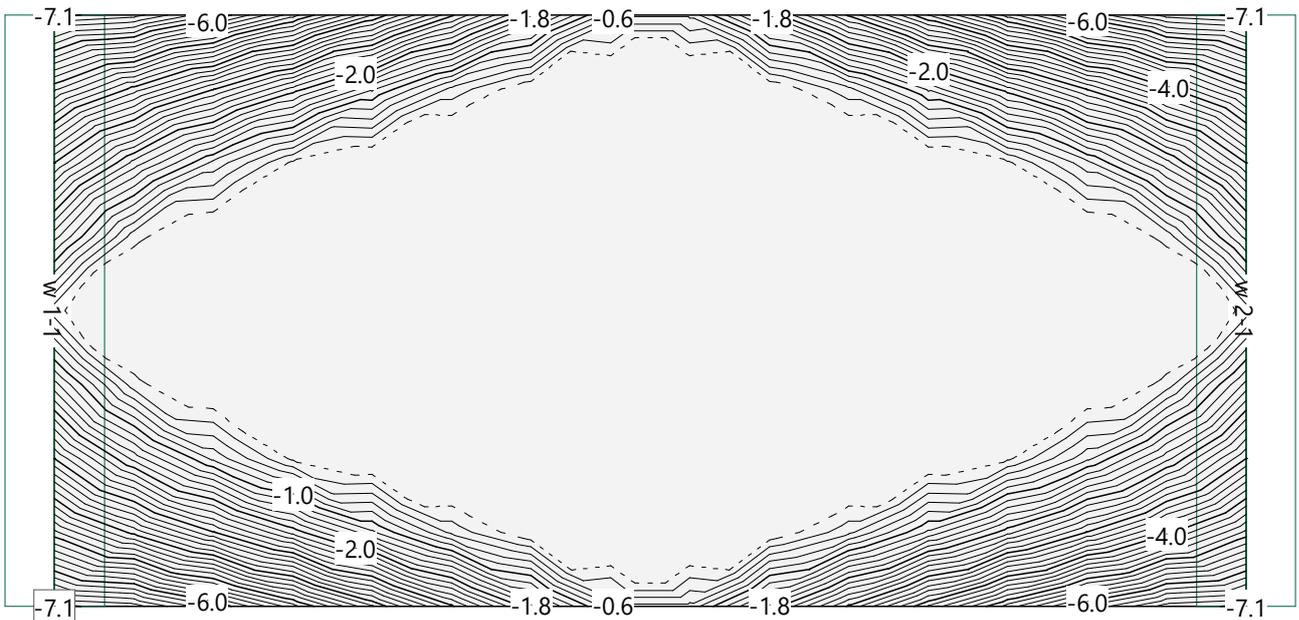
Grenzwerte Bewehrungsmomente: maxt [kN], Äquidistanz: 0.2 [kN], Referenzlinie: 0.0
Spezifikation: !GZT

Mstb. 1 :38.3



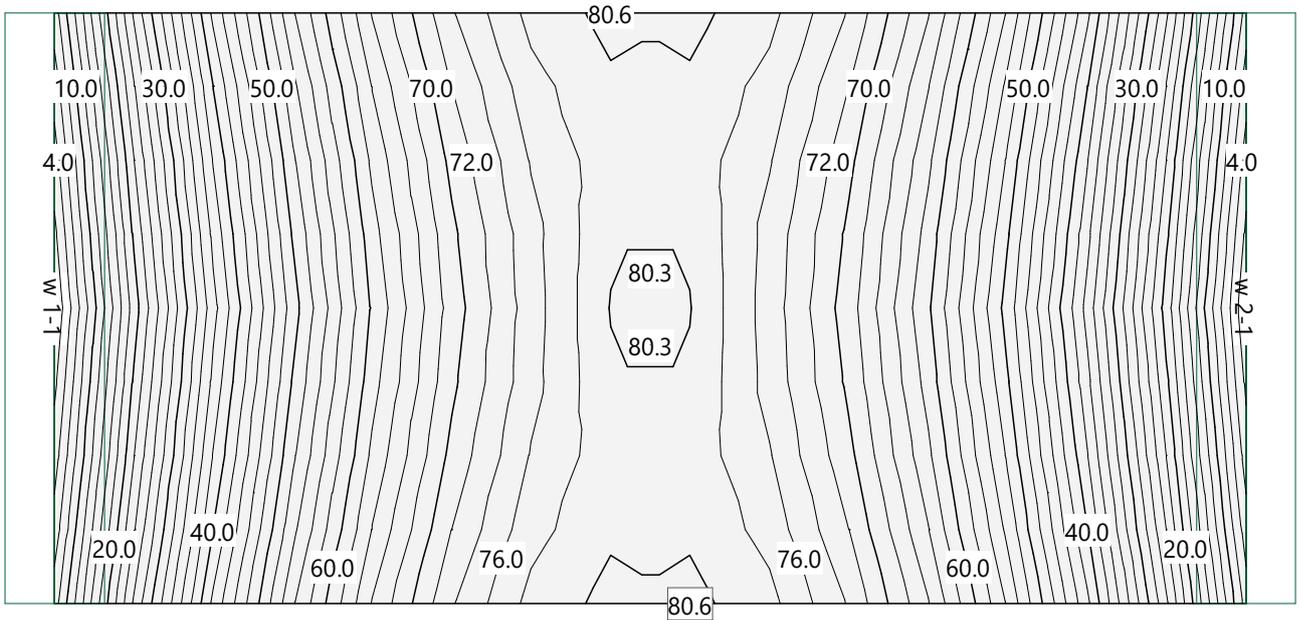
Grenzwerte Bewehrungsmomente: mayt [kN], Äquidistanz: 0.2 [kN], Referenzlinie: 0.0
Spezifikation: !GZT

Mstb. 1 :38.3



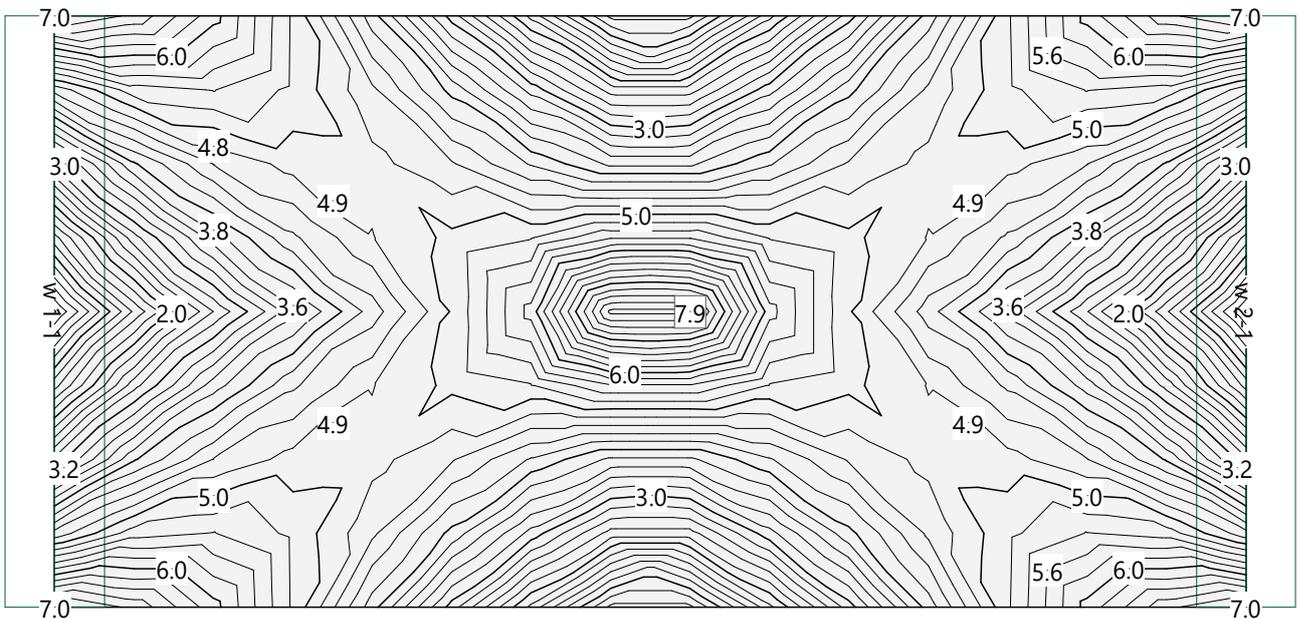
Grenzwerte Bewehrungsmomente: maxb [kN], Äquidistanz: 2.0 [kN], Referenzlinie: 0.0
Spezifikation: !GZT

Mstb. 1 :38.3



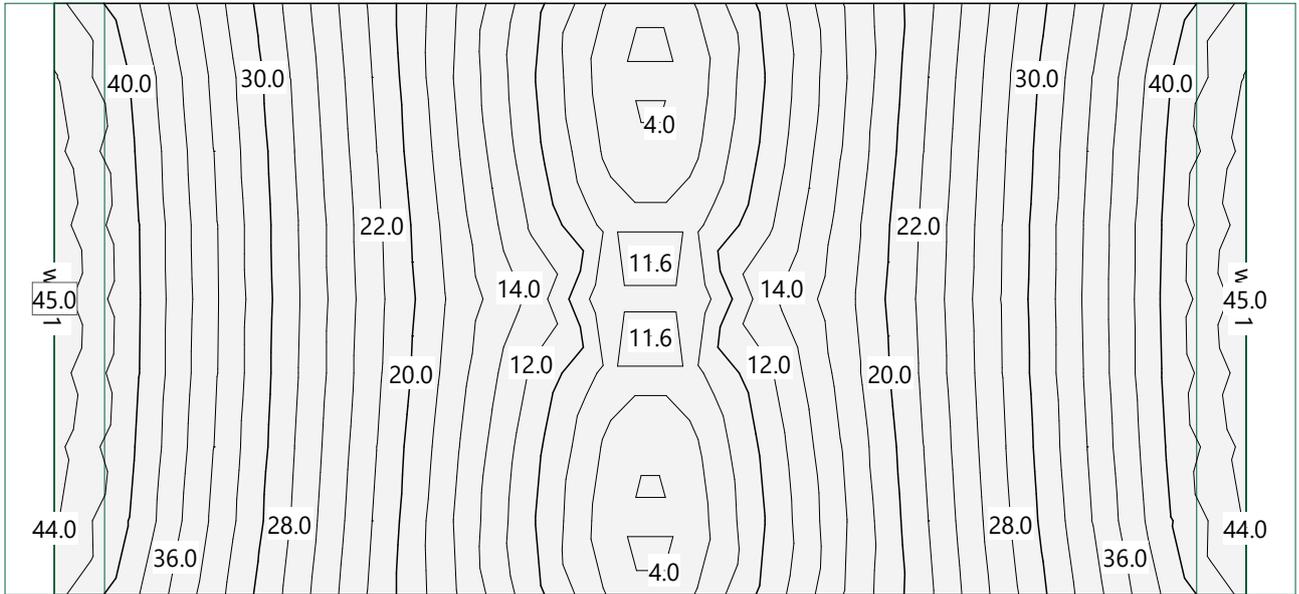
Grenzwerte Bewehrungsmomente: mayb [kN], Äquidistanz: 0.2 [kN], Referenzlinie: 0.0
Spezifikation: !GZT

Mstb. 1 :38.3



Grenzwerte Querkräfte: [kN/m], Äquidistanz: 2.0 [kN/m], Referenzlinie: 0.0
Spezifikation: !GZT

Mstb. 1 :38.3



Nr.:

Verschiebungsgrenzwerte DX [mm] für: !GZT, Überhöhung: 1.0

Mstb. 1 :35.3

Verschiebungsgrenzwerte DZ [mm] für: !GZT, Überhöhung: 50.0

Mstb. 1 :35.3



Rotationsgrenzwerte RY [mrad] für: !GZT, Überhöhung: 100.0

Mstb. 1 :36.7

3.26

-3.26

Reaktionsgrenzwerte für FX und zugehörige Komponenten [kN]/[kNm], Spezifikation: !GZT

Mstb. 1 :37.7

FX=0.00 <> 0.00

Reaktionsgrenzwerte für FZ und zugehörige Komponenten [kN]/[kNm], Spezifikation: !GZT

Mstb. 1 :41.9

FZ=64.56 <> 290.19

FZ=64.56 <> 290.20

Reaktionsgrenzwerte für MY und zugehörige Komponenten [kN]/[kNm], Spezifikation: !GZT

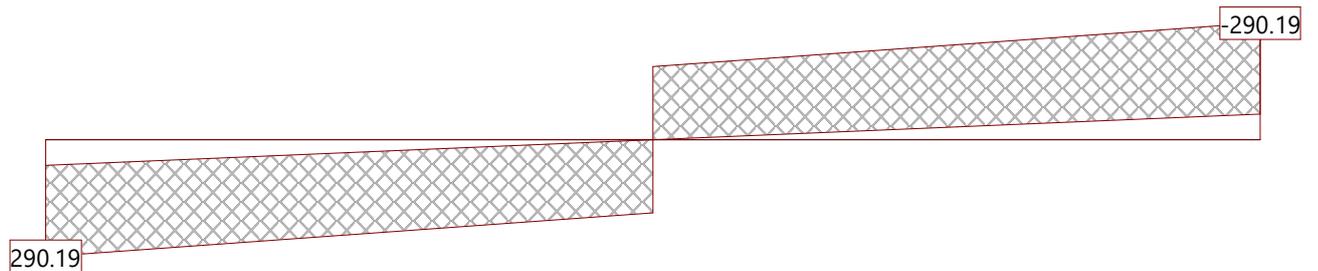
Mstb. 1 :35.3

Schnittkraftgrenzwerte N [kN] für: !GZT

Mstb. 1 :35.3

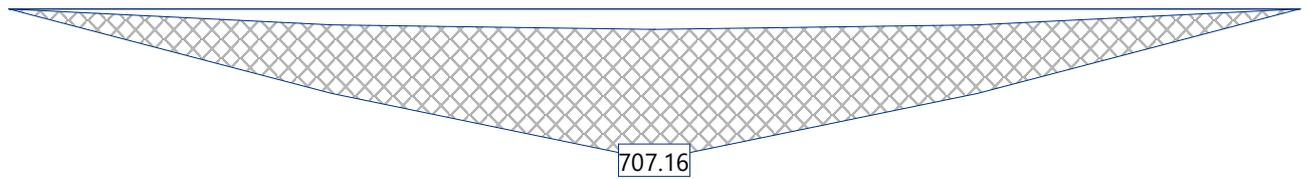
Schnittkraftgrenzwerte Vz [kN] für: !GZT

Mstb. 1 :37.5



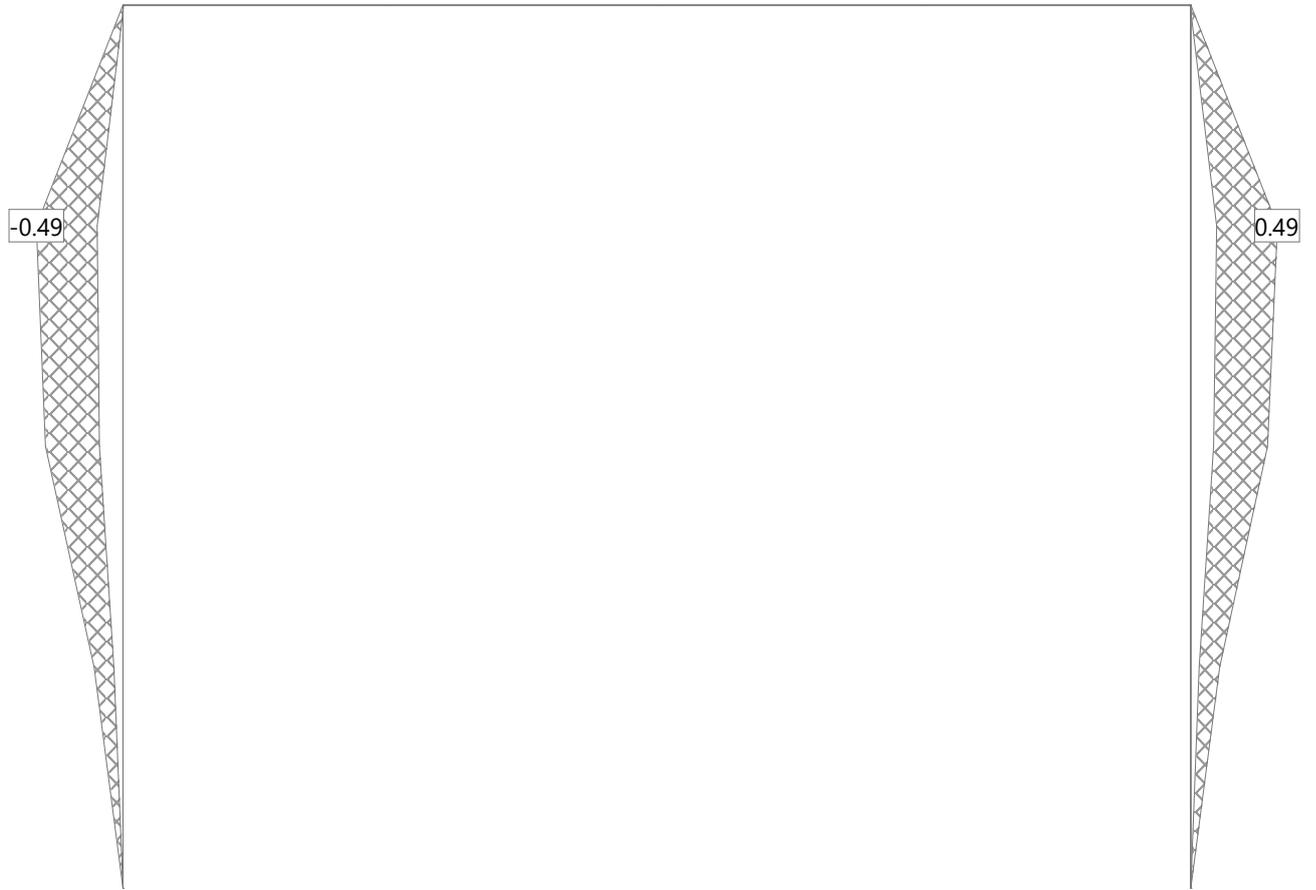
Schnittkraftgrenzwerte M_y [kNm] für: !GZT

Mstab. 1 :35.3



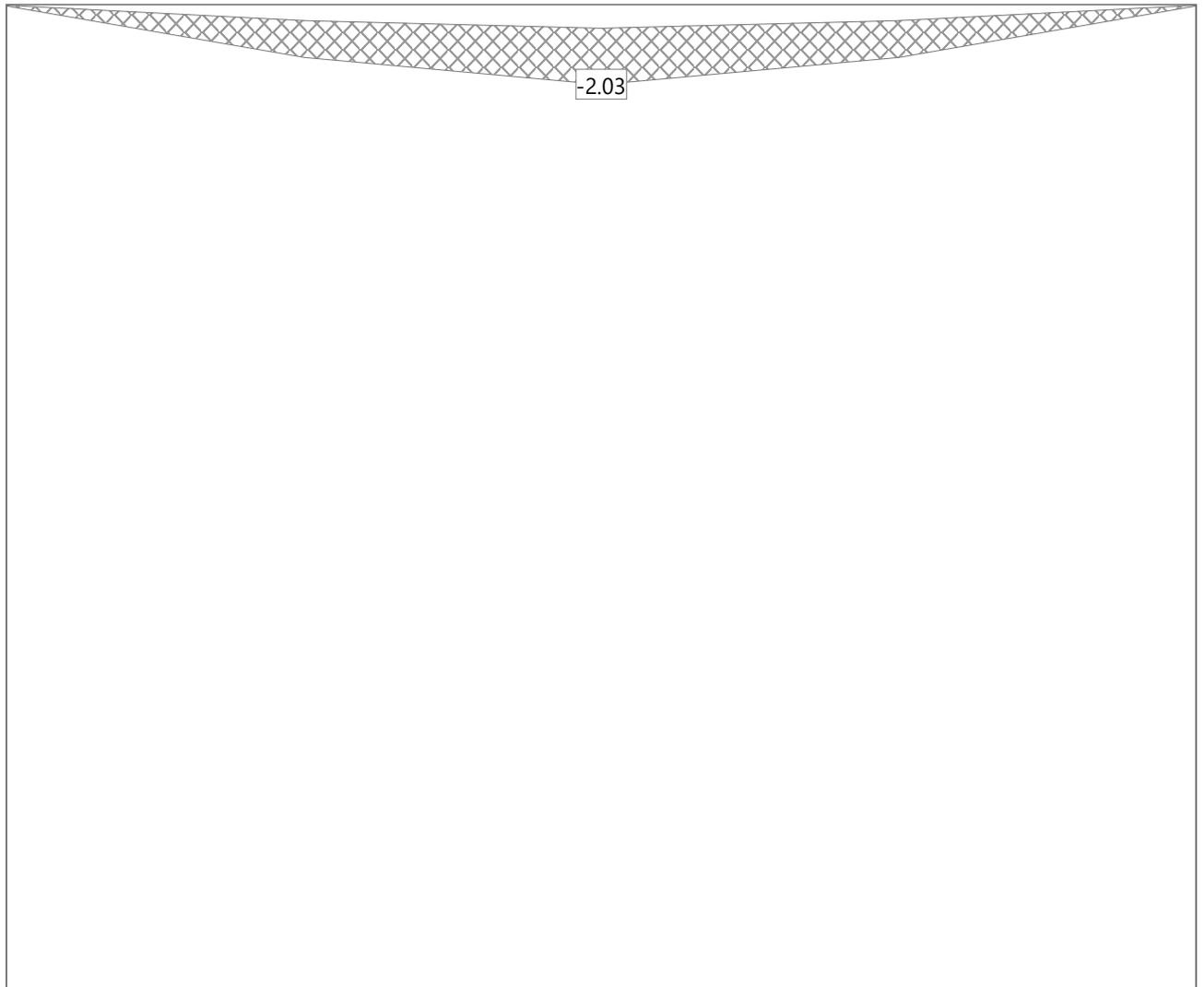
Verschiebungsgrenzwerte DX [mm] für: IGZT, Überhöhung: 1000.0

Mstb. 1 :42.7



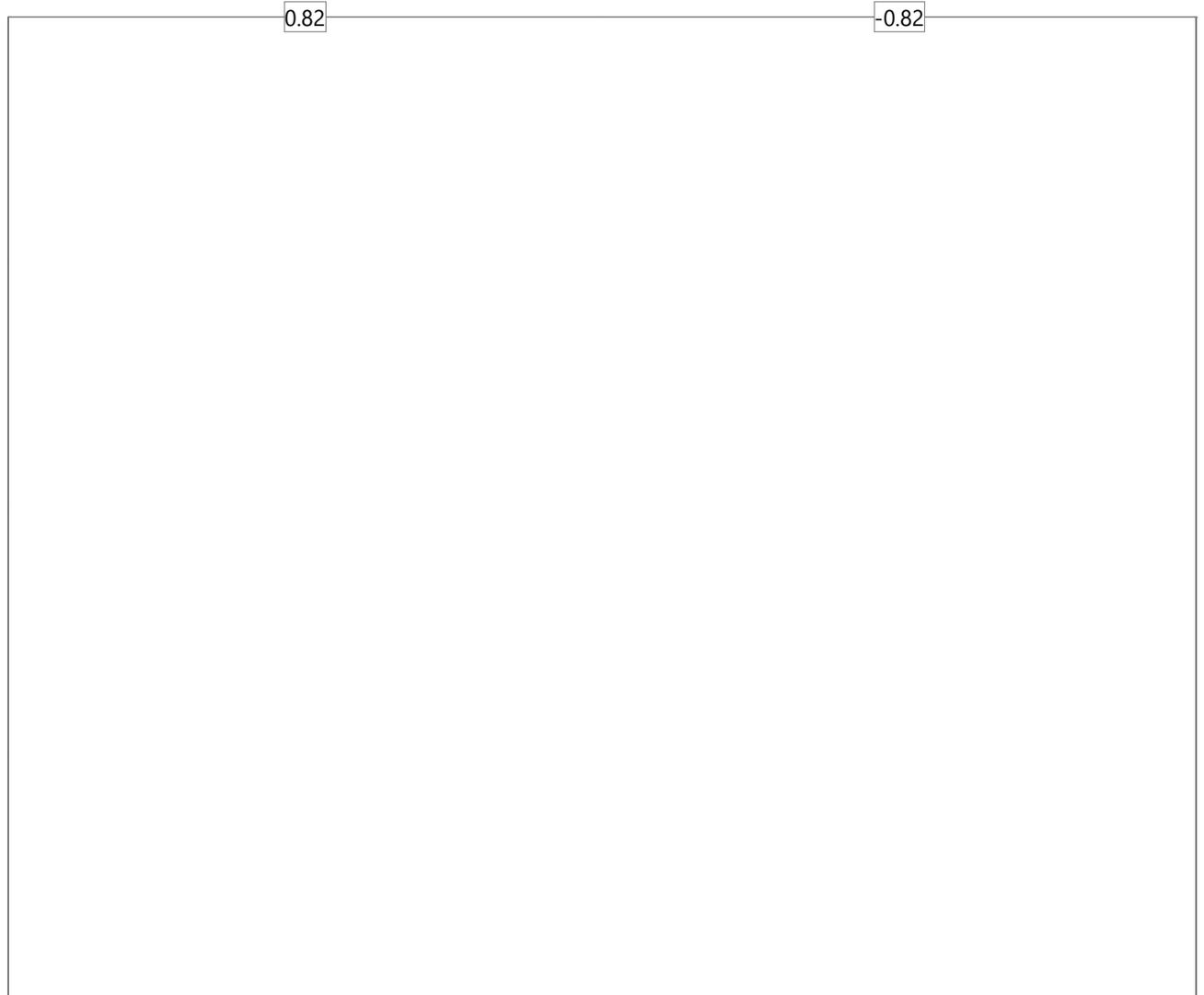
Verschiebungsgrenzwerte DZ [mm] für: !GZT, Überhöhung: 200.0

Mstb. 1 :35.3



Rotationsgrenzwerte RY [mrad] für: !GZT, Überhöhung: 500.0

Mstb. 1 :35.3



Reaktionsgrenzwerte für FX und zugehörige Komponenten [kN]/[kNm], Spezifikation: !GZT

Mstb. 1 :42.0

FX=3.81 <> 12.61
FZ=48.00 <> 106.50
MY=6.34 <> 21.00

FX=-12.61 <> -3.81
FZ=106.50 <> 48.00
MY=-21.00 <> -6.34

Reaktionsgrenzwerte für FZ und zugehörige Komponenten [kN]/[kNm], Spezifikation: IGZT

Mstb. 1 :42.0

FX=3.81 <> 12.61
FZ=48.00 <> 106.50
MY=6.34 <> 21.00

FX=-3.81 <> -12.61
FZ=48.00 <> 106.50
MY=-6.34 <> -21.00

Reaktionsgrenzwerte für MY und zugehörige Komponenten [kN]/[kNm], Spezifikation: !GZT

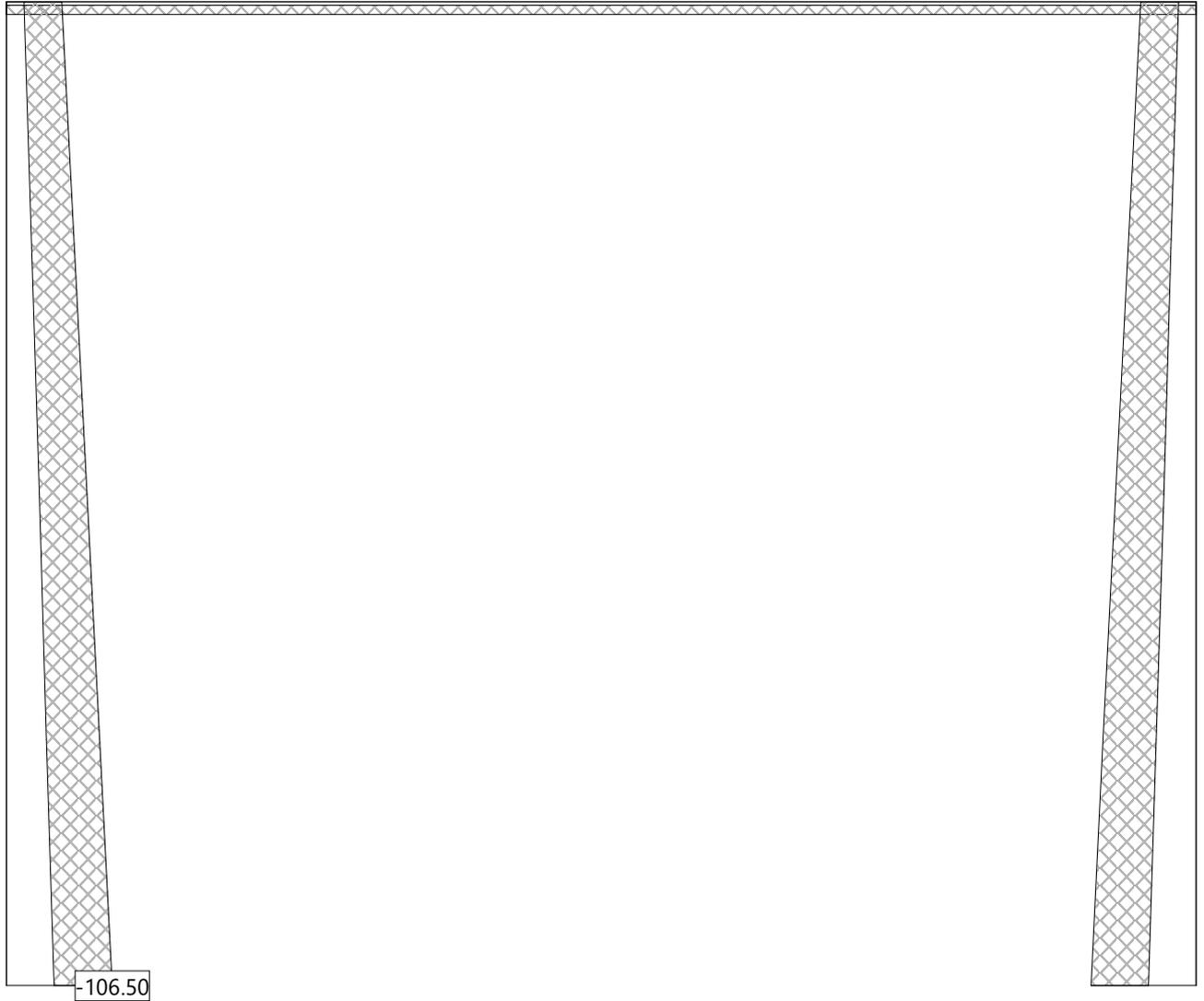
Mstb. 1 :42.0

FX=3.81 <> 12.61
FZ=48.00 <> 106.50
MY=6.34 <> 21.00

FX=-12.61 <> -3.81
FZ=106.50 <> 48.00
MY=-21.00 <> -6.34

Schnittkraftgrenzwerte N [kN] für: !GZT

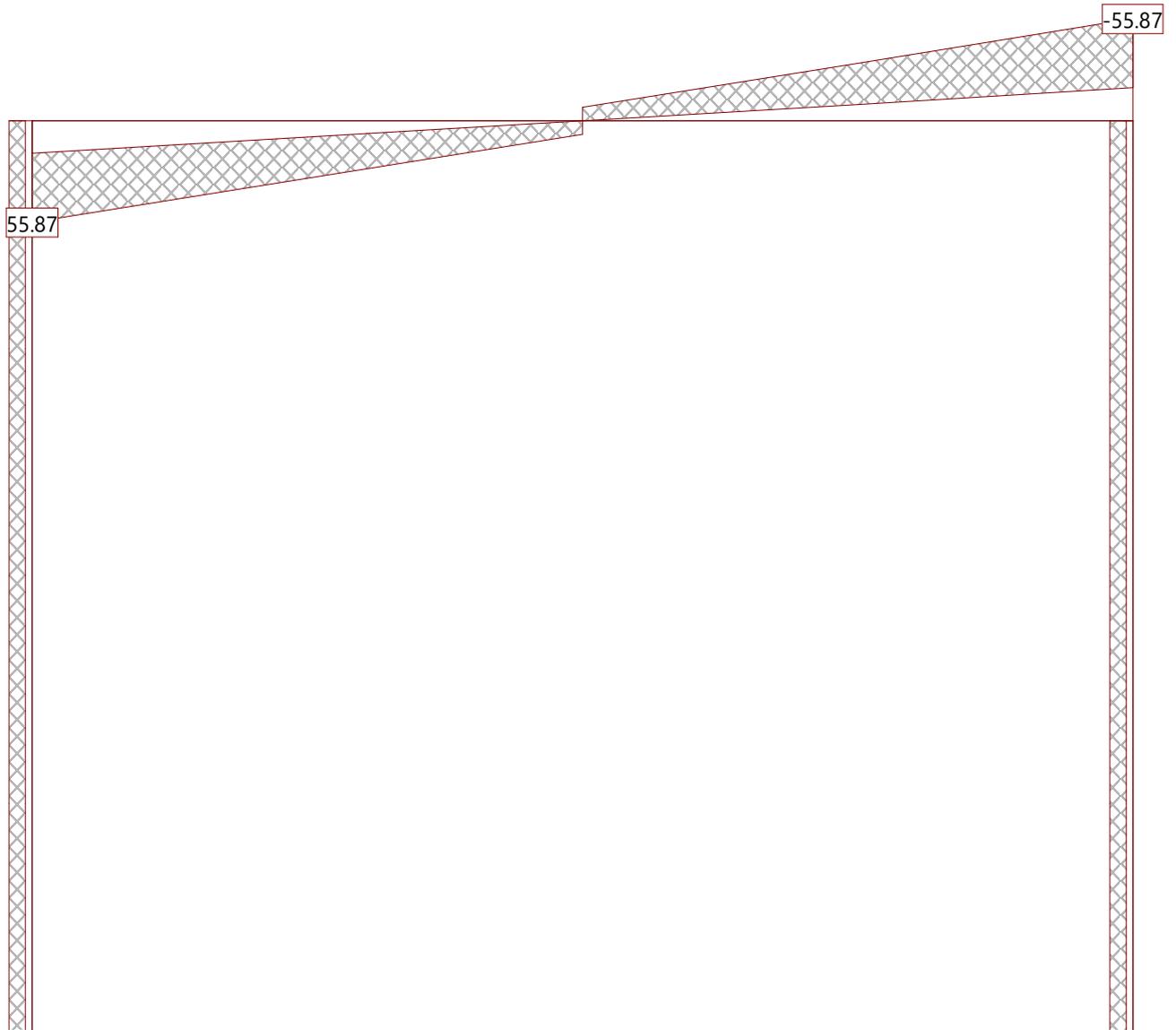
Mstb. 1 :35.3



Nr.:

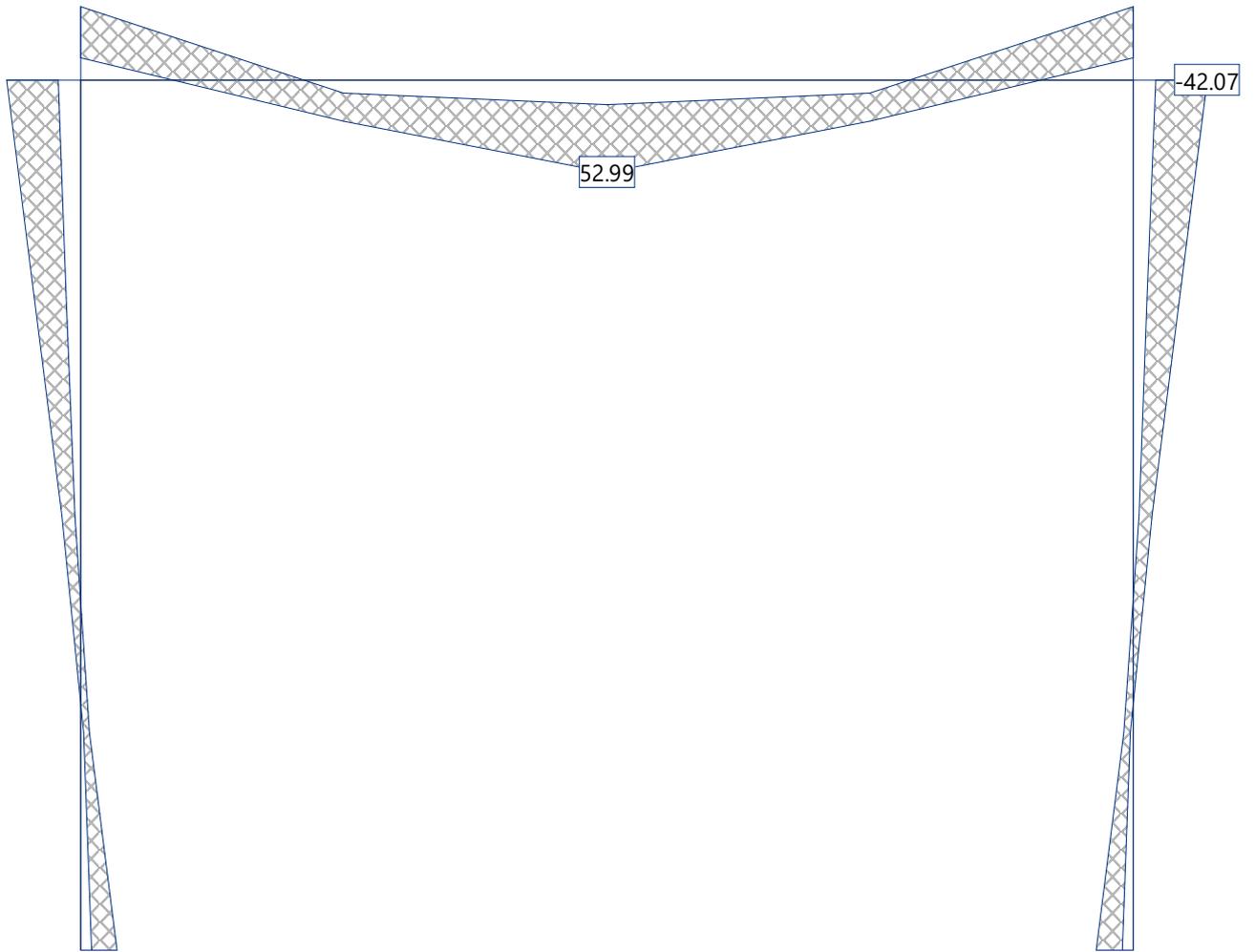
Schnittkraftgrenzwerte V_z [kN] für: IGZT

Mstb. 1 :37.1



Schnittkraftgrenzwerte M_y [kNm] für: !GZT

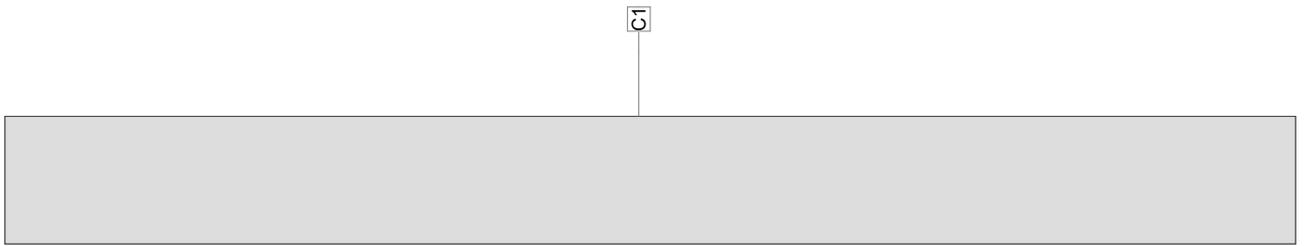
Mstab. 1 :41.4



Nr.:

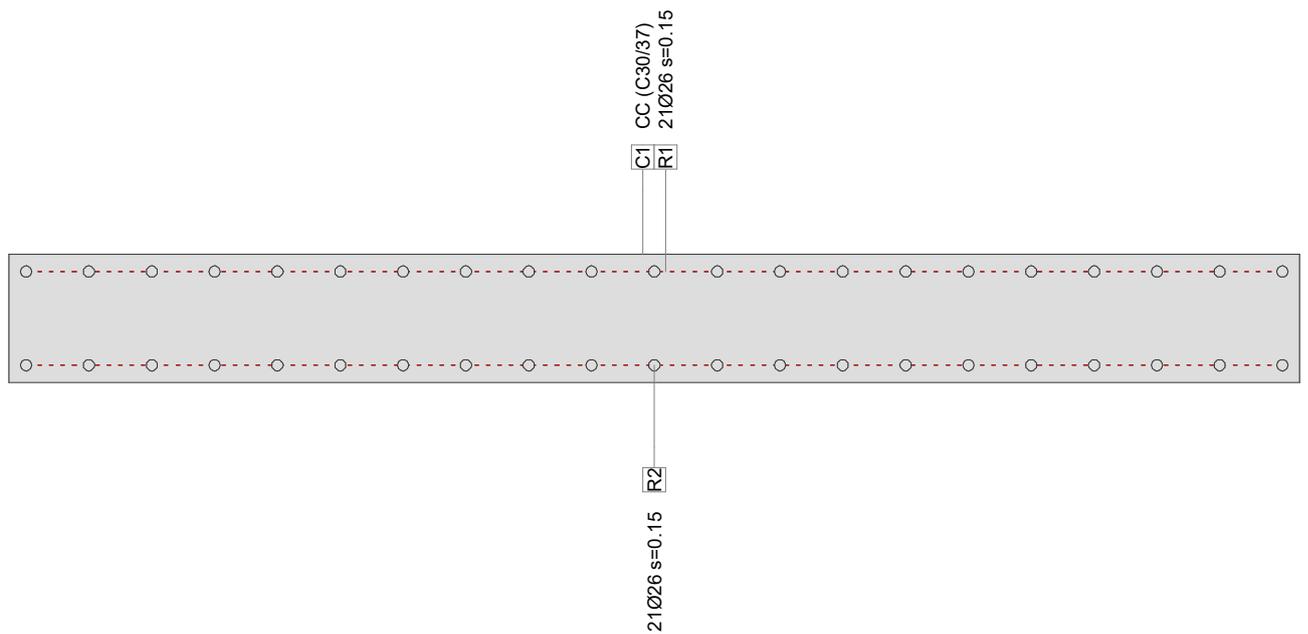
Querschnitt QS (C30/37;B500B): Umriss, ohne Bewehrungen

Mstb. 1 :17.7



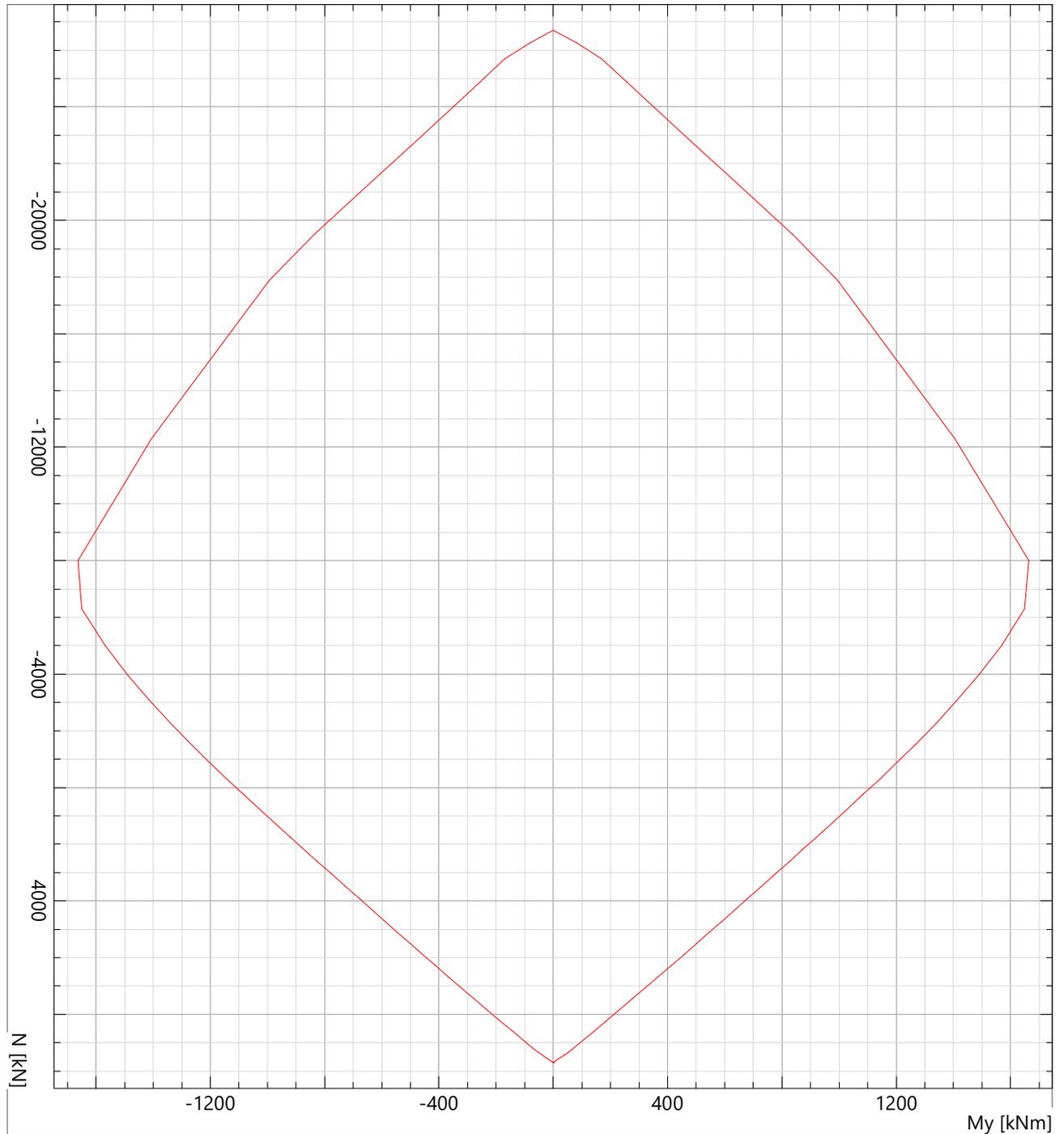
Querschnitt QS (C30/37;B500B): Umriss, Bewehrungen

Mstb. 1 :17.7



M-N-Interaktionsdiagramm Querschnitt (Träger): QS

!GZT / Bewehrungsgehalt: $\rho = 2.5 \text{ o/o}$



Analyseparameter "IGZT" Norm: SIA

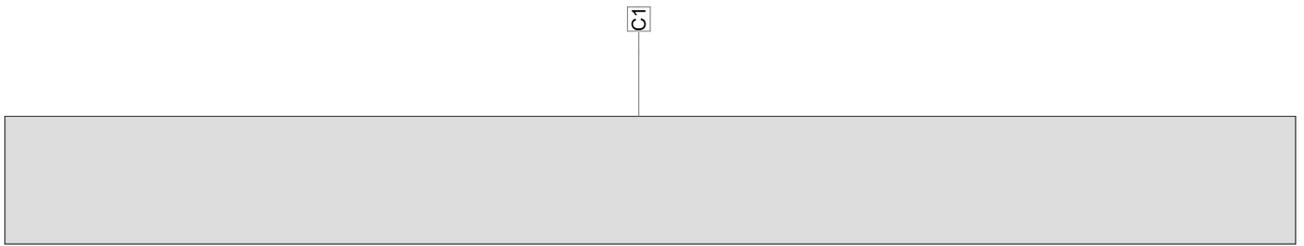
| ID | σ-ε-Diagramme | | Grenzdehnungen | | | σ _s [N/mm ²] | Widerstandsbeiwerte | | | Diverses | |
|------|---------------|---|-------------------------|-------------------------|------------------------|--|-----------------------|-----------------------|----------|----------|---|
| | c | s | ε _{c1d} [‰] | ε _{c2d} [‰] | ε _{ud} [‰] | | γ _c [-] | γ _s [-] | 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

Nr.:

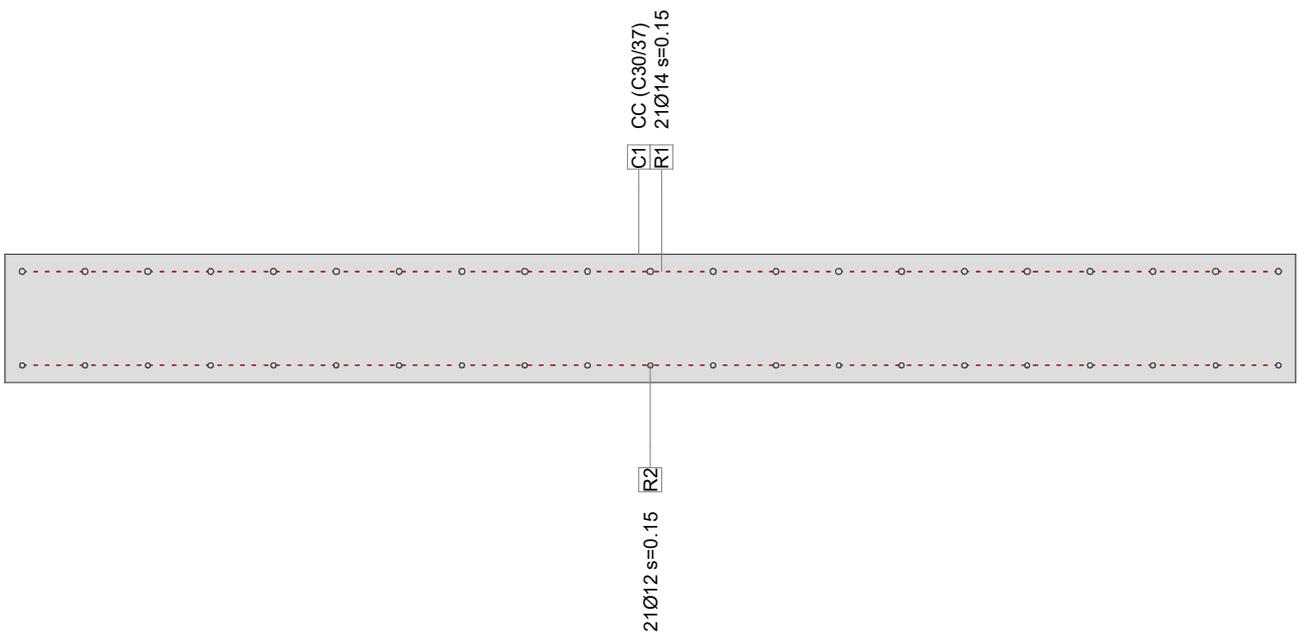
Querschnitt QS (C30/37;B500B): Umriss, ohne Bewehrungen

Mstb. 1 :17.7



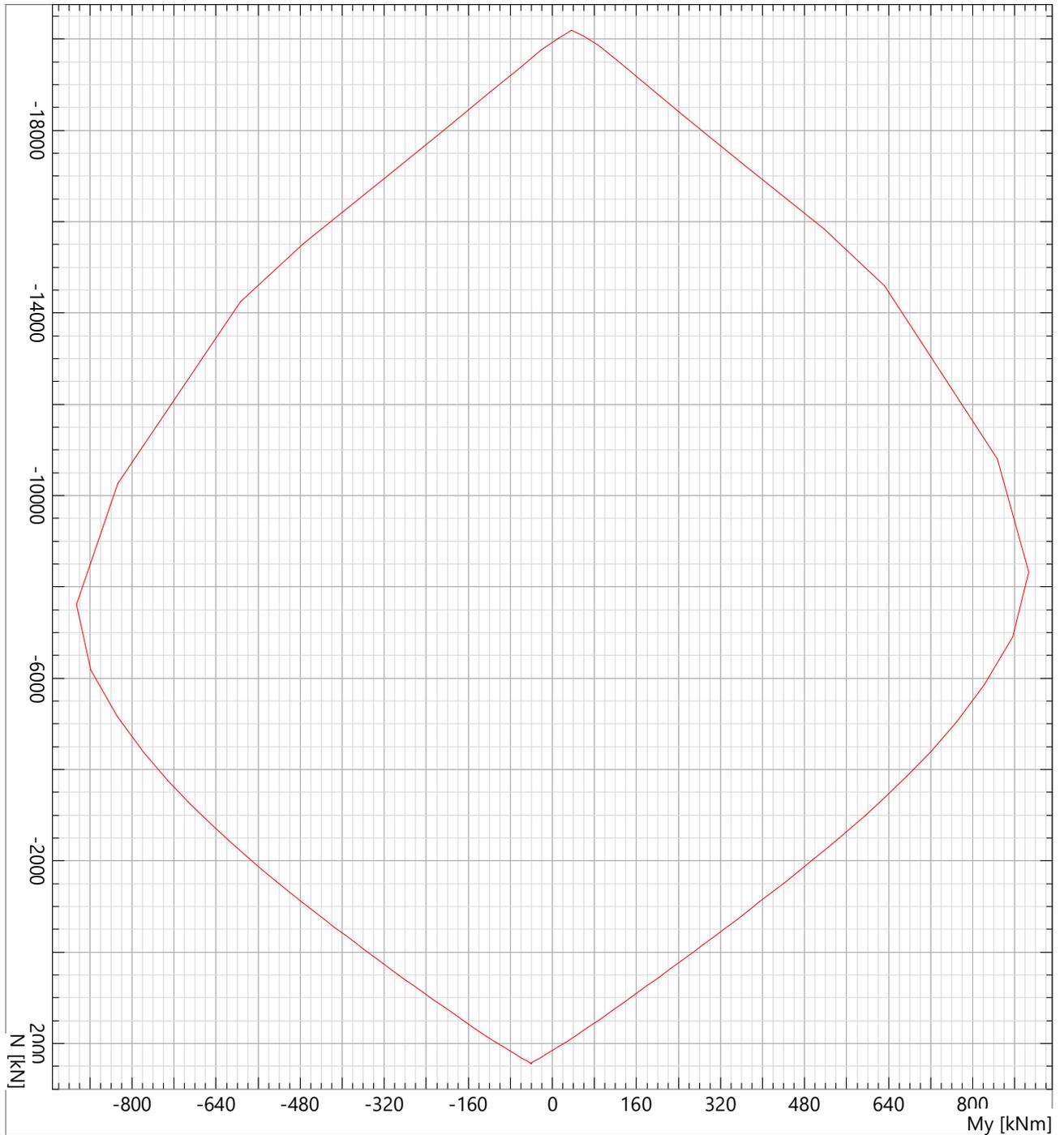
Querschnitt QS (C30/37;B500B): Umriss, Bewehrungen

Mstb. 1 :17.7



M-N-Interaktionsdiagramm Querschnitt (Träger): QS

!GZT / Bewehrungsgehalt: $\rho = 0.6$ o/o



Analyseparameter "IGZT" Norm: SIA

| ID | σ-ε-Diagramme | | Grenzdehnungen | | | σ _s [N/mm ²] | Widerstandsbeiwerte | | | Diverses | |
|------|---------------|---|-------------------------|-------------------------|------------------------|--|-----------------------|-----------------------|----------|----------|---|
| | c | s | ε _{c1d} [‰] | ε _{c2d} [‰] | ε _{ud} [‰] | | γ _c [-] | γ _s [-] | 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

Nr.: