Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

12.602.07

HAUPTSITZ:
4054 Basel
Bachlettenstrasse 52
Tel. 061 205 03 50
Fax 061 205 03 55
info@schmidtundpartner.ch
www.schmidtundpartner.ch

FILIALEN:
4106 Therwil BL
Gempenstrasse 3
5400 Baden AG
Mellingerstrasse 1
3628 Uttigen BE
Flurweg 12

W. Schmidt Dr. Ing. ETH/SIA
A. Antoniadis dipl. Bauleiter / REG C
T.R. Meier dipl. Ing. ETH/SIA
T. Minder BSc FH
B. Trost Dr. Ing. ETH/SIA
A. Walz dipl. Ing. TH/SIA

SCHMIDT PARTNER BAUINGENIEURE AG

Der Sachverständige	Die Bauherrschaft
Andreas Walz	BLT Baselland Transport AG
Signiert von: Andreas Walz DF7FE780FF5E456...	i.V. DocuSigned by: Patrick Zeller 12B2990D6C90422... DocuSigned by: E932A2C7A837447...

Gesamterneuerung Leimental
BLT-Linie 10/17
Auflageprojekt
Los 3 Haltestelle Binningen-Schloss, Perrondächer

BLT Baselland Transport AG, Grenzweg 1, 4104 Oberwil

Sachverständigenprüfung – Prüfbericht

Projektnummer (intern): 3298

Basel, den 10.08.2026

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Impressum:

Adressen:

Bauherrschaft	BLT Baselland Transport AG Fabiano Rosa Grenzweg 1, 4104 Oberwil Tel. +41 (0) 61 406 12 52 Fabiano.rosa@blt.ch
Projektverfasser	Gruner AG Luis Mutter / Roland Marty St. Jakobs-Strasse 199, 4020 Basel Tel. +41 (0)61 317 61 61 Luis.mutter@gruner.ch
Sachverständiger	Schmidt+Partner Bauingenieure AG Andreas Walz Bachlettenstrasse 52, 4054 Basel Tel. +41 (0)61 205 03 50 a.walz@schmidtundpartner.ch

Verfasser:

Name:	Helen Krarup, MSc EPFL Tel. +41 (0)61 205 03 52 h.krarup@schmidtundpartner.ch	Andreas Walz, Dipl.-Ing. TH Tel. +41 (0)61 205 03 57 a.walz@schmidtundpartner.ch

Änderungsverzeichnis:

Version	Anpassung / Änderung	Datum	Projekting.	Projektleiter
1.0	Abgabe PGV	10.08.2026	HK	AW

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemein ... 4
2. Objekt, Gegenstand der Prüfung und Abgrenzungen ... 4
2.1. Projekt - Bezeichnung ... 4
2.2. Objekt ... 4
2.3. Beauftragung ... 5
2.4. Gegenstand der Prüfung ... 5
2.5. Abgrenzung ... 5
2.6. Prüfmethodik ... 5
2.7. Bereinigung am Prüfobjekt während der Prüftätigkeit ... 6
3. Selbstdeklaration ... 6
4. Grundlagen ... 6
4.1. Projektspezifische Grundlagen ... 6
4.2. Normen, Richtlinien, Merkblätter, Weisungen ... 6
4.3. Literatur ... 7
5. Zusammenfassung der Prüfergebnisse ... 7
5.1. Allgemeine Bemerkungen ... 7
5.2. Nutzungsvereinbarung ... 7
5.3. Projektbasis ... 7
5.4. Statische Berechnungen ... 7
5.5. Massnahmenplan ... 8
6. Empfehlungen und Auflagen ... 8
7. Beilagen ... 8

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

1. Allgemein

Bauherrschaft / Auftraggeber
BLT Baselland Transport AG
Fabiano Rosa
Grenzweg 1, 4104 Oberwil
Tel. +41 (0) 61 406 12 52
Fabiano.rosa@blt.ch

Projektverfasser
Gruner AG
Roland Marty, Luis Mutter
St. Jakobs-Strasse 199, 4020 Basel
Tel. +41 (0)61 317 61 61
luis.mutter@gruner.ch

Sachverständiger
Schmidt+Partner Bauingenieure AG
Andreas Walz
Bachlettenstrasse 52, 4054 Basel
Tel. +41 (0)61 205 03 57
a.walz@schmidtundpartner.ch

2. Objekt, Gegenstand der Prüfung und Abgrenzungen

2.1. Projekt - Bezeichnung

Gesamterneuerung Leimental, BLT Linie 10/17, Auflageprojekt, Los 1 Haltestelle Binningen Schloss, Perrondächer.

2.2. Objekt

Im Rahmen der Gesamterneuerung der BLT-Linie 10/17 im Leimental erhält die Haltestelle Binningen Schloss zwei neue Perrondächer. Die geplanten Perrondächer bestehen aus einer kombinierten Stahl- und Holzkonstruktion. Zwischen den Stahlträgern spannen Sekundärträger aus Holz. Die Stahlträger sind biegesteif mit Stahlstützen verbunden und diese im Fundament eingespannt. Zudem werden drei Fahrleitungsmast der BLT in die zwei Dächer integriert. Das Perrondach 2 entlang dem Birsig erhält eine Mikropfahlgründung.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

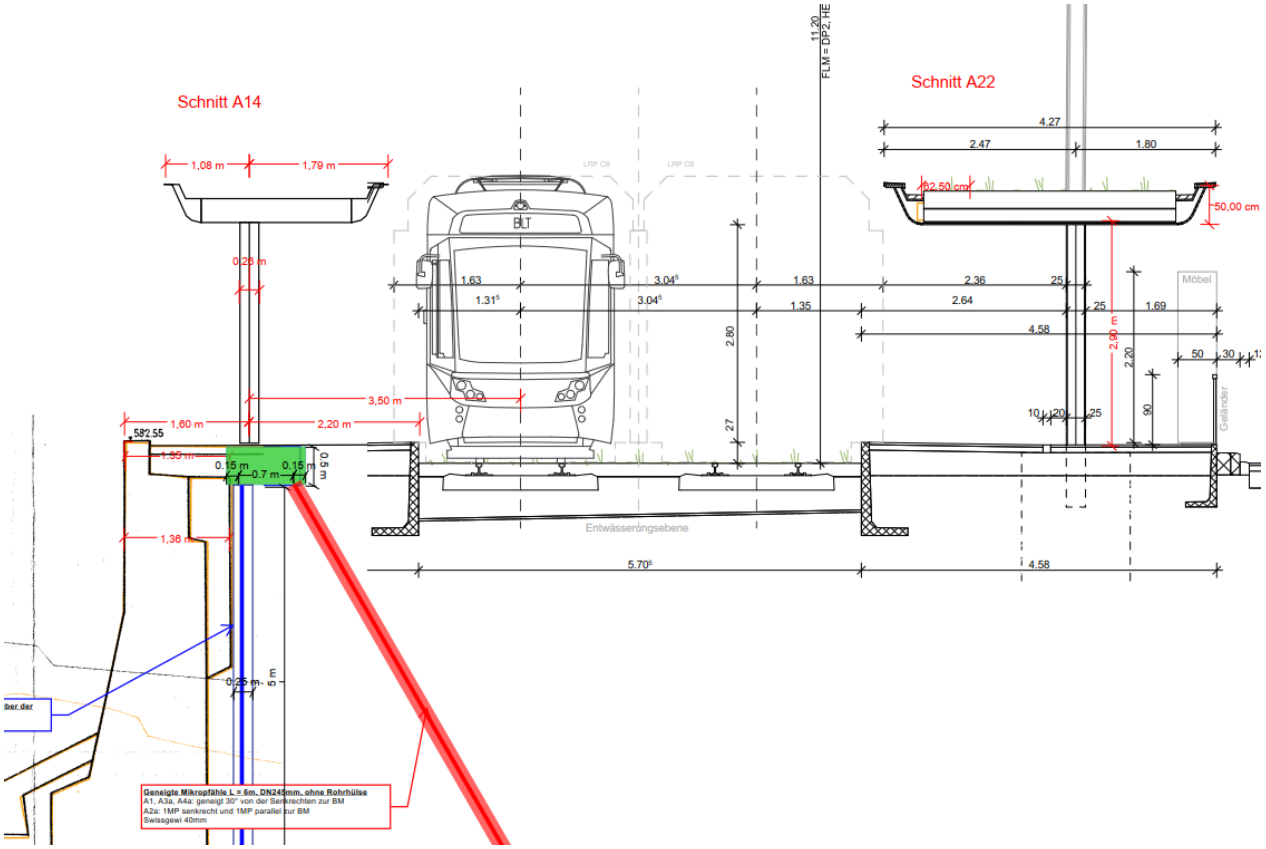


Abbildung 1: Auszug Plan Anhang C Bemessung der Mikropfähle

2.3. Beauftragung

Der Sachverständige wurde von der BLT mit dem Mandat zur Prüfung des Auflageprojektes: Gesamterneuerung Leimental BLT Linie 10/17, Los 1 Haltestelle Binningen Schloss, Perrondächer beauftragt.

2.4. Gegenstand der Prüfung

Prüfung der Unterlagen vom 31. Juli 2026. Es wurden die Nutzungsvereinbarung (31.07.2026), die Projektbasis (31.07.2026) und die statische Berechnung (31.07.2026) inkl. Konstruktionsdetails geprüft.

2.5. Abgrenzung

Der vorliegende Bericht bezieht sich auf den überarbeitete Projektstand vom 31.07.2026. Die Stellungnahmen und Kommentare beziehen sich ausschliesslich auf die geprüften Dokumente und sind im Anhang zum vorliegenden Prüfbericht zu finden.

2.6. Prüfmethodik

Die Schmidt+Partner Bauingenieure AG ist als Sachverständiger (Prüfingenieur) beauftragt, das Projekt von Gruner AG zu prüfen. Die grundlegenden Projektdokumente (Nutzungsvereinbarung, Projektbasis, statische Berechnung) wurden begutachtet und die wesentlichen statischen Nachweise wurden durch den Prüfingenieur anhand von Vergleichsrechnungen plausibilisiert. Zu

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

diesem Zweck wurde ein eigenes statisches Modell in RFEM 6 erstellt und überschlägige Handrechnungen geführt.
Die konstruktiven Details wurden auf Richtigkeit, Vollständigkeit, Normkonformität, Umsetzung der Ergebnisse der statischen Berechnungen geprüft.

2.7. Bereinigung am Prüfobjekt während der Prüftätigkeit

Auf Wunsch der Bauherrschaft wurde die Prüftätigkeit des Sachverständigen mit dem Beginn der Projektierungsarbeiten gestartet. Ziel war eine enge Begleitung des Projektverfassers mit Präsentation und Diskussion der Zwischenergebnisse. In den ersten Schritten wurden die Nutzungsvereinbarung und die Projektbasis bereinigt. Im Weiteren wurden dann Schritt für Schritt die statischen Berechnungen und die Massnahmenvorschläge besprochen. Die Prüfstatik Version 0.1 vom 20.07.2026 und die tabellarische Zusammenstellung der Bemerkungen / Empfehlungen und Forderungen ebenfalls vom 20.07.2026 wurden dem Projektverfasser abgegeben woraufhin dieser seine Nutzungsvereinbarung, Projektbasis und Statik überarbeitet hatte.

3. Selbstdeklaration

Der beauftragte Sachverständige bestätigt über die erforderliche Erfahrung, Expertise und Kenntnisse in der Beurteilung und Prüfung von durch Gleise genutzter Infrastrukturobjekte zu verfügen.

4. Grundlagen

Die Prüfung erfolgt auf Grundlage der Projektunterlagen des Projektverfassers (einschliesslich älterer Versionen, im Folgenden nicht aufgelistet) und der geltenden Normenwerke und Richtlinien.

4.1. Projektspezifische Grundlagen

[D1] Gruner AG, «BLT Linie 10/17, Auflageprojekt, Haltestelle Binningen Schloss, Perrondächer, Nutzungsvereinbarung», Basel, 31.07.2026
[D2] Gruner AG, «BLT Linie 10/17, Auflageprojekt, Haltestelle Binningen Schloss, Perrondächer, Projektbasis», Basel, 31.07.2026
[D3] Gruner AG, «BLT Linie 10/17, Auflageprojekt, Haltestelle Binningen Schloss, Perrondächer Statische Berechnung», Basel, 31.07.2026
[D4] Bericht Risikoanalyse Parallelführung Strasse / Schiene Heuwaage – Ettingen / Los 1, Emch+Berger, 16.07.2025
[D5] Geologisch-geotechnische und abfallrechtliche Untersuchungen Untergrund, Basel – Ettingen, BLT Linie 10/17, Fahrbahnerneuerung, 25.04.2025
[D6] Baugrunduntersuchungen, Basel - Ettingen, BLT Linie 10/17 Fahrbahnerneuerung, Geotechnisches Institut ABG Basel, 22.10.2025
[D7] BLT – Projektierungsrichtlinie, Linie 10/17, Bahn- & Tiefbau, BLT AG, 11.12.2024
[D8] BLT – Projektierungsrichtlinie «Bemessung von Standard Fahrleitungsmastfundamente», Version 1.0, 30.09.2024

4.2. Normen, Richtlinien, Merkblätter, Weisungen

[N1] Norm SIA 260 «Grundlagen der Projektierung von Tragwerken», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2013
[N2] Norm SIA 261 «Einwirkungen auf Tragwerke», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2020

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

[N3] Norm SIA 261/1 «Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2020
[N4] Norm SIA 262 «Betonbau», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2025
[N5] Norm SIA 262/1 «Betonbau – Ergänzende Festlegungen», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2019
[N6] Norm SIA 263 «Stahlbau» inkl. Korrigenda C1, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2022
[N7] Norm SIA 263/1 «Stahlbau – Ergänzende Festlegungen», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2020
[N8] Norm SIA 267 «Geotechnik» inkl. Korrigenda C2, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2013
[N9] Norm SIA 267/1 «Geotechnik – Ergänzende Festlegungen» inkl. Korrigenda C2, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2013
[N10] Richtlinie «Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung» (AB-EBV), Bundesamt für Verkehr (BAV), Bern, 21.05.2024
[N11] Richtlinie «Projektierungshandbuch für Ingenieure – Neubau und Erhaltung von Kunstbauten» (PHI), Kantone AG, BS, BL, SO, 26.05.2023
[N12] WAV 332 Betonbau, «Ausführungsvorschriften für Bauarbeiten», TBA BS (Vers. 5, 30. Juni 2023)
[N13] Norm SIA 118/262 Allgemeine Bedingungen für Betonbau, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2026

4.3. Literatur

[L1] Fédération internationale du béton (fib), «fib Model Code for Concrete Structures 2020», Ernst & Sohn, Lausanne, 2024

5. Zusammenfassung der Prüfergebnisse

5.1. Allgemeine Bemerkungen

Die Stellungnahmen und Kommentare des Sachverständigen beziehen sich ausschliesslich auf die geprüften Dokumente, die im Kapitel 4 angegeben sind. Die Anmerkungen des Sachverständigen sind in den folgenden Kapiteln zusammengefasst und werden in der Beilage B in tabellarischer Form mit einer Wertung (Bemerkung, Empfehlung, Forderung und redaktionelle Anforderung) und Massnahmenvorschlag detailliert aufgelistet. Bereinigte Punkte verbleiben in der Tabelle in durchgestrichener Form.
Die Ergebnisse der Prüfstatik und die Dokumentation der Prüfstatik ist der Beilage A zu entnehmen.

5.2. Nutzungsvereinbarung

Die Nutzungsvereinbarung ist bereinigt. Die Bemerkung des Sachverständigen zur Nutzungsvereinbarung sind diesem Bericht in Tabellenform in der Beilage B angefügt.

5.3. Projektbasis

Die Projektbasis ist bereinigt. Die Bemerkung des Sachverständigen zur Projektbasis sind diesem Bericht in Tabellenform in der Beilage B angefügt.

5.4. Statische Berechnungen

Der Sachverständige prüft im Grundsatz die Vorgehensweise, die Eingangsparameter und die Nachweisführung der statischen Berechnungen des Projektverfassers. Die Ergebnisse der FE-Berechnung können nur qualitativ beurteilt werden. Die eigentliche Prüfung erfolgt mit der Prüfstatik.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Die gewählten statischen Modelle (2 Dächer) des Projektverfassers berücksichtigen jeweils das gesamte Perrondach und wird als Stabtragwerk behandelt. Die einzelnen in sich biegesteifen verbundenen T-Rahmen werden am Fusspunkt eingespannt.

Die Nachweisführung erfolgt am Stabtragwerk. Die Ergebnisse der Prüfstatik bestätigen die normativ geforderten Sicherheiten im Grenzzustand der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit.
Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse Projektverfasser / Sachständiger ist der Beilage A «Prüfstatik» zu entnehmen.
Bemerkung und Kommentare des Sachverständigen zur Statik sind diesem Bericht in einer tabellarischen Zusammenstellung in der Beilage B angefügt.

5.5. Massnahmenplan

Die massgebenden konstruktiven Details sind Bestandteil der Statischen Berechnungen des Projektverfassers und werden dort beurteilt.

6. Empfehlungen und Auflagen

Das vorliegend bereinigte Projekt kann unter Berücksichtigung der in der Beilage B tabellarisch aufgelisteten Punkte zur Umsetzung empfohlen werden. Die Stellungnahmen und Kommentare beziehen sich ausschliesslich auf die geprüften Dokumente und sind in der Beilage zum vorliegenden Prüfbericht zu finden. Die statischen Vergleichsberechnungen des Sachverständigen bestätigen die Ergebnisse des Projektverfassers.

7. Beilagen

A: Prüfstatik

B: Tabellarische Zusammenstellung der Bemerkungen / Empfehlungen und Forderungen, inkl. Rückmeldung des Projektverfassers

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

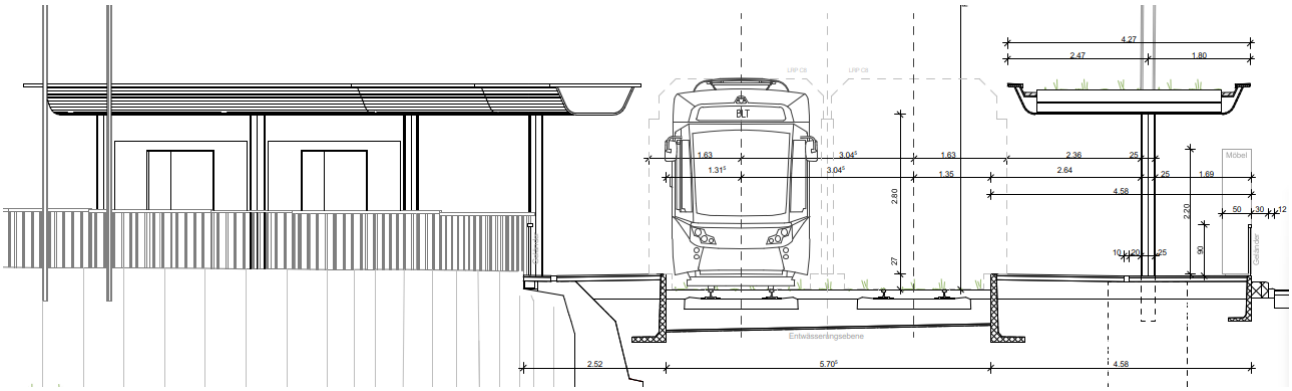
Beilage A

HAUPTSITZ:
4054 Basel
Bachlettenstrasse 52
Tel. 061 205 03 50
Fax 061 205 03 55
info@schmidtundpartner.ch
www.schmidtundpartner.ch

FILIALEN:
4106 Therwil BL
Gempenstrasse 3
5400 Baden AG
Mellingerstrasse 1
3628 Uttigen BE
Flurweg 12

W. Schmidt Dr. Ing. ETH/SIA
A. Antoniadis dipl. Bauleiter / REG C
T.R. Meier dipl. Ing. ETH/SIA
T. Minder BSc FH
B. Trost Dr. Ing. ETH/SIA
A. Walz dipl. Ing. TH/SIA

SCHMIDT PARTNER BAUINGENIEURE AG



Gesamterneuerung Leimental
BLT-Linie 10/17
Auflageprojekt
Los 3 Perrondächer Haltestelle Binningen-Schloss

BLT Baselland Transport AG, Grenzweg 1, 4104 Oberwil

Sachverständigenprüfung – Prüfbericht

Projektnummer (intern): 3298

Basel, den 04.08.2026

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Impressum:

Adressen:

Bauherrschaft	BLT Baselland Transport AG Fabiano Rosa Grenzweg 1, 4104 Oberwil Tel. +41 (0) 61 406 12 52 Fabiano.rosa@blt.ch
Projektverfasser	Gruner AG St. Jakobs-Strasse 199, 4020 Basel Tel. +41 (0)61 317 61 61 luis.mutter@gruner.ch
Sachverständiger	Schmidt+Partner Bauingenieure AG Andreas Walz Bachlettenstrasse 52, 4054 Basel Tel. +41 (0)61 205 03 50 a.walz@schmidtundpartner.ch

Verfasser:

Name:	Julia Fritz, M.Sc.	Andreas Walz, Dipl.-Ing. TH Tel. +41 (0)61 205 03 57 @ a.walz@schmidtundpartner.ch

Änderungsverzeichnis:

Version	Anpassung / Änderung	Datum	Projekting.	Projektleiter
0.1	1. Fassung / Entwurf	20.07.2026	JF	AW
1.0	Abgabe	04.08.2026	JF	AW

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung der Ergebnisse 5
1.1. Tabellarische Gegenüberstellung der Ausnutzung 5
2. Objekt 7
2.1.1. Abmessungen und Materialien 7
2.1. Umfang der Prüfung 7
3. Grundlagen 8
3.1. Projektspezifische Grundlagen 8
3.2. Normen, Richtlinien, Merkblätter, Weisungen 8
4. Modellbildung 9
4.1. Materialkennwerte 9
4.2. Baugrundverhältnisse 9
5. Einwirkungen 10
5.1. Ständige Einwirkungen 10
5.1.1. Eigengewicht – $G_{k,1}$ 10
5.1.2. Auflast – $G_{k,2}$ 10
5.2. Veränderliche Einwirkungen 10
5.2.1. Nutzlast - Q_k 10
5.2.2. Windlast - W_k 11
5.2.3. Schneelast -S_k 12
5.2.4. Erdbeben – A_k 12
5.2.5. Imperfektion 12
5.3. Lastfallkombinationen/Gefährdungsbilder 13
5.3.1. Grenzzustand der Tragsicherheit 13
5.3.2. Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit 13
6. Dach1 – T-Rahmen 14
6.1. GZT-Typ 2 14
6.1.1. Dach – Holzkonstruktion 14
6.1.2. T-Rahmen - Stahlkonstruktion 16
6.2. GZT-Typ 2 – Erdbeben 23
6.2.1. T-Rahmen - Stahlkonstruktion 23
6.3. Anschlüsse 26
6.3.1. Anschluss HEB220-Träger an Standard-Kreuzstütze 26
6.3.2. Anschluss FLM an Dachkonstruktion 29
6.3.3. Anschluss Dachträger an Kreuzstütze (FLM) 32
6.3.4. Anschluss Kreuzstütze an Fundament 34
6.3.5. Anschluss Kreuzstütze mit FLM an Fundament 34
6.4. GZT-Typ 1/2/3 - Fundation 35

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

6.4.1. Fundament Standard-Kreuzstütze ... 37
6.4.2. Fundament FLM ... 37
6.5. Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ... 38
7. Dach 2 ... 39
7.1. GZT-Typ 2 ... 39
7.1.1. Dach – Holzkonstruktion ... 39
7.1.2. Stahlkonstruktion ... 39
7.2. GZT-Typ 2 - Erdbeben ... 45
7.3. Anschlüsse ... 47
7.3.1. Stoß HEB220 ... 47
7.3.2. HEB 220 (Dachrand) an HEB 220 (Dachträger) gelenkig ... 49
7.3.3. HEB 220 (Dachrand) an HEB 220 (Dachträger) biegesteif ... 52
7.3.4. Anschluss HEB-Träger an Kreuzstütze ... 56
7.3.5. Anschluss FLM an Dachkonstruktion ... 57
7.3.6. Anschluss Dachträger an Kreuzstütze (FLM) ... 57
7.3.7. Anschluss Kreuzstütze an Fundament ... 57
7.3.8. Anschluss Kreuzstütze mit FLM an Fundament ... 57
7.4. GZT-Typ 2 - Fundation ... 58
7.4.1. Fundament Standard-Kreuzstütze ... 60
7.4.2. Fundament FLM ... 60
7.5. Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ... 61

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

1. Zusammenfassung der Ergebnisse

1.1. Tabellarische Gegenüberstellung der Ausnutzung

Dach 1	Zielwert	Ausnutzungsgrad $\eta = E_d / R_d$ (1)	
		PV	SV
GZT Typ 2			
Holzkonstruktion			
3-Schichtplatte	1,0	<1	0,85
Holzbalken GL24h 10/22	1,0	0,9	0,9
Dach 1: T-Rahmen – Standard			
Festigkeit	1,0	0,44	0,45
Stabilität	1,0	0,48	0,6
Fundament	1,0	0,97	< 1,0
Dach 1: T-Rahmen - Fahrleitungsmast			
Festigkeit	1,0	0,94	0,85
Stabilität	1,0	0,95	0,7
Fundament	1,0	< 1,0	< 1,0
GZG			
T-Rahmen - Standard			
Verformung – horizontal	1,0	-	h/300 i.O.
Verformung – vertikal	1,0	l/150 i.O.	l/350 i.O.
T-Rahmen - Fahrleitungsmast			
Verformung – horizontal	1,0	-	h/300 nicht i.O.
Verformung – vertikal	1,0	l/150 i.O.	l/350 nicht i.O.

Der Sachverständiger kommt auf vergleichbare Resultate wie der Projektverfasser. Die Nachweise der Stahlprofile sind beim PV und SV mit vergleichbaren Ausnutzungsgrade erfüllt.

Die Nachweise im Gebrauchszustand werden gem. SIA 261(2013) Tabelle 3 und 4 geführt. Diese sind vom PV zu ergänzen. Die Durchbiegung des Trägers HEB 220 und die Auslenkung des Fahrleitungsmasten sind knapp nicht eingehalten.

Die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit wurden mit der überarbeiteten Statik des Projektverfassers vom 31.07.2026 erbracht.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Dach 2	**Zielwert**	**Ausnutzungsgrad $\eta = E_d / R_d$**(1)	
		PV	**SV**
GZT Typ 2			
Holzkonstruktion			
3-Schichtplatte	1,0	< 1,0	0,85
Holzbalken GL24h 10/22	1,0	0,9	0,9
Dach 2: T-Rahmen – FLM + Standart			
Festigkeit Stabilität Fundament	1,0 1,0 1,0	0,55 0,46 < 1,0	0,52 0,36 < 1,0
Mikropfähle	1.0	< 1,0	i.O.
GZG			
T-Rahmen - FLM + Standart			
Verformung – horizontal	1,0	40 mm i.O.	h/300 nicht i.O.
Verformung – vertikal	1,0	l/150 i.O.	l/350 nicht i.O.

Der Sachverständiger kommt auf vergleichbare Resultate wie der Projektverfasser. Die Nachweise der Stahlprofile sind beim PV und SV mit vergleichbaren Ausnutzungsgrade erfüllt.

Die Nachweise im Gebrauchszustand werden gem. SIA 261(2013) Tabelle 3 und 4 geführt. Diese sind vom PV zu ergänzen. Die Durchbiegung des Trägers HEB 220 und die Auslenkung des Fahrleitungsmasten sind nicht eingehalten. Dies wird dem PV mitgeteilt.

Die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit wurden mit der überarbeiteten Statik des Projektverfassers vom 31.07.2026 erbracht.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

2. Objekt

Im Rahmen der Gesamterneuerung der BLT-Linie 10/17 im Leimental erhält die Haltestelle Binningen Schloss zwei neue Perrondächer. Die geplanten Perrondächer besteht aus einer kombinierten Stahl- und Holzkonstruktion. Zwischen den Stahlträgern spannen Sekundärträger aus Holz. Die Stahlträger sind biegesteif mit Stahlstützen verbunden und diese im Fundament eingespannt. Zudem werden drei Fahrleitungsmast der BLT in die zwei Dächer integriert. Das Perrondach 2 entlang dem Birsig erhält eine Mikropfahlgründung.

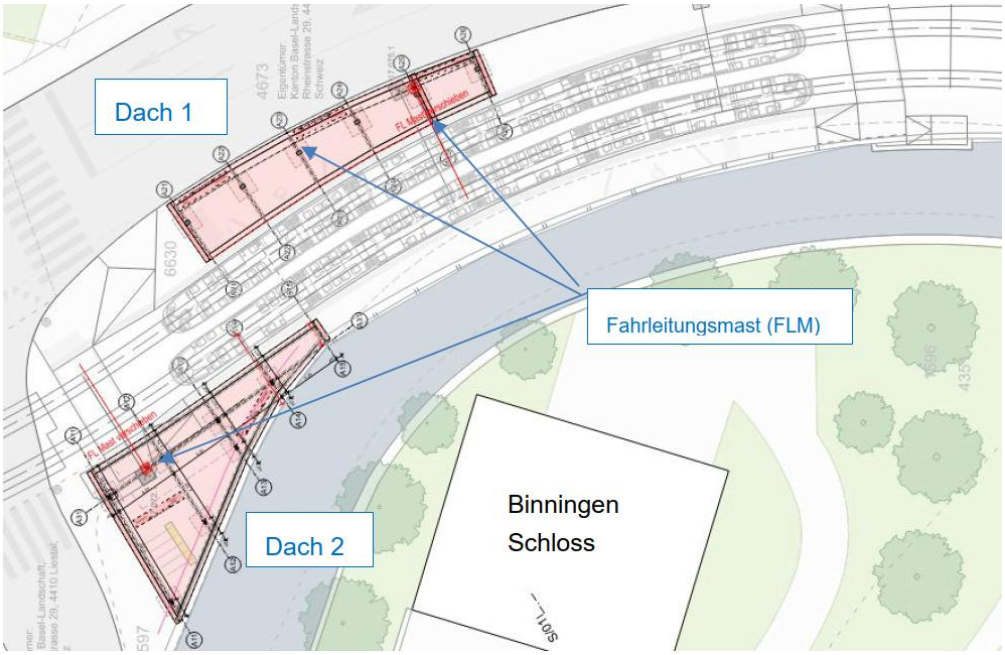


Abbildung 1 Situation Perrondächer

2.1.1. Abmessungen und Materialien

Dach 1	
Dachform	Rechteck b x l: 3-4.5 x 25.5 [m]
Fundament	1.4 x 1.4 x 1.0 / bei FLM 1.4 x 1.4 x 2.4 [m] C30/37
Kreuzstütze	350x350x30 [mm] S235 bei FLM 380x380x35 [mm] S355
Dachträger	HEB 220 S235
Holzbalken	GL24h 10x22 [cm] e= 62.5 cm, FK 2
Dach 2	
Dachform	Dreieck b x l: 1.6-10.8 x 17.5 [m]
Fundament	1.4 x 1.4 x 1.0 / bei FLM 1.4 x 1.4 x 2.4 [m] C30/37
Kreuzstütze	350x350x30 S235 bei FLM 370x370x35 [mm] S355
Dachträger	HEB 220 S235
Holzbalken	GL24h 10x22 [cm] e= 62.5 cm, FK 2

2.1. Umfang der Prüfung

Die Schmidt+Partner Bauingenieure AG ist als Sachverständiger (Prüfingenieur) beauftragt, das Projekt von Gruner AG zu prüfen. Die grundlegenden Projektdokumente (Nutzungsvereinbarung, Projektbasis, statische Berechnung) wurden begutachtet und die wesentlichen statischen Nachweise wurden durch den Prüfingenieur anhand von Vergleichsrechnungen plausibilisiert. Zu diesem Zweck wurde ein eigenes statisches Modell in RFEM 6 erstellt und überschlägige Handrechnungen geführt.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

3. Grundlagen

Die Prüfung erfolgt auf Grundlage der Projektunterlagen des Projektverfassers (einschliesslich älterer Versionen, im Folgenden nicht aufgelistet) und der geltenden Normenwerke und Richtlinien.

3.1. Projektspezifische Grundlagen

[D1] Geotechnisches Institut (22.10.25) Basel-Ettingen, BLT Linie 10/17, Fahrbahnerneuerung. Baugrunduntersuchung

[D2] Gruner AG «Haltestelle Binningen Schloss - Perrondächer, Nutzungsvereinbarung», 14.04.2026, rev. 31.07.2026

[D3] Gruner AG «Haltestelle Binningen Schloss - Perrondächer, Projektbasis», 14.04.2026, rev. 31.07.2026

[D4] Gruner AG «Haltestelle Binningen Schloss - Perrondächer, statische Berechnungen», 23.04.2026, rev. 31.07.2026

[D5] Bachelard Wagner Architekten «Binningen Schloss Übersichtsplan, Grundriss und Schnitt, Auflageprojekt»

3.2. Normen, Richtlinien, Merkblätter, Weisungen

[N1] Norm SIA 260 «*Grundlagen der Projektierung von Tragwerken*», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2013

[N2] Norm SIA 261 «*Einwirkungen auf Tragwerke*», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2020

[N3] Norm SIA 261/1 «*Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen*», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2020

[N4] Norm SIA 262 «*Betonbau*», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2025

[N5] Norm SIA 262/1 «*Betonbau – Ergänzende Festlegungen*», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2019

[N6] Norm SIA 263 «*Stahlbau*», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2013

[N7] Norm SIA 263/1 «*Stahlbau – Ergänzende Festlegungen*», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2020

[N8] Norm SIA 267 «*Geotechnik*», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2013

[N9] Norm SIA 267/1 «*Geotechnik– Ergänzende Festlegungen*», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2013

[N10] Richtlinie «*Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung*» (AB-EBV), Bundesamt für Verkehr (BAV), Bern, 21.05.2024

[N11] Richtlinie «*Projektierungshandbuch für Ingenieure – Neubau und Erhaltung von Kunstbauten*» (PHI), Kantone AG, BS, BL, SO, 26.05.2023

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

4. Modellbildung

4.1. Materialkennwerte

Beton	gemäss SN EN 206: NPK Sorte G C30/37
Betonstahl	Duktilitätsklasse B (B500B)
Baustahl	S235 und S355
Holzbau	GL24h
Mikropfähle	Swiss-Gewi B500B d=40mm

4.2. Baugrundverhältnisse

Boden	Eigenschaften
Künstliche Auffüllungen *Bis ca. 0.7m*	γ = 20 kN/m^3 φ' = 30° ; c'= 0 kN/m^2 $M_{E,1}$ = 10 MN/m^2
Schwemmlehme *ca. ab 0.7 m*	γ = 18.5 kN/m^3 φ' = 29° ; c'= 0 kN/m^2 $M_{E,1}$ = 4 MN/m^2
Lokalschotter *ca. ab -2.7m unter Terrain*	γ = 21 kN/m^3 φ' = 34° ; c'= 0 kN/m^2 $M_{E,1}$ = 30 MN/m^2
Niederterassenschotter *ca. ab -2.7 unter Terrain*	γ = 21.5 kN/m^3 φ' = 37° ; c'= 0 kN/m^2 $M_{E,1}$ = 75 MN/m^2
Meletta-Schichten *ca. ab -10m unter Terrain*	γ = 21.5 kN/m^3 φ' = 25° ; c'= 30 kN/m^2 $M_{E,1}$ = 80 MN/m^2

Tabelle 1 Angenommene Baugrundeigenschaften

MW-Grundwasser ab ca. -5m unter Terrain

Empfehlung der Fundation gem. PNP im Anhang der statischen Berechnungen:
Mikropfähle, welche mind. 3m im Fels eingebunden werden:

Meletta-Schichten (min. 3.0 m Einbindung im Fels)

Mantelreibung	$\sigma_{m,k\ (Druck)}$	=	100 - 150	kN/m^2
Mantelreibung	$\sigma_{m,k\ (Zug)}$	=	80 - 120	kN/m^2
Spitzenwiderstand	$\sigma_{s,k}$	=	4‘000 - 7‘000	kN/m^2

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

5. Einwirkungen

5.1. Ständige Einwirkungen

5.1.1. Eigengewicht – $G_{k,1}$

- Stahlbeton $\gamma = 25 \frac{kN}{m^3}$
- Stahl $\gamma = 78{,}5 \frac{kN}{m^3}$
- Holz $\gamma = 5 \frac{kN}{m^3}$

5.1.2. Auflast – $G_{k,2}$

Die Größe der Auflast wird dem Statischen Bericht des Projektverfassers entnommen.

Auflasten		
- Auflast aus Dachaufbau:	- Substrat mit extensiver Begrünung 12cm	g_{ek} = 1.80 kN/m2
	- Wurzelschutzbahn	g_{ek} = 0.01 kN/m2
	- Drainagebahn 2cm	g_{ek} = 0.05 kN/m2
	- Abdichtung (3-lagig)	g_{ek} = 0.21 kN/m2
	- 3-Schicht-Platte Holz 2cm	g_{ek} = 0.10 kN/m2
	- Gefällekeile Holz	g_{ek} = 0.01 kN/m2
	- Holzbalken 20/10, a=0.5m	g_{ek} = 0.20 kN/m2
	- Konterlattung	g_{ek} = 0.03 kN/m2
	- Lattung	g_{ek} = 0.12 kN/m2
	→ Summe der Dachauflasten	g_{ek}= 2.53 kN/m²

Abbildung 1 Auflast gemäß [D3]

5.2. Veränderliche Einwirkungen

5.2.1. Nutzlast - Q_k

Es liegt ein nichtbegehbares Dach vor. Die Einwirkung beträgt entweder 1 kN in ungünstigster Stellung oder 0,4 kN/m² flächig.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

5.2.2.Windlast - W_k

Zunächst wird der Staudruck $q_p = c_h * q_{p0} = 0{,}79 * 1{,}1kN/m^2 = 0{,}87kN/m^2$ ermittelt. Hierfür gilt $c_h = 1{,}6 * \left[\left(\frac{z}{z_g}\right)^{\alpha_r} + 0{,}375\right]^2 = 1{,}6 * \left[\left(\frac{3{,}5}{450}\right)^{0{,}23} + 0{,}375\right]^2 = 0{,}79$ und $q_{p0} = 1{,}1kN/m^2$.

Der Winddruck wird maßgebend, wenn ein Zug auf den Gleisen steht.

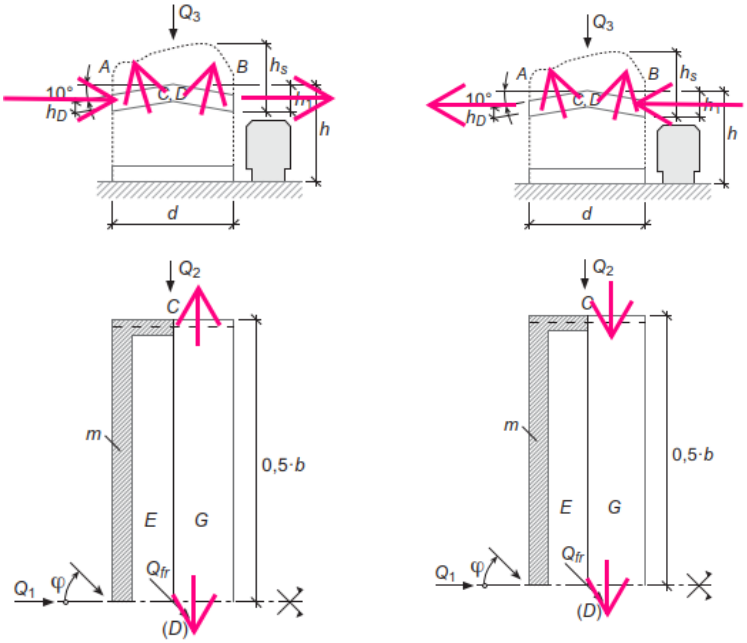


Abbildung 2 Windeinwirkung: Wind auf lange Seite (links), Wind auf kurze Seite (rechts)

	Wind auf lange Seite	Wind auf kurze Seite
$w_{ek,A}$	$0{,}74kN/m^2$	$-0{,}44kN/m^2$
$w_{ek,B}$	$-0{,}39N/m^2$	$0{,}7N/m^2$
$w_{ek,C}$	$-1{,}13N/m^2$	$0{,}96N/m^2$
$w_{ek,D}$	$-1{,}13kN/m^2$	$-0{,}52kN/m^2$
$w_{ek,E}$	$-1{,}39kN/m^2$	$-0{,}09kN/m^2$
$w_{ek,G}$	$-0{,}61kN/m^2$	$-0{,}09kN/m^2$
$w_{ek,m}$	$-1{,}65kN/m^2$	$-0{,}26kN/m^2$

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

5.2.3.Schneelast -S_k

Die Schneelast liegt bei $q_k = \mu_i * C_e * C_T * s_k = 0{,}8 * 1{,}0 * 1{,}0 * 0{,}9 = 0{,}72 kN/m^2$

Mit $\mu_1 = 0{,}8$,

$C_e = C_T = 1{,}0$

$s_k = \left[1 + \left(\frac{h_0}{350}\right)^2\right] * 0{,}4 kN/m^2 = \left[1 + \left(\frac{296}{350}\right)^2\right] * 0{,}4 kN/m^2 = 0{,}69 kN/m^2 \geq 0{,}9 kN/m^2$

5.2.4.Erdbeben – A_k

Gemäss SIA 261, Kapitel 16 gilt:

Bauwerksklasse I $\rightarrow \gamma_{gd} = 1{,}0$

Erdbebenzone Z3 $\rightarrow a_{gd} = 1{,}3 m/s^2$

Baugrund vorwiegend Klasse E $\rightarrow$ S = 1,7; T_B = 0,09s; T_C = 0,25s; T_D = 2,0s; I_g = 500m

5.2.5.Imperfektion

Auf die senkrechten Bauteile wird eine Imperfektion in Form einer Vorverdrehung von l/200 in y- und x-Richtung aufgebracht.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

5.3. Lastfallkombinationen/Gefährdungsbilder

5.3.1. Grenzzustand der Tragsicherheit

Gemäss SIA 260, Ziffer 4.4.3 gelten für den Grenzzustand der Tragsicherheit die folgenden Überprüfungssituationen:

$E_d = E\{\gamma_G G_k + \gamma_{Q1} Q_{1,k} + \psi_{0i} Q_{i,k}\}$ *(andauernde und vorübergehende Überprüfungssituation)* (1)

$E_d = E\{G_k + A_d + \psi_{2i} * Q_{i,k}\}$ *(aussergewöhnliche Überprüfungssituation)* (2)

	$G_{k,1}$	$G_{k,2}$	Q_k	W_k	S_k	A_k
GZT Typ 2 nach *(1)*	1,35 0,80	1,35 0,80	1,5	0,6	0,8	-
GZT Typ 2 nach *(2)*, Erdbeben	1,00	1,00	-	-	-	1,00
GZT Typ 3 nach *(1)*	1,00	1,00	1,30	0,6	0,8	-

Tabelle 2 Zusammenfassung der Last- und Reduktionsbeiwerte der massgebenden Überprüfungssituationen im GZT

Ist der Nachweis der Einhüllenden nicht erfüllt, werden die einzelnen maßgebenden Schnittgrößen in der dazugehörigen Lastkombination betrachtet.

5.3.2. Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Gemäss SIA 260, Ziffer 4.4.4 gelten für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit die folgenden Überprüfungssituationen:

$E_d = E\{G_k + Q_{1,k} + \psi_{0i} * Q_{i,k}\}$ *(seltene Überprüfungssituation)* (3)

$E_d = E\{G_k + \psi_{11} * Q_{1,k}\}$ *(häufige Überprüfungssituation)* (4)

$E_d = E\{G_k + \psi_{2i} * Q_{i,k}\}$ *(quasi-ständige Überprüfungssituation)* (5)

	$G_{k,1}$	$G_{k,2}$	Q_k	W_k	S_k	A_k
GZG selten *(3)*	1,00	1,00	1,00	0,6	0,8	-
GZG häufig *(4)*	1,00	1,00	-	0,5	0,2	-
GZG quasi-ständig *(5)*	1,00	1,00	-	-	-	-

Tabelle 3 Zusammenfassung der Last- und Reduktionsbeiwerte der massgebenden Überprüfungssituationen im GZG

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

6. Dach1 – T-Rahmen

6.1. GZT-Typ 2

6.1.1. Dach – Holzkonstruktion

Zwischen den Stahlträgern (HEB220) spannt alle e= 62.5 cm ein Holzbalken mit den Abmessungen 10/20 cm und zwischen diesen Holzträgern eine 21 mm dicke Dreischichtplatte. Annahme: alle 3 Schichten sind gleich dick mit 7mm.

Holzplatte (t=21 mm, 3x 7 mm)

Einwirkung:

LE Nutzlast $q_{ed} = 1{,}35 * 2{,}2 + 1.5 * 0.4 + 0.8 * 0.72 + 0.6 * 0.17 = 4.25 kN/m^2$

LE Nutzlast Punktlast $q_{ed} = 1{,}35 * 2{,}2 + 0 * 0.4 + 0.8 * 0.72 + 0.6 * 0.17 = 3.65\ kN/m^2$

$Q_{ed} = 1{,}5 * 1kN = 1{,}5kN/m$

Schnittgrößen: Es wird konservativ von einem Einfeldträger ausgegangen.

$$m_{ed} = \frac{4.25kN/m^2 * (0{,}625m)^2}{8} = 0{,}2\ kNm/m$$

$$m_{ed} = \frac{3.65kN/m^2 * (0{,}625m)^2}{8} + 1{,}5kN/m * \frac{0{,}625m}{4} = 0{,}41\ kNm/m$$

$$v_{ed} = \frac{3.65\ kN/m^2 * 0{,}625m}{2} + \frac{1{,}5kN/m}{2} = 1.9\ kN/m$$

Widerstand:

Biegetragfähigkeit: $f_{m,d} = \frac{\eta_m * \eta_t * \eta_w}{\gamma_M} * f_{m,k} = 0.8 * 18.5 = 14{,}8\ N/mm^2$

Mit:	$f_{m,0,d} = 18.5\ N/mm^2$	Mehrlagige Massivholzplatte
	$\eta_t = 1{,}0$	allgemein
	$\eta_w = 0{,}8$	Festigkeitsreduktion, Feuchteklasse 2
	$\eta_w = 0{,}9$	Steifigkeitsreduktion, Feuchteklasse 2

Schubtragfähigkeit: $f_{v,d} = 0{,}8 * 2{,}5 = 2{,}0\ N/mm^2$

Nachweis:

Biegung: $\sigma_{m,d} = \frac{m_{ed}}{t^2/6} = \frac{0{,}41kNm/m}{1m*(0{,}014m)^2/6} = 12.6 \frac{N/mm^2}{m} \leq f_{m,d} = 14.8\ N/mm^2$

Schub: $\tau_{v,d} = 1{,}5 * \frac{v_{ed}}{h} = 1{,}5 * \frac{1{,}9\frac{kN}{m}}{0{,}014m*1m} = 0{,}2 \frac{\frac{N}{mm^2}}{m} \leq f_{v,d} = 2{,}0\ N/mm^2$

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Holzbalken BSH GL 24h10/22cm, e=62.5cm

Einwirkung:

Auflast und Eigengewicht: q_k= 2.33 kN/m²*e + 0.22 kN/m² = 1.68 kN/m²

LE Nutzlast $q_{ed} = (1{,}35 * 1.68\,\mathrm{kN/m2} + 1{,}5 * 0{,}4 * e + 0{,}8 * 0{,}72 * e + 0.6 * 0.17 * e = 3.1\,\mathrm{kN/m2}$

Schnittgrößen: Es wird von einem Einfeldträger ausgegangen.

$$m_{ed} = \frac{3{,}1\ kN/m^2 * (4{,}8m)^2}{8} = 8{,}9\ kNm$$

$$v_{ed} = \frac{3{,}1\ kN/m^2 * 4{,}8m}{2} = 7{,}4kN$$

Widerstand:

Biegetragfähigkeit: $f_{m,d} = \frac{\eta_m * \eta_t * \eta_w}{\gamma_M} * f_{m,k} = 0.8 * 16 = 12{,}8\ N/mm^2$

Mit:	$f_{m,d} = 16N/mm^2$	GL24h
	$\eta_t = 1{,}0$	allgemein
	$\eta_w = 0{,}8$	Festigkeitsreduktion, Feuchteklasse 2
	$\eta_w = 0{,}9$	Steifigkeitsreduktion, Feuchteklasse 2

Schubtragfähigkeit: $f_{v,d} = 0{,}6 * 1{,}8 = 0{,}9\ N/mm^2$

Nachweis:

Biegung: $\sigma_{m,d} = \frac{m_{ed}}{b*h^2/6} = \frac{8.9\ kNm}{0{,}1m*(0{,}22m)^2/6} = 11.1\ N/mm^2 \leq f_{m,d} = 12{,}8\ N/mm^2$

Schub: $\tau_{v,d} = 1{,}5 * \frac{v_{ed}}{h*b} = 1{,}5 * \frac{7{,}3\ kN}{0{,}1m*0{,}22m} = 0{,}5\ N/mm^2 \leq f_{v,d} = 0{,}9N/mm^2$

Auflagerpressung:

Querdrucktragfähigkeit: $f_{c,90,d} = 0{,}8 * 1{,}9 = 1{,}52\ N/mm^2$

Auflagerdruck: $\sigma_{c,90,d} = 1{,}5 * \frac{7{,}4}{0{,}1m*0{,}08m} = 1491kN/m^2 = 1{,}49N/mm^2 \leq f_{c,90,d}$

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

6.1.2.T-Rahmen - Stahlkonstruktion

Das Haupttragwerk setzt sich aus einer Kreuzstütze und einem HEB-Träger zusammen.

Einwirkung (Lasteinzugsbreite 4,8m, aus Plan gemessen)

- Ständige Einwirkung: g_{ek} = 12,2 kN/m
- Veränderliche Einwirkung:
  - Nutzlast q_{ek} = 1,92 kN/m
  - Windlast
    - Auf kurze Seite
      - Auf lange Seite (Dach (0,5m) /Stütze (0,26m))
        - $w_{ek,A} = -0{,}44 kN/m^2$
        - $w_{ek,B} = 0{,}7 kN/m^2$
      - Auf kurze Seite (Dach (0,5m) /Stütze (0,26m))
        - $w_{ek,C} = 0{,}96 kN/m^2$
        - $w_{ek,D} = -0{,}52 kN/m^2$
      - Dach
        - $w_{ek,E} = -0{,}43 kN/m$
        - $w_{ek,G} = -0{,}43 kN/m$
        - $w_{ek,m} = -1{,}24 kN/m$
    - Auf lange Seite
      - Auf lange Seite (Dach (0,5m) /Stütze (0,26m))
        - $w_{ek,A} = 0{,}74 kN/m^2$
        - $w_{ek,B} = -0{,}39 kN/m^2$
      - Auf kurze Seite (Dach (0,5m) /Stütze (0,26m))
        - $w_{ek,C} = -1{,}13 kN/m^2$
        - $w_{ek,D} = -1{,}13 kN/m^2$
      - Dach
        - $w_{ek,E} = -6{,}6 kN/m$
        - $w_{ek,G} = -2{,}9 kN/m$
        - $w_{ek,m} = -7{,}8 kN/m$
  - Schnee s_{ek} = 3,5 kN/m

Bemessung mittels RFEM 6

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

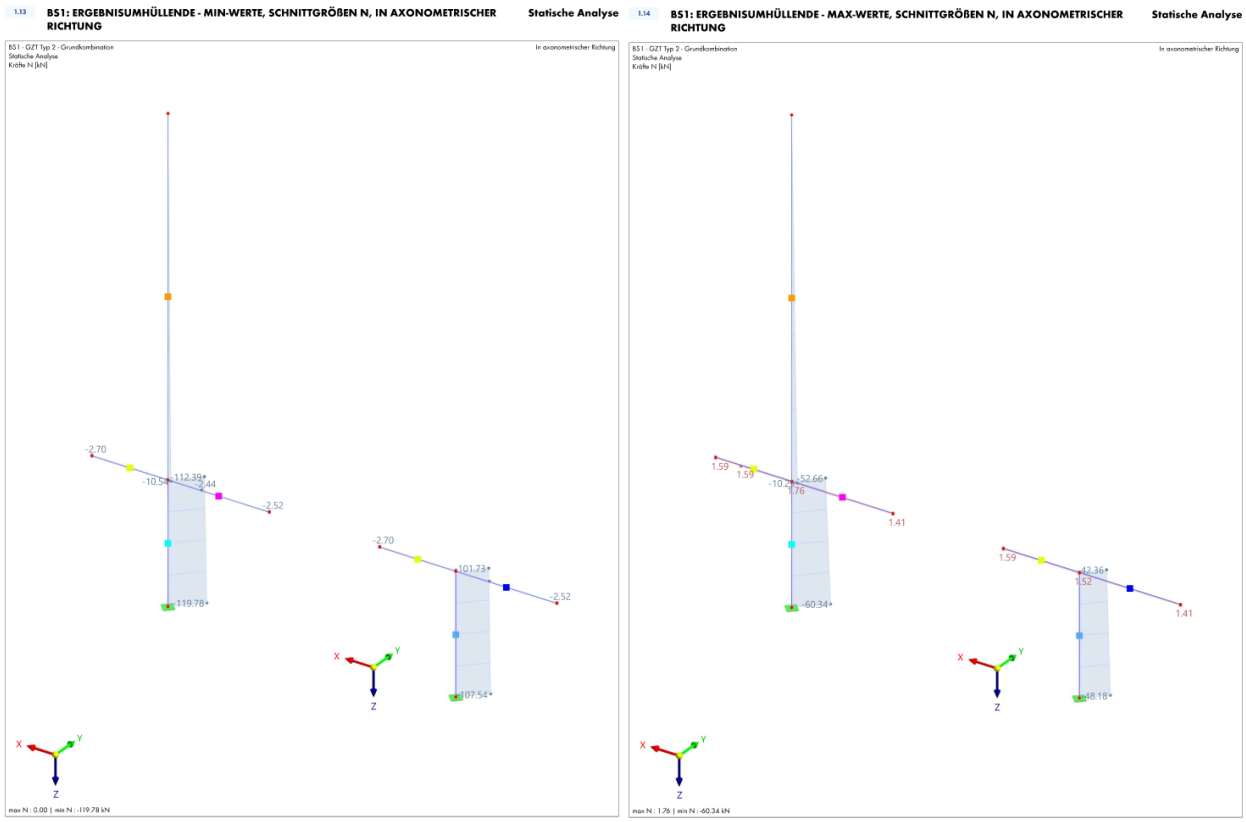


Abbildung 3 Minimale und maximale Normalkraft aus der Überprüfungssituation (1)

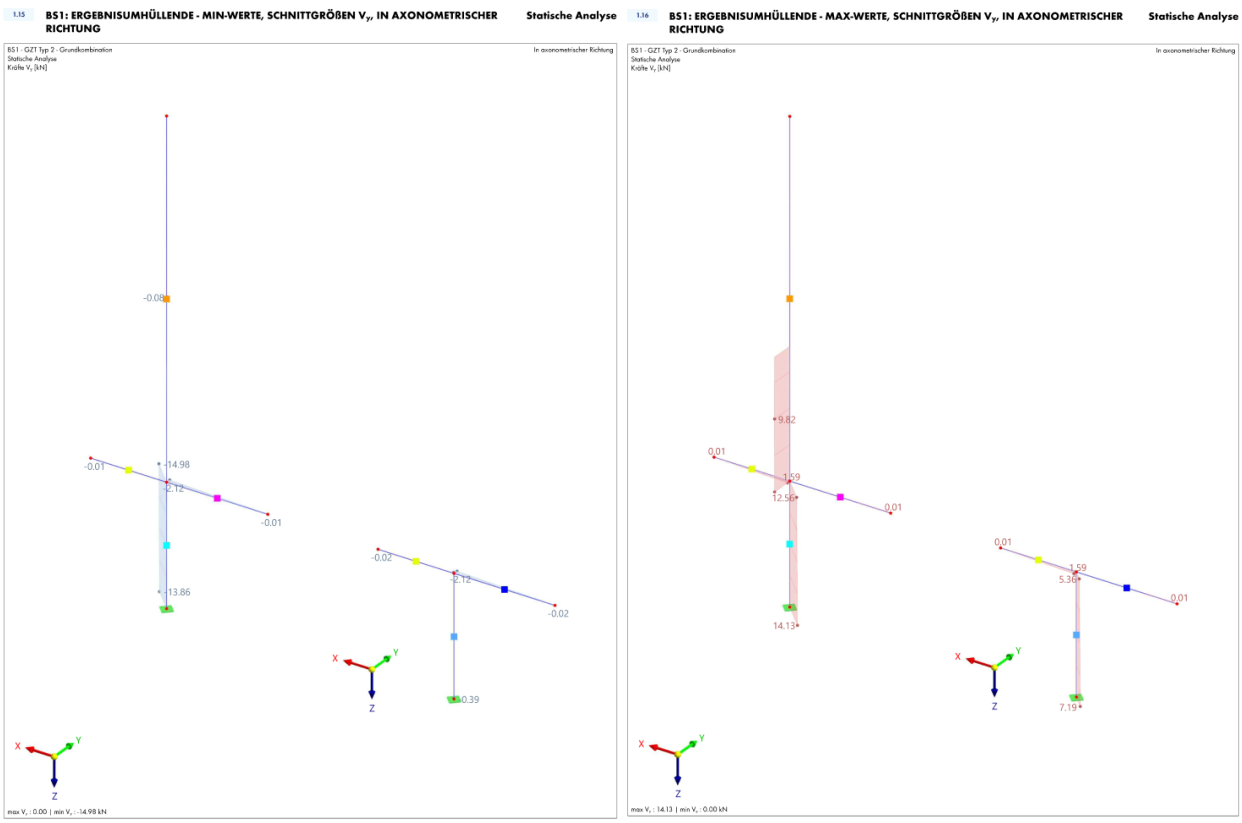


Abbildung 4 Minimale und maximale Querkraft in lokale y-Richtung aus der Überprüfungssituation (1)

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

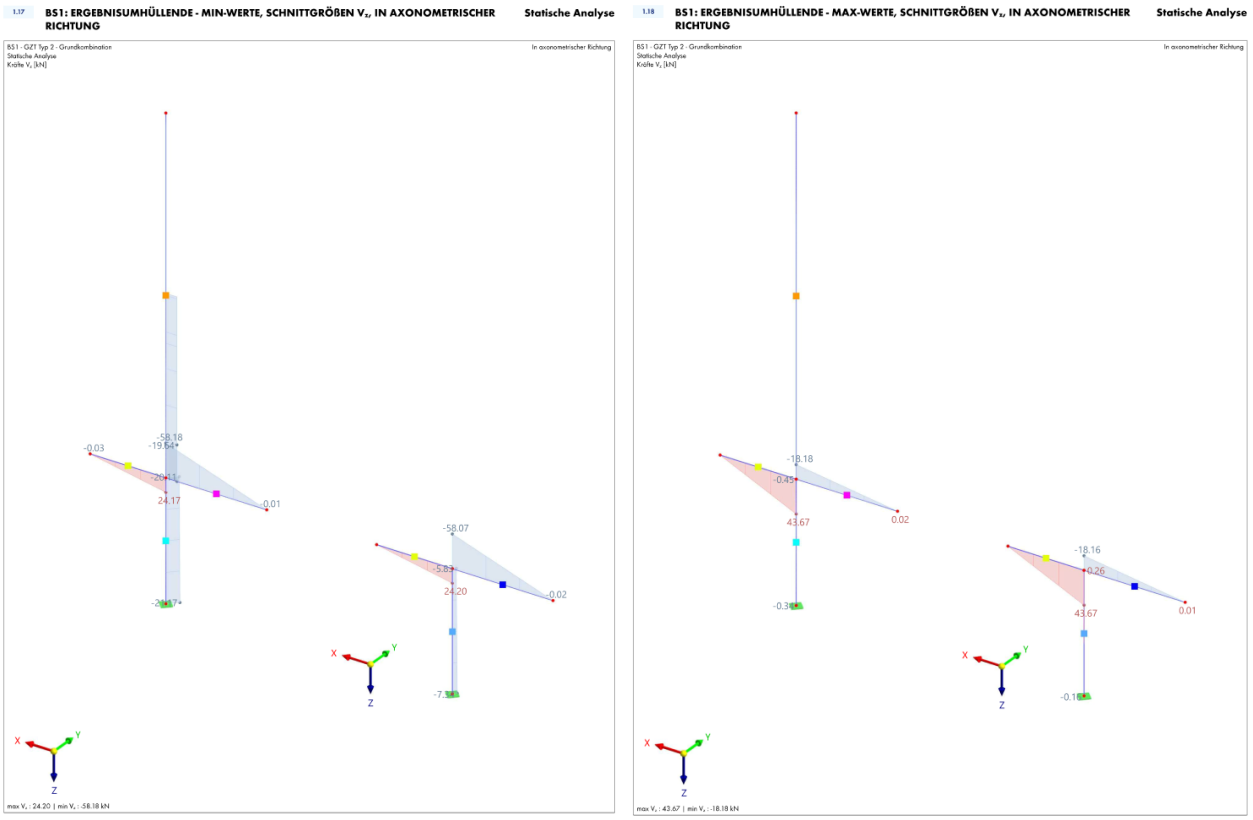


Abbildung 5 Minimale und maximale Querkraft in lokale z-Richtung aus der Überprüfungssituation (1)

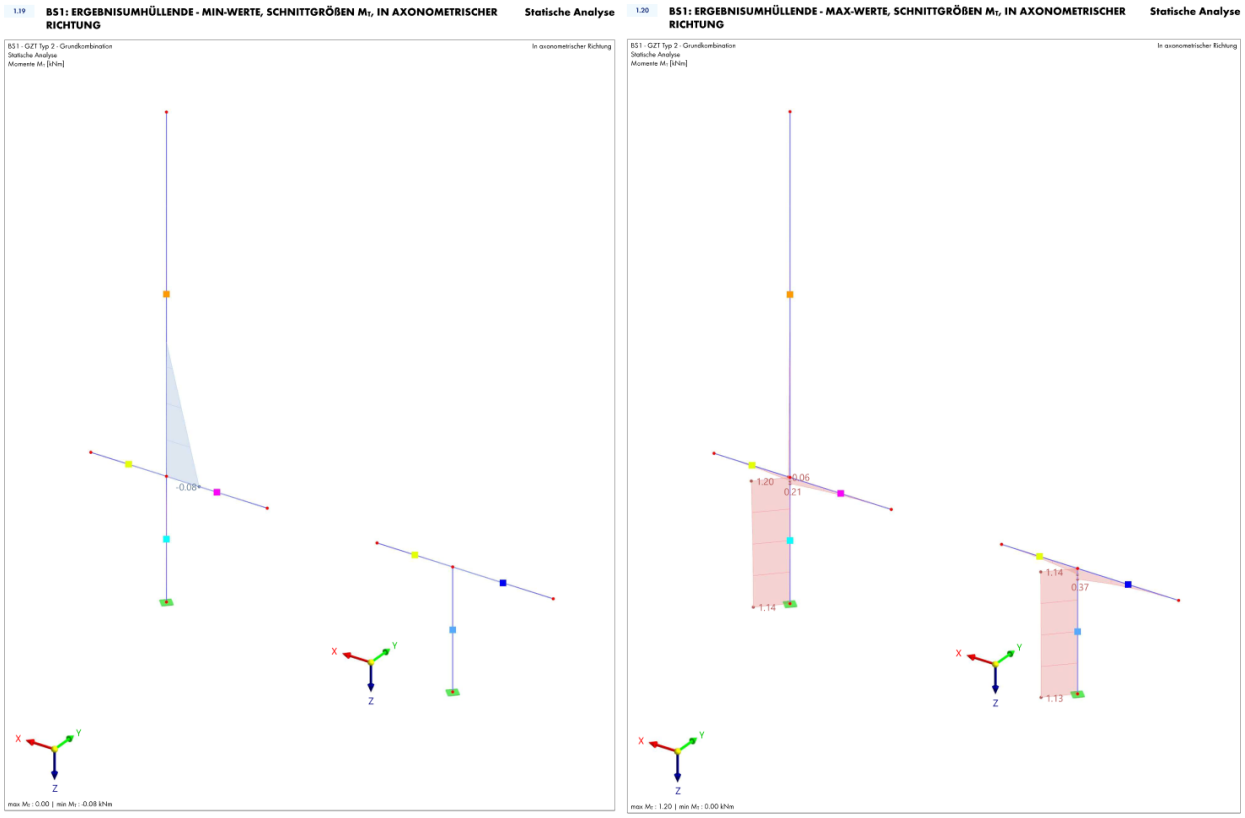


Abbildung 6 Minimales und maximales Torsionsmoment aus der Überprüfungssituation (1)

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

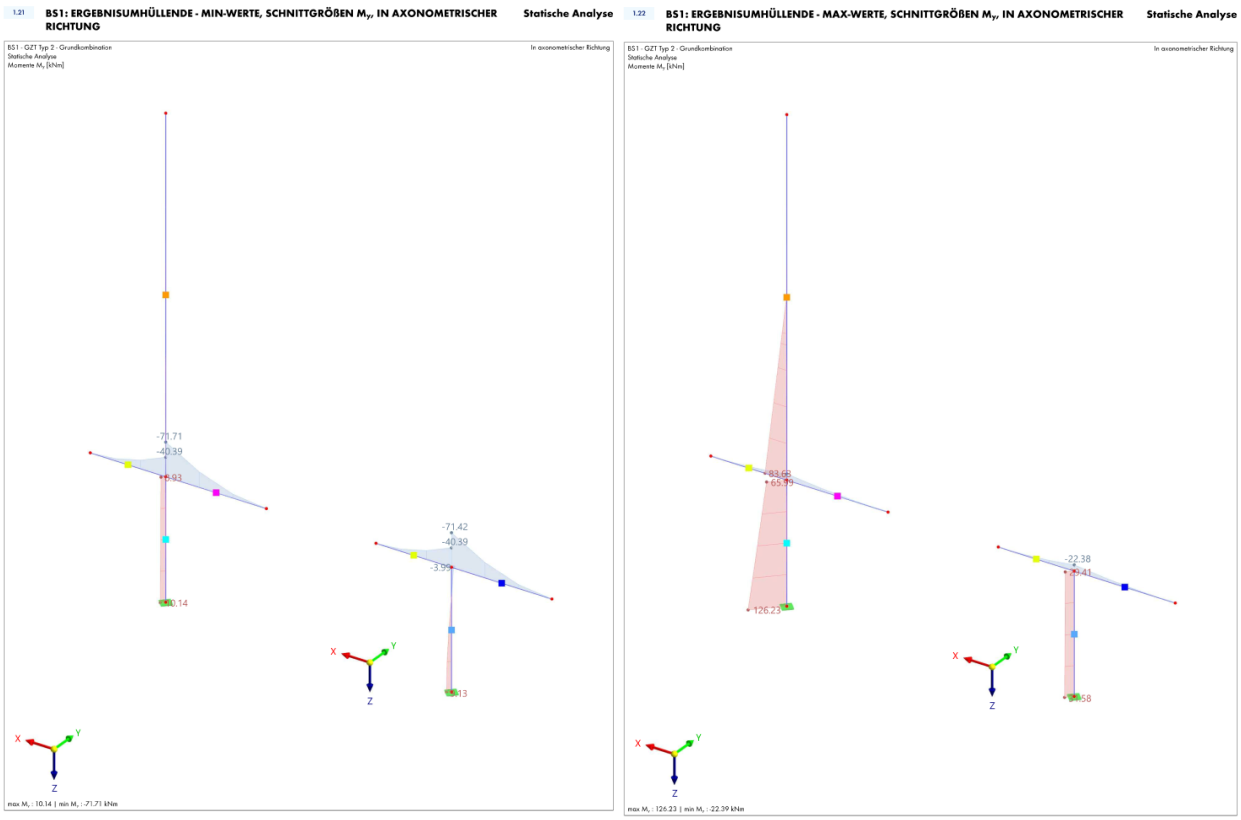


Abbildung 7 Minimales und maximales Moment um die lokale y-Achse aus der Überprüfungssituation (1)

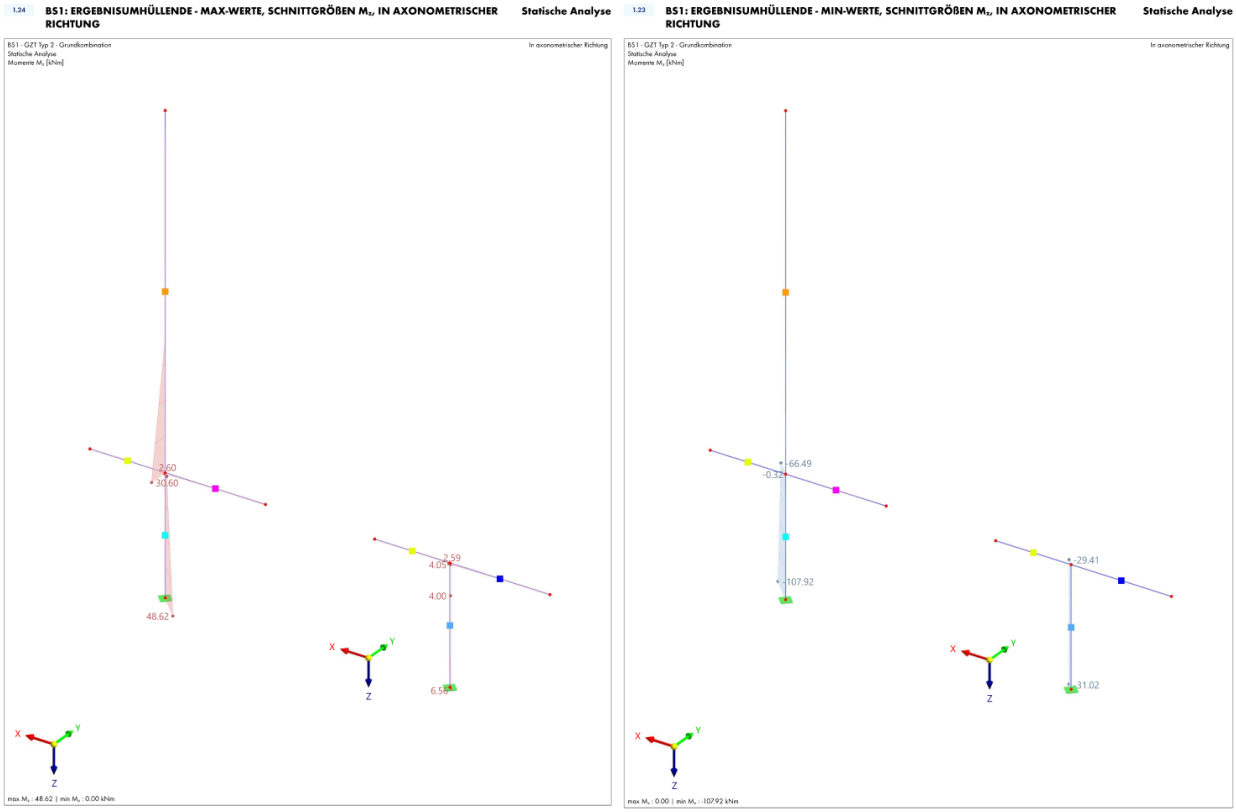


Abbildung 8 Minimales und maximales Moment um die lokale z-Achse aus der Überprüfungssituation (1)

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Ausnutzung:

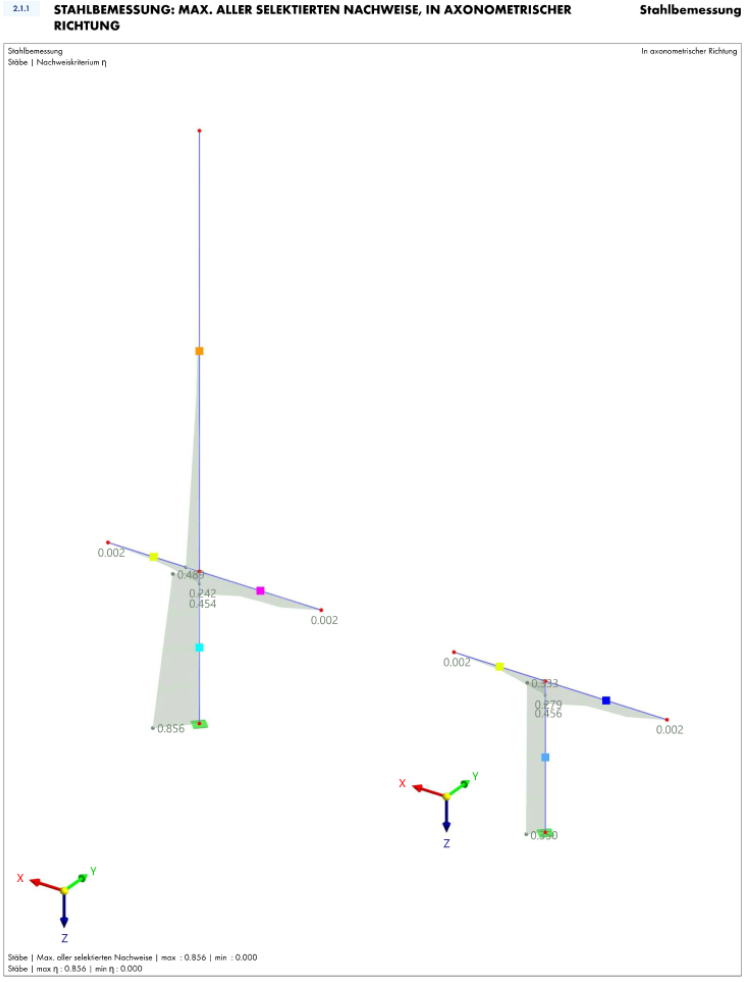


Abbildung 9 Ausnutzung GZT (1)

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Separate Nachweise:

Stabilität: Kreuzstütze – Standard – Erdbeben maßgebend:

A **STAB NR. 1 | BS6 | EK1 | 0.000 M | ST3300** **Stahlbemessung**

Nachweis ST3300 | SIA 263 | 2013-01

Stabilität
Druckkraft und Doppelbiegung nach 5.1.10

Eine detaillierte Berechnung der jeweiligen Tragfähigkeiten finden Sie in den entsprechenden Nachweisen.

$$N_{cr,y} = \frac{(\pi)^2 \cdot E \cdot I_y}{\left(L_{K,y}\right)^2}$$
$$= \frac{(\pi)^2 \cdot 210000.000\,N/mm^2 \cdot 9051.75\,cm^4}{(5.800\,m)^2}$$
$$= 5576.94\,kN$$

[1], 1.2.1

$$N_{cr,z} = \frac{(\pi)^2 \cdot E \cdot I_z}{\left(L_{K,z}\right)^2}$$
$$= \frac{(\pi)^2 \cdot 210000.000\,N/mm^2 \cdot 9051.75\,cm^4}{(5.800\,m)^2}$$
$$= 5576.94\,kN$$

[1], 1.2.1

$$N_{K,Rd} = \min\left(N_{K,y,Rd}, N_{K,z,Rd}\right)$$
$$= \min(2557.03\,kN,\ 2557.03\,kN)$$
$$= 2557.03\,kN$$

[1], 4.5.1.3, Gl. 7

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{K,Rd}} + \frac{\omega_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{D,Rd}} + \frac{\omega_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}$$
$$= \frac{59.96\,kN}{2557.03\,kN} + \frac{1.00}{1 - \frac{59.96\,kN}{5576.94\,kN}} \cdot \frac{54.63\,kNm}{197.90\,kNm} + \frac{1.00}{1 - \frac{59.96\,kN}{5576.94\,kN}} \cdot \frac{54.62\,kNm}{197.90\,kNm}$$
$$= 0.581$$

[1], 5.1.10.1, Gl. 50

$\eta = 0.581 \leq 1$ ✔

$N_{cr,y}$	Ideale Verzweigungslast
E	Elastizitätsmodul
I_y	Trägheitsmoment
$L_{K,y}$	Knicklänge
$N_{cr,z}$	Ideale Verzweigungslast
I_z	Trägheitsmoment
$L_{K,z}$	Knicklänge
$N_{K,Rd}$	Bemessungsknickbeanspruchbarkeit des Stabes bei Druck
$N_{K,y,Rd}$	Bemessungsknickbeanspruchbarkeit des Stabes bei Druck
$N_{K,z,Rd}$	Bemessungsknickbeanspruchbarkeit des Stabes bei Druck
N_{Ed}	Bemessungsnormalkraft
ω_y	Reduktionsfaktor
$M_{y,Ed}$	Bemessungsbiegemoment
$M_{D,Rd}$	Bemessungsknickbeanspruchbarkeit des Stabes bei Biegung
ω_z	Reduktionsfaktor
$M_{z,Ed}$	Bemessungsbiegemoment
$M_{z,Rd}$	Bemessungswert der Biegebeanspruchbarkeit

Referenzen:
[1] SIA 263:2013

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Stabilität: Kreuzstütze – Fahrleitungsmast (FLM)

A **STAB NR. 4 | BS1 | LK11 | 0.000 M | ST3300** **Stahlbemessung**

Nachweis ST3300 | SIA 263 | 2013-01

Stabilität
Druckkraft und Doppelbiegung nach 5.1.10

Eine detaillierte Berechnung der jeweiligen Tragfähigkeiten finden Sie in den entsprechenden Nachweisen.

$$N_{cr,y} = \frac{(\pi)^2 \cdot E \cdot I_y}{\left(L_{K,y}\right)^2}$$
$$= \frac{(\pi)^2 \cdot 210000.000\,N/mm^2 \cdot 13838.20\,cm^4}{(5.800\,m)^2}$$
$$= 8525.94\,kN$$

[1], 1.2.1

$$N_{cr,z} = \frac{(\pi)^2 \cdot E \cdot I_z}{\left(L_{K,z}\right)^2}$$
$$= \frac{(\pi)^2 \cdot 210000.000\,N/mm^2 \cdot 13838.20\,cm^4}{(5.800\,m)^2}$$
$$= 8525.94\,kN$$

[1], 1.2.1

$$N_{K,Rd} = \min\left(N_{K,y,Rd}, N_{K,z,Rd}\right)$$
$$= \min(3515.76\,kN,\ 3515.76\,kN)$$
$$= 3515.76\,kN$$

[1], 4.5.1.3, Gl. 7

$$\omega_y = 0.6 + 0.4 \cdot \left(\frac{M_{yEd,min}}{M_{yEd,max}}\right)$$
$$= 0.6 + 0.4 \cdot \left(\frac{65.99\,kNm}{126.23\,kNm}\right)$$
$$= 0.81$$

[1], 5.1.9.1

$$\omega_z = 0.6 + 0.4 \cdot \left(\frac{M_{zEd,min}}{M_{zEd,max}}\right)$$
$$= 0.6 + 0.4 \cdot \left(\frac{-66.49\,kNm}{-107.92\,kNm}\right)$$
$$= 0.85$$

[1], 5.1.9.1

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{K,Rd}} + \frac{\omega_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{D,Rd}} + \frac{\omega_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}$$
$$= \frac{68.45\,kN}{3515.76\,kN} + \frac{0.81}{1 - \frac{68.45\,kN}{8525.94\,kN}} \cdot \frac{126.23\,kNm}{277.56\,kNm} + \frac{0.85}{1 - \frac{68.45\,kN}{8525.94\,kN}} \cdot \frac{107.92\,kNm}{277.56\,kNm}$$
$$= 0.722$$

[1], 5.1.10.1, Gl. 50

$\eta = 0.722 \leq 1$ ✔

$N_{cr,y}$	Ideale Verzweigungslast
E	Elastizitätsmodul
I_y	Trägheitsmoment
$L_{K,y}$	Knicklänge
$N_{cr,z}$	Ideale Verzweigungslast
I_z	Trägheitsmoment
$L_{K,z}$	Knicklänge
$N_{K,Rd}$	Bemessungsknickbeanspruchbarkeit des Stabes bei Druck
$N_{K,y,Rd}$	Bemessungsknickbeanspruchbarkeit des Stabes bei Druck
$N_{K,z,Rd}$	Bemessungsknickbeanspruchbarkeit des Stabes bei Druck
ω_y	Reduktionsfaktor
$M_{yEd,min}$	Kleineres Moment aus Absolutwerten der Endmomente am Segment
$M_{yEd,max}$	Größeres Moment aus Absolutwerten der Endmomente am Segment
ω_z	Reduktionsfaktor
$M_{zEd,min}$	Kleineres Moment aus Absolutwerten der Endmomente am Segment
$M_{zEd,max}$	Größeres Moment aus Absolutwerten der Endmomente am Segment
N_{Ed}	Bemessungsnormalkraft
$M_{y,Ed}$	Bemessungsbiegemoment
$M_{D,Rd}$	Bemessungsknickbeanspruchbarkeit des Stabes bei Biegung
$M_{z,Ed}$	Bemessungsbiegemoment
$M_{z,Rd}$	Bemessungswert der Biegebeanspruchbarkeit

Referenzen:
[1] SIA 263:2013

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

6.2. GZT-Typ 2 – Erdbeben

6.2.1. T-Rahmen - Stahlkonstruktion

Zur Abschätzung der Erdbebeneinwirkung werden die Auflagerlasten der Überprüfungssituation (2) mittels RFEM 6 ermittelt und mit den Auflagerlasten aus der Überprüfungssituation (1) verglichen.

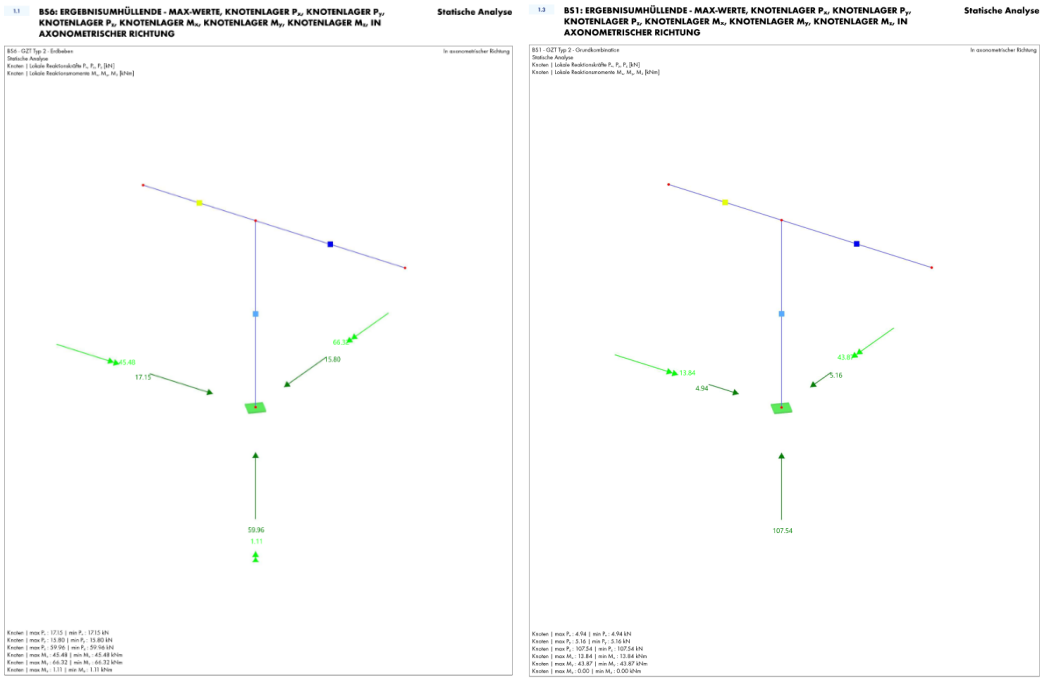


Abbildung 10 Kreuzstütze: Maximale Auflagerlasten nach Erdbeben-Kombination (2)(links), Auflagerlasten nach Überprüfungssituation (1)(rechts)

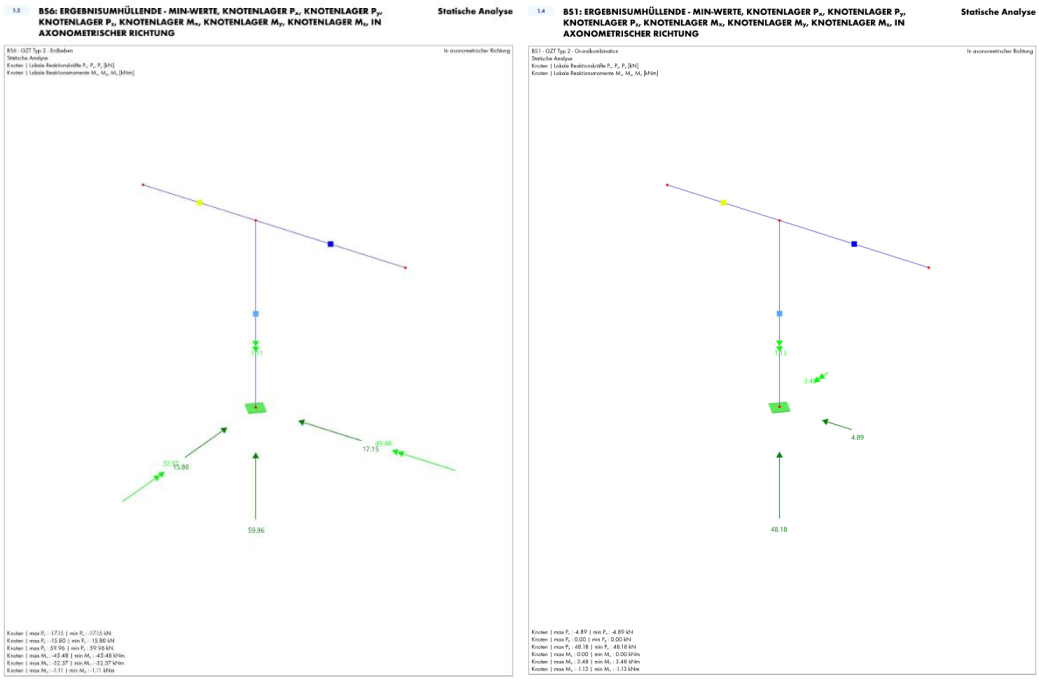


Abbildung 11 Kreuzstütze: Minimale Auflagerlasten nach Erdbeben-Kombination (2)(links), Auflagerlasten nach Überprüfungssituation (1)(rechts)

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

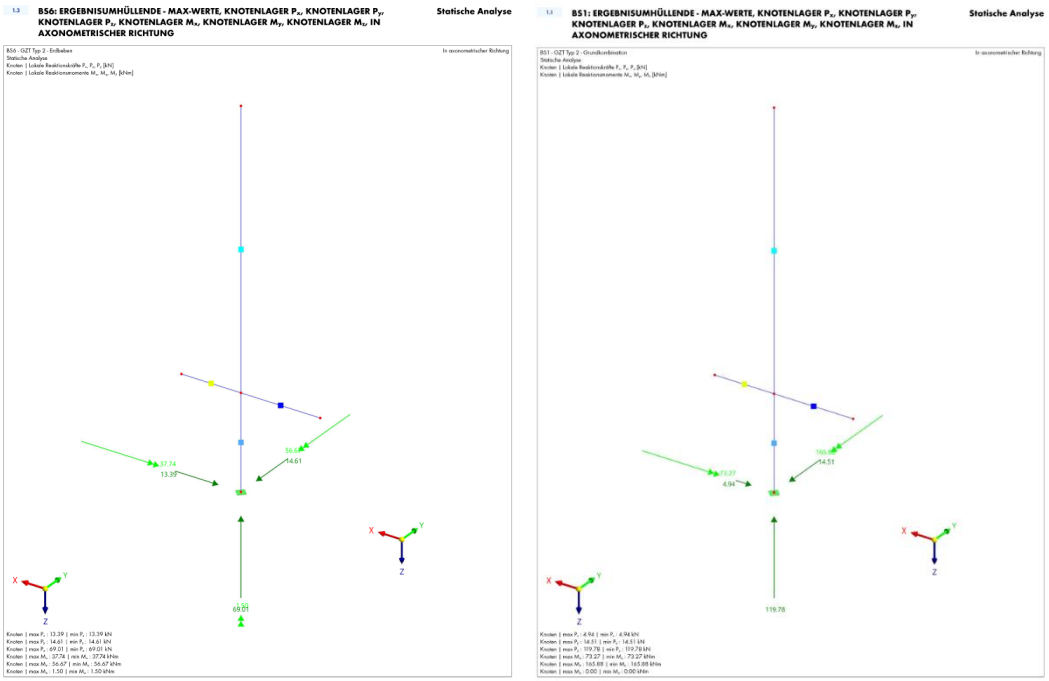


Abbildung 12 FLM: Maximale Auflagerlasten nach Erdbeben-Kombination (2)(links), Auflagerlasten nach Überprüfungssituation (1)(rechts)

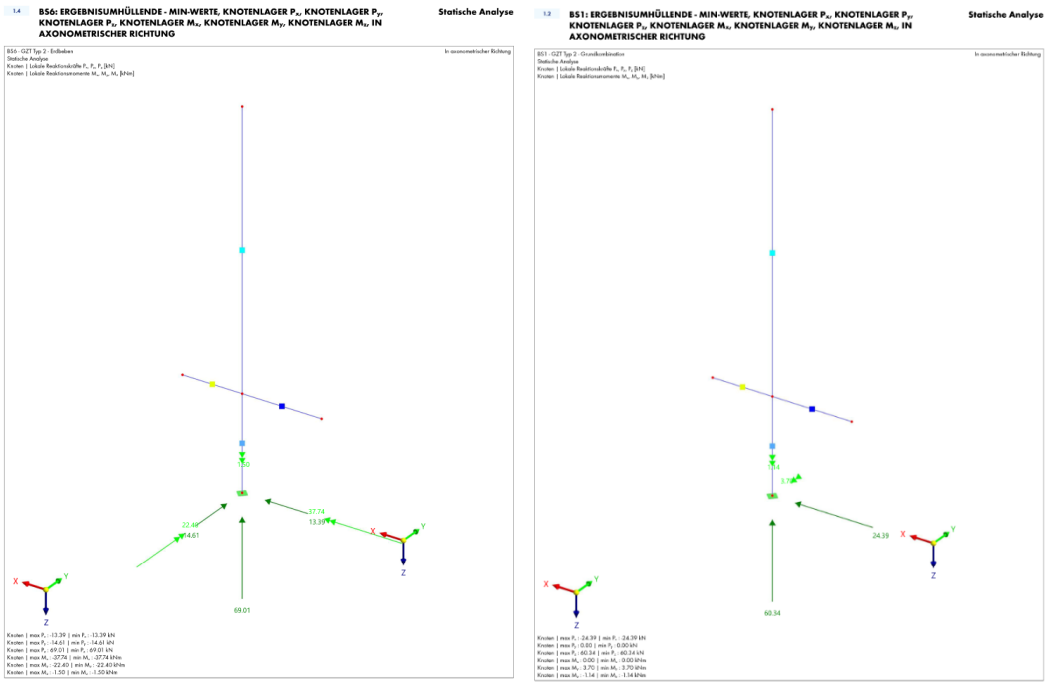


Abbildung 13 FLM: Minimale Auflagerlasten nach Erdbeben-Kombination (2)(links), Auflagerlasten nach Überprüfungssituation (1)(rechts)

Die Auflagerlasten in der Erdbeben-Bemessungskombination sind bei der Standard-Kreuzstütze größer und bei der Kreuzstütze mit dem Fahrleitungsmast kleiner als die aus der andauernden und vorübergehenden Überprüfungssituation.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

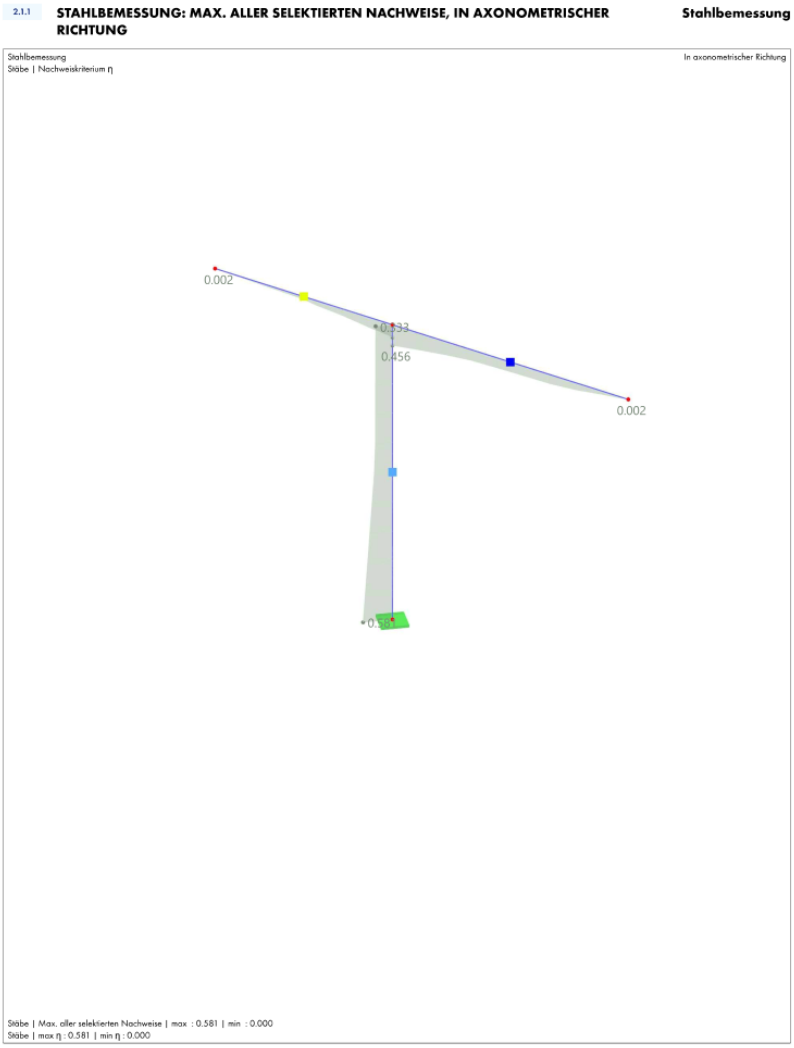


Abbildung 14 Ausnutzung Erdbeben

Im Fall der Standardkreuzstütze ist die Ausnutzung in der Erdbeben-Kombination lediglich am Stützenfuß größer als in der ständigen und vorübergehenden Situation.

Für den Anschluss HEB-Träger an Standard-Kreuzstütze und den Anschluss an das Fundament werden die Lasten aus dem Erdbeben berücksichtigt.

Hinsichtlich der Kreuzstütze mit dem Fahrleitungsmast kann auf Grund des simplen Systems davon ausgegangen werden, dass auch die Schnittgrößen und Anschlusslasten geringer sind und die Lasten aus Erdbeben nicht weiter berücksichtigt werden müssen.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

6.3. Anschlüsse

6.3.1. Anschluss HEB220-Träger an Standard-Kreuzstütze

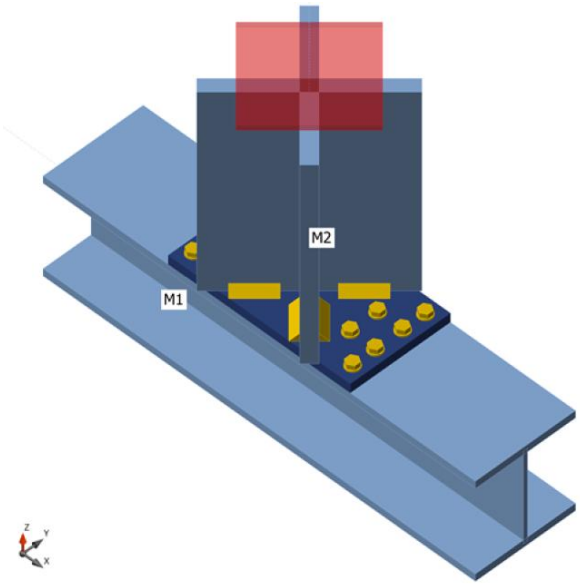


Abbildung 15 Anschlussskizze HEB-Träger an Kreuzstütze nach [D3]

Einwirkung (an Stützenkopf, lokale Schnittgrößen)

N_{ed} = -42,36 / -102 kN

$V_{y,ed}$ = 5,4 kN $\rightarrow V_{y,ed} = \cos(45°) * 5{,}4 + \sin(45°) * 5{,}8 = 7{,}9$ kN

$V_{z,ed}$ = 5,8 kN $\rightarrow V_{z,ed} = V_{y,ed} = 7{,}9\ kN$

M_T = 1,14 kNm

$M_{y,ed}$ = 29,4 kNm $\rightarrow M_{y,ed} = cos(45°) * 29{,}4 + sin(45°) * 29{,}4 = 41{,}6\ kNm$

$M_{z,ed}$ = 29,4 kNm $\rightarrow M_{z,ed} = M_{y,ed} = 41{,}6\ kNm$

- aus Erdbeben:

N_{ed} = -55,66 kN

$V_{y,ed}$ = 15,1 kN $\rightarrow V_{y,ed} = cos(45°) * 15{,}1 + sin(45°) * 15{,}1 = 21{,}4kN$

$V_{z,ed}$ = 15,1 kN $\rightarrow V_{z,ed} = V_{y,ed} = 21{,}4\ kN$

M_T = 1,11 kNm

$M_{y,ed}$ = 12 kNm $\rightarrow M_{y,ed} = cos(45°) * 12 + sin(45°) * 12 = 17\ kNm$

$M_{z,ed}$ = 12 kNm $\rightarrow M_{z,ed} = M_{y,ed} = 17\ kNm$

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

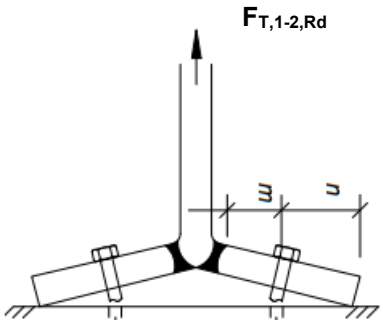
→ Lasten aus Überprüfungssituation (1) sind maßgebend gegenüber Erdbebeneinwirkung, da ein höheres Moment in einer größeren Ausnutzung folgt als eine höhere Querkraft.

Flanschbiegung HEB 220 nach T-Stummel-Prinzip

Maximale Zugkraft: $Z_{ed} = \frac{N_{ed}}{2} + \frac{M_{y,ed}}{a} + \frac{M_{z,ed}}{b} = \frac{-42{,}36kN}{2} + \frac{41{,}6kNm}{0{,}313m} + \frac{41{,}6kNm}{0{,}093m} = 559\ kN$

Hierbei ist die Tragfähigkeit ohne Abstützkräfte maßgebend. Bei der Belastung in x- und y-Richtung entstehen vier Fließgelenke bis zum Versagen.

$$F_{T,1-2,Rd} = \frac{3*M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{3*6.486.000}{30} = 649kN \quad \rightarrow \eta = \frac{559kN}{649kN} = 0{,}87$$



Schraubanschluss

Maximale Zugkraft: $Z_{ed} = \frac{N_{ed}}{12} + \frac{M_{y,ed}}{6*a} + \frac{M_{z,ed}}{6*b} = \frac{-42{,}36kN}{12} + \frac{41{,}6kNm}{6*0{,}313m} + \frac{41{,}6kNm}{6*0{,}093m} = 93{,}2kN$

Maximale Scherkraft: $S_{ed} = \frac{V_{y,ed}}{12} + \frac{V_{z,ed}}{12} + \frac{M_t}{a*6} = \frac{21{,}4}{12} + \frac{21{,}4}{12} + \frac{1{,}14}{6*0{,}093} = 5{,}6\ kN$

Abscheren: $F_{v,Rd} = 60{,}3kN \quad \rightarrow \eta = \frac{5{,}6kN}{60{,}3kN} = 0{,}09$

Lochleibung: $F_{b,Rd} = 106{,}6kN \quad \rightarrow \eta = \frac{5{,}6kN}{106{,}6kN} = 0{,}05$

Zug: $F_{t,Rd} = 90{,}4kN \quad \rightarrow \eta = \frac{93{,}2kN}{90{,}4kN} = 1{,}04$

Durchstanzen: $B_{p,Rd} = 272{,}4kN \quad \rightarrow \eta = \frac{93{,}2kN}{272{,}4kN} = 0{,}34$

Kombination: $\rightarrow \eta = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4*F_{t,Rd}} = 0{,}83$

→ Überschreitung in Ordnung, da minimal.

- Gewählt: 12x M16, 8.8, S235

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Plattenbiegung (S355) an Kreuzstütze

Einwirkung siehe Flanschbiegung.

Hierbei ist die Tragfähigkeit ohne Abstützkräfte maßgebend. Bei der Belastung in x- und y-Richtung entstehen drei Fließgelenke bis zum Versagen.

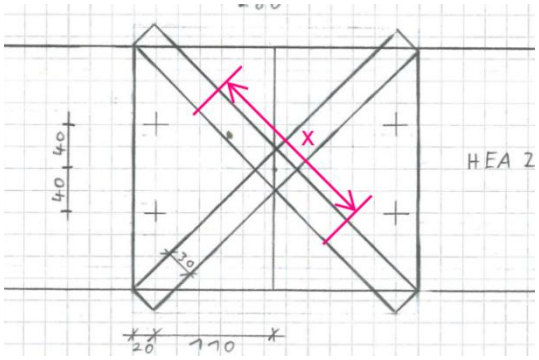
$$F_{T,1-2,Rd} = \frac{3*M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{3*9.940.000}{45} = 662.666N = 663kN \qquad \rightarrow \eta = \frac{559kN}{663kN} = 0{,}84$$

Schweißnaht

Last wird abhängig von der Richtung von einem Schenkel des Kreuzes abgetragen. Von dem, der parallel zur horizontalen Last verläuft. Nachweis an einem der vier Schenkel.

Maximale Zugkraft: $Z_{ed} = \frac{N_{ed}}{4} + \frac{M_{y,ed}}{x} = \frac{102kN}{4} + \frac{29{,}4kNm}{0{,}130m} = 254kN$

Maximale Scherkraft: $S_{ed} = \frac{V_{z,ed}}{2} = \frac{15{,}1}{2} = 7{,}55\ kN$



Gewählt: a = 12mm

Bemessung in Frilo $\rightarrow \eta = 0{,}73$

Druck

Kraft: $D_{ed} = 102\ kN$

Übertragende Fläche: HEB220: $A = 9{,}5 * \sqrt{2 * 30^2}\ mm^2 = 403mm^2$

Kreuzstütze: $A = 30 * 30mm^2 = 900mm^2$

Auftretende Spannung: $\sigma = \frac{102*1000N}{403mm^2} = 253N/mm^2 \geq 235N/mm^2$

→ In Ordnung, da hier nur der Steg zur Druckübertragung angesetzt wird. Auch möglich die Ausrundung mit anzusetzen

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

6.3.2.Anschluss FLM an Dachkonstruktion

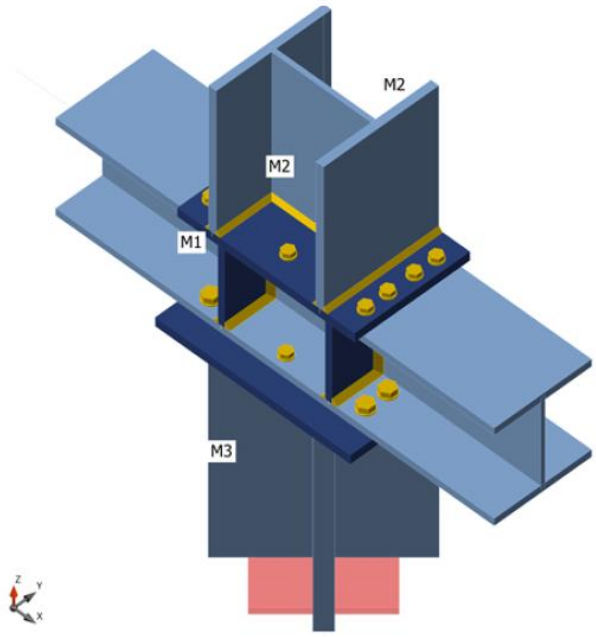


Abbildung 16 Anschlussskizze FLM an Kreuzstütze nach [D3]

Einwirkung (an Stützenkopf, lokale Schnittgrößen)

N_{ed} = -15,9 kN

$V_{y,ed}$ = 16,9 kN

$V_{z,ed}$ = 8,5 kN

M_T = 0 kNm

$M_{y,ed} = 51 * \frac{8,1}{11} = 37,6$ kNm

$M_{z,ed} = 120,8 * \frac{8,1}{11} = 89$ kNm

→ Momente nur jeweils in eine Richtung betrachtet, da maximaler Wind separat auftritt. Es wird davon ausgegangen, dass die resultierenden x- und y-Kräfte aus einer Windkraft zwischen 0°-90° von den beiden maßgebenden Windrichtungen abgedeckt sind

Schweißnaht HEB260 an Kopfplatte

Nachweis erfolgt mittels Frilo.

Schweißnaht mit 6mm für den maßgebenden Lastfall ($M_{y,ed}$) zu 68% ausgenutzt.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Kopfplattenbiegung an HEB 260 nach T-Stummel-Prinzip

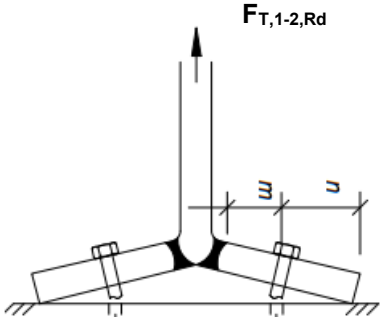
$M_{y,Ed}$

Maximale Zugkraft: $Z_{ed} = \frac{N_{ed}}{10} + \frac{M_{y,ed}}{a} = -\frac{15{,}9}{10} + \frac{37{,}6kNm}{0{,}11m} = 342kN$

Hierbei ist die Tragfähigkeit ohne Abstützkräfte maßgebend. Bei der Belastung in x- und y-Richtung entstehen drei Fließgelenke bis zum Versagen.

$$F_{T,1-2,Rd} = \frac{M_{pl,1,Rd,ü}}{m_ü} + \frac{M_{pl,1,Rd,K}}{m_k} = \frac{2*4.371.000}{45} + \frac{9.000.500}{80} = 306722\,N = 307kN$$

$$\rightarrow \eta = \frac{342kN}{307kN} = 1{,}11$$



$M_{z,Ed}$

Maximale Zugkraft: $Z_{ed} = \frac{N_{ed}}{10} + \frac{M_{z,ed}}{b} = -\frac{15{,}9}{10} + \frac{89kNm}{0{,}35m} = 254kN$

Hierbei ist die Tragfähigkeit ohne Abstützkräfte maßgebend. Bei der Belastung in x- und y-Richtung entstehen drei Fließgelenke bis zum Versagen.

$$F_{T,1-2,Rd} = \frac{2*M_{pl,1,Rd,ü}}{m_ü} + \frac{M_{pl,1,Rd,K}}{m_k} = \frac{2*4.371.000}{45} + \frac{9.000.500}{80} = 306722\,N = 307kN$$

$$\rightarrow \eta = \frac{254kN}{307kN} = 0{,}79$$

Schraubanschluss

Maximale Zugkraft: **$M_{y,Ed}$** $Z_{ed} = \frac{N_{ed}}{16} + \frac{M_{y,ed}}{2*a} = -\frac{15{,}9}{10} + \frac{37{,}6kNm}{5*0{,}11m} = 66{,}8kN$

ODER: **$M_{z,Ed}$** $Z_{ed} = \frac{N_{ed}}{16} + \frac{M_{z,ed}}{2*b} = -\frac{15{,}9}{10} + \frac{89kNm}{4*0{,}35m} = 62kN$

Maximale Scherkraft: $S_{ed} = \frac{V_{y,ed}}{10} + \frac{V_{z,ed}}{10} = \frac{16{,}9}{10} + \frac{8{,}5}{10} = 2{,}54\ kN$

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Abscheren: $F_{v,Rd} = 60{,}3kN$ $\rightarrow \eta = \frac{2{,}54kN}{60{,}3kN} = 0{,}04$

Lochleibung: $F_{b,Rd} = 106{,}6kN$ $\rightarrow \eta = \frac{2{,}54kN}{106{,}6kN} = 0{,}02$

Zug: $F_{t,Rd} = 90{,}4kN$ $\rightarrow \eta = \frac{66{,}8kN}{90{,}4kN} = 0{,}74$

Durchstanzen: $B_{p,Rd} = 272{,}4kN$ $\rightarrow \eta = \frac{176kN}{272{,}4kN} = 0{,}65$

Kombination: $\rightarrow \eta = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4 * F_{t,Rd}} = 0{,}57$

- Gewählt: 4x M16, 8.8, S235

Flanschbiegung HEB 220 nach T-Stummel-Prinzip

Durch die eingeschweißte Steife und die gleiche Dicke des Flansches und der Kopfplatte ist die Situation wie bei der Kopfplattenbiegung oben. Durch den Steg des HEB-Profils wird der Flansch zusätzlich ausgesteift.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

6.3.3.Anschluss Dachträger an Kreuzstütze (FLM)

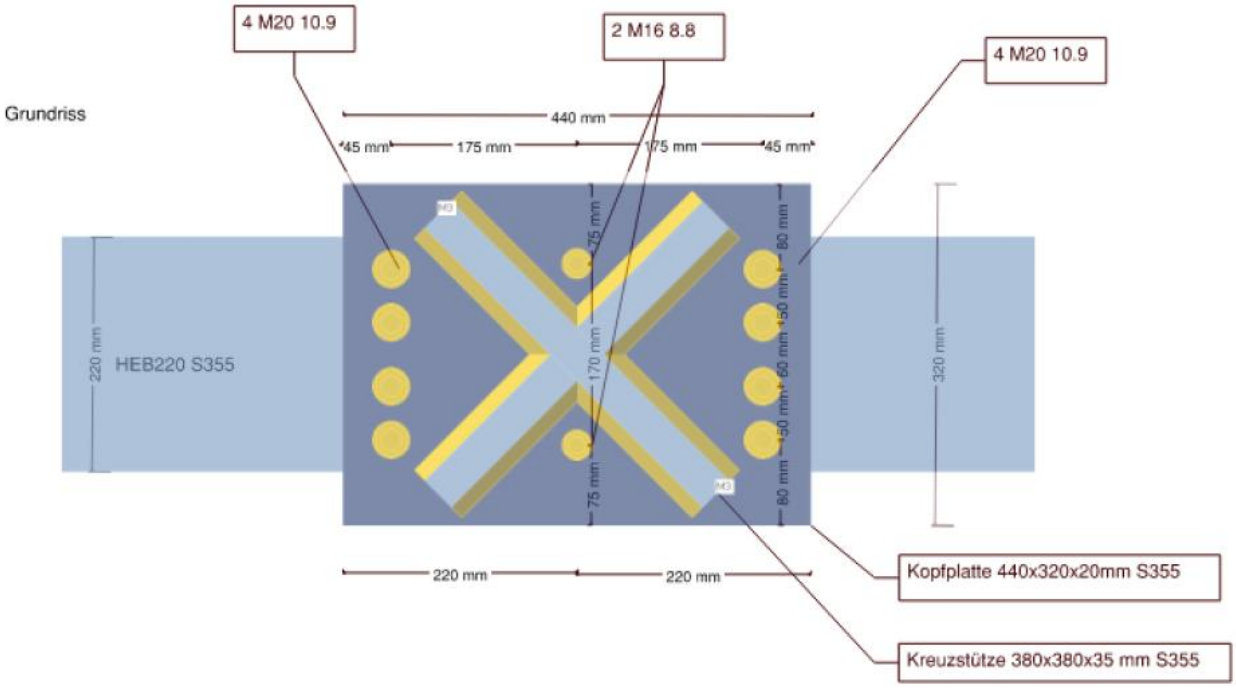


Abbildung 17 Anschlussskizze HEA-Träger an FLM (HEB) nach [D3]

Einwirkung (an Stützenkopf, lokale Schnittgrößen)

N_{ed} = -52,7/-112 kN

$V_{y,ed}$ = 15 kN $\rightarrow V_{y,ed} = cos(45°) * 15 + sin(45°) * 20 = 24{,}7\ kN$

$V_{z,ed}$ = 20 kN $\rightarrow V_{z,ed} = V_{y,ed} = 24{,}7\ kN$

M_T = 1,2 kNm

Maßgebendes M_y:

$M_{y,ed}$ = 66 kNm $\rightarrow M_{y,ed} = cos(45°) * 66 + sin(45°) * 67 = 94\ kNm$

$M_{z,ed}$ = 67 kNm $\rightarrow M_{z,ed} = cos(45°) * 66 - sin(45°) * 67 = 0kNm$

Maßgebendes M_z:

$M_{y,ed}$ = 0 kNm $\rightarrow M_{y,ed} = cos(45°) * 0 + sin(45°) * 41 = 29kNm$

$M_{z,ed}$ = 41 kNm $\rightarrow M_{z,ed} = M_{y,ed}$

<u>Flanschbiegung HEB 220</u> nach T-Stummel-Prinzip

Maximale Zugkraft: $Z_{ed} = \frac{N_{ed}}{10} + \frac{M_{y,ed}}{a} + \frac{M_{z,ed}}{b} = -\frac{52{,}7}{10} + \frac{29kNm}{0{,}11m} + \frac{29kNm}{0{,}35m} = 339kN$

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Hierbei ist die Tragfähigkeit ohne Abstützkräfte maßgebend. Bei der Belastung in x- und y-Richtung entstehen vier Fließgelenke bis zum Versagen.

$$F_{T,1-2,Rd} = \frac{3*M_{pl,1,Rd,ü}}{m_{ü}} + \frac{M_{pl,1,Rd,K}}{m_k} = \frac{3*5.609.000}{25} + \frac{15.407.000}{85} = 691.206\ N = 691kN$$

$$\rightarrow \eta = \frac{339\ kN}{691kN} = 0{,}58$$

Schraubanschluss:

Maximale Zugkraft: $Z_{ed} = \frac{N_{ed}}{10} + \frac{M_{y,ed}}{3*a} + \frac{M_{z,ed}}{4*b} = -\frac{52{,}7}{10} + \frac{29kNm}{3*0{,}11m} + \frac{29kNm}{4*0{,}35m} = 103kN$

Maximale Scherkraft: $S_{ed} = \frac{V_{y,ed}}{10} + \frac{V_{z,ed}}{10} + \frac{M_t}{c*10} = \frac{24{,}7}{10} + \frac{24{,}7}{10} + \frac{1{,}2}{0{,}055*10} = 7{,}1\ kN$

Abscheren:	$F_{v,Rd} = 98kN$	$\rightarrow \eta = \frac{7{,}1kN}{98kN} = 0{,}07$
Lochleibung:	$F_{b,Rd} = 98{,}2kN$	$\rightarrow \eta = \frac{7{,}1kN}{98{,}2kN} = 0{,}07$
Zug:	$F_{t,Rd} = 123{,}5kN$	$\rightarrow \eta = \frac{103kN}{123{,}5kN} = 0{,}83$
Durchstanzen:	$B_{p,Rd} = 181{,}9kN$	$\rightarrow \eta = \frac{103kN}{181{,}9kN} = 0{,}57$
Kombination:		$\rightarrow \eta = \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4*F_{t,Rd}} = 0{,}66$

Gewählt: je Anschluss: 8x M20, 10.9, SHV, S235

Kopfplattenbiegung an Kreuzstütze nach T-Stummel-Prinzip

Maximale Zugkraft: $Z_{ed} = \frac{N_{ed}}{10} + \frac{M_{y,ed}}{a} + \frac{M_{z,ed}}{b} = -\frac{52{,}7}{10} + \frac{29kNm}{0{,}11m} + \frac{29kNm}{0{,}35m} = 339kN$

Hierbei ist die Tragfähigkeit ohne Abstützkräfte maßgebend. Bei der Belastung in x- und y-Richtung entstehen drei Fließgelenke bis zum Versagen.

$$F_{T,1-2,Rd} = \frac{3*M_{pl,1,Rd}}{m} + \frac{3*M_{pl,2,Rd}}{m} = \frac{3*4.224.500}{33} + \frac{3*1.952.500}{68} = 470.185\ N = 470kN$$

$$\rightarrow \eta = \frac{339\ kN}{470kN} = 0{,}72$$

Schweißnaht Kopfplatte an Kreuzstütze

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Last wird abhängig von der Richtung von einem Schenkel des Kreuzes abgetragen. Von dem, der parallel zur horizontalen Last verläuft. Nachweis an einem der vier Schenkel.

Maximale Zugkraft: $Z_{ed} = \frac{N_{ed}}{4} + \frac{M_{y,ed}}{x} = \frac{112kN}{4} + \frac{94kNm}{0{,}190m} = 522kN$

Maximale Scherkraft: $S_{ed} = \frac{V_{z,ed}}{2} = \frac{24{,}7}{2} = 12{,}35\ kN$

Bemessung mittels Frilo.

Die Ausnutzung liegt bei 70%

6.3.4. Anschluss Kreuzstütze an Fundament

Der Nachweis wurde mit der rev. Statik vom 31.07.2026 nachgereicht und geprüft.

6.3.5. Anschluss Kreuzstütze mit FLM an Fundament

Der Nachweis wurde mit der rev. Statik vom 31.07.2026 nachgereicht und geprüft.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

6.4. GZT-Typ 1/2/3 - Fundation

Die Auflagerkräfte der einzelnen Lastfälle sind nachfolgend dargestellt.

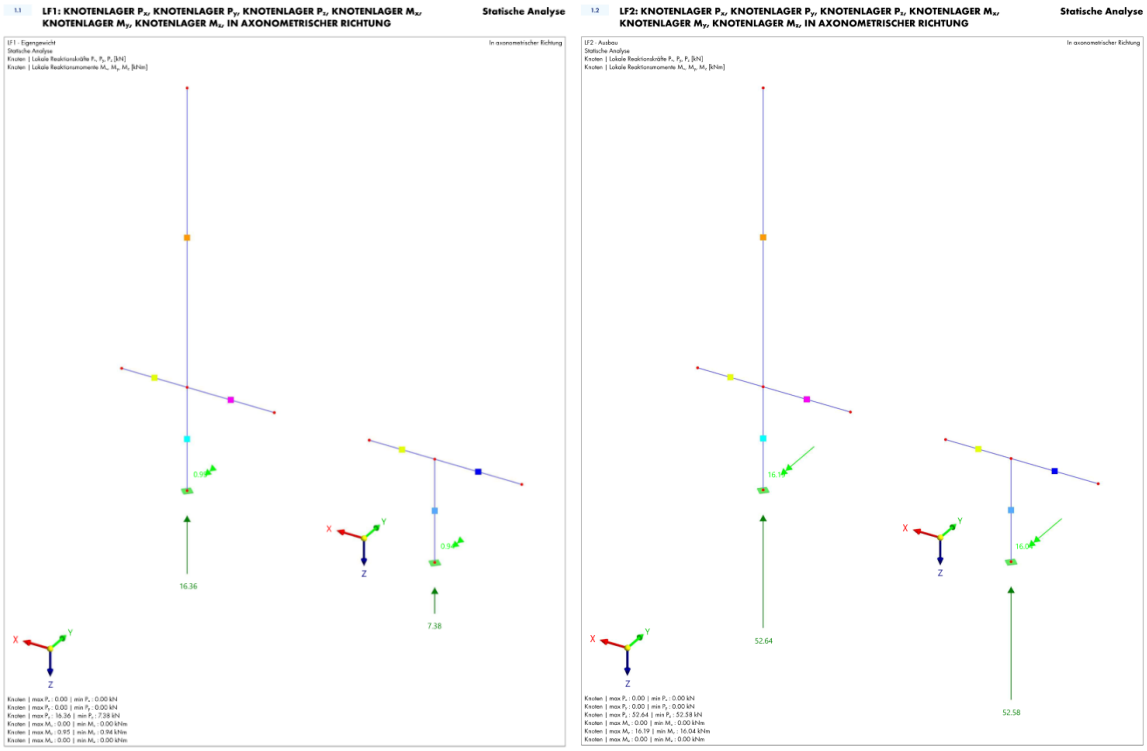


Abbildung 18 Auflagerkräfte LF1 (Eigengewicht) und LF 2 (Ausbau) aus Überprüfungssituation (1)

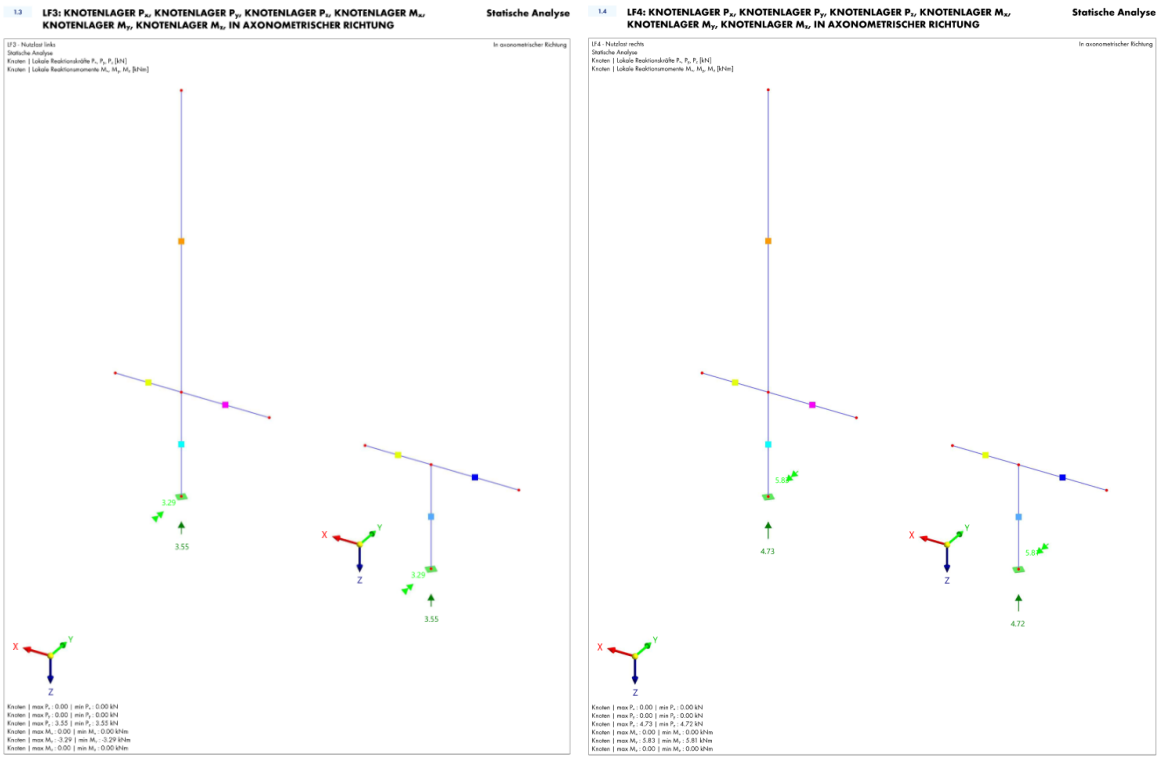


Abbildung 19 Auflagerkräfte LF3 (Nutzlast links) und LF 4 (Nutzlast rechts) aus Überprüfungssituation (1)

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

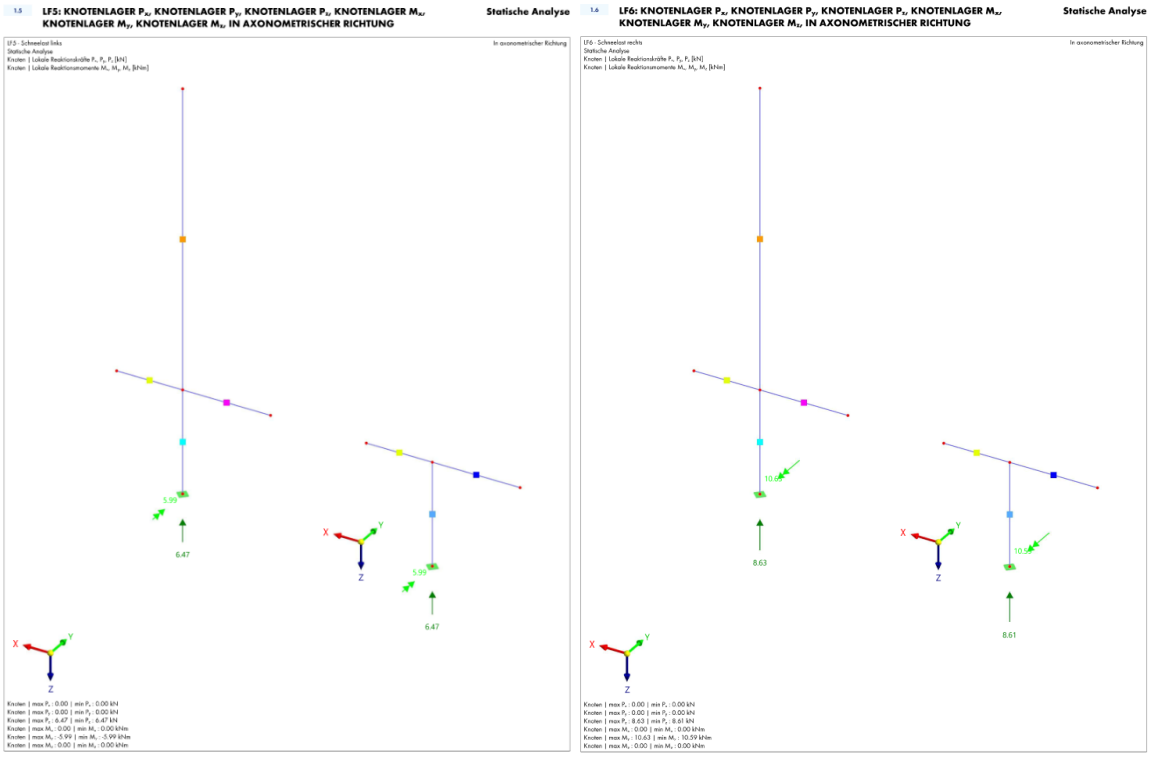


Abbildung 20 Auflagerkräfte LF 5 (Schnee links) und LF 6 (Schnee rechts) aus Überprüfungssituation (1)

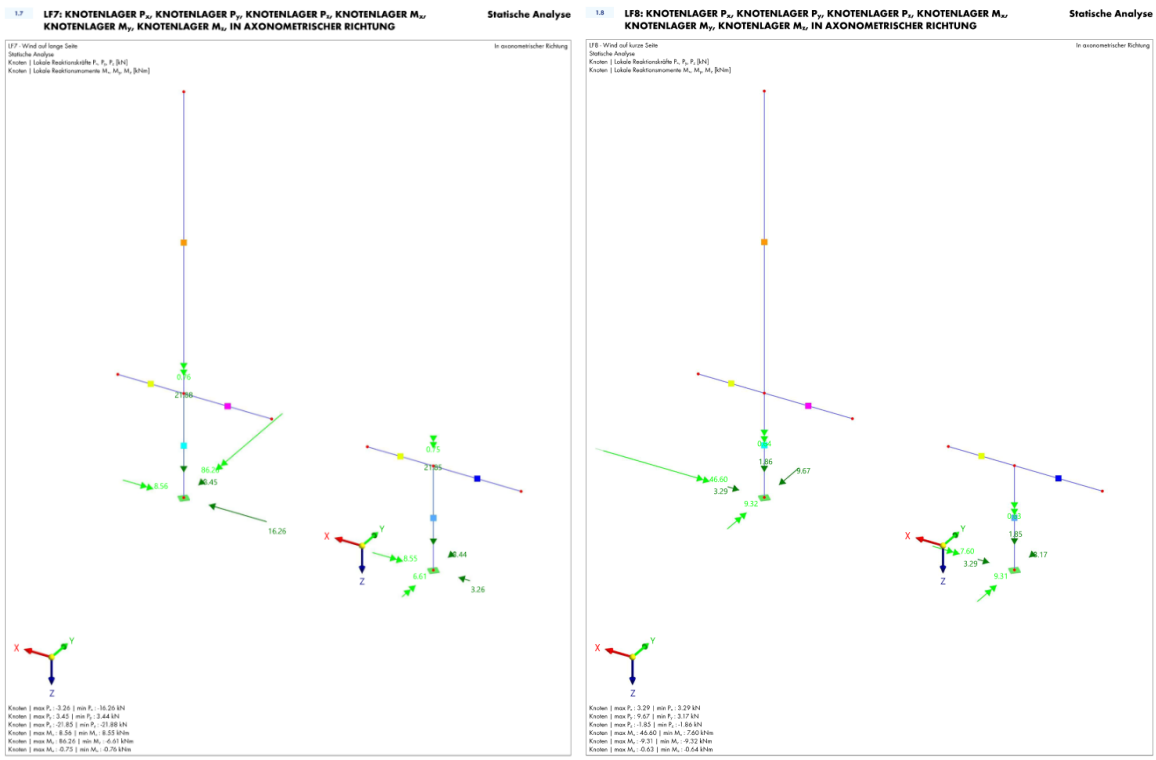


Abbildung 21 Auflagerkräfte LF 7 (Wind auf lange Seite) und LF 8 (Wind auf kurze Seite) aus Überprüfungssituation (1)

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

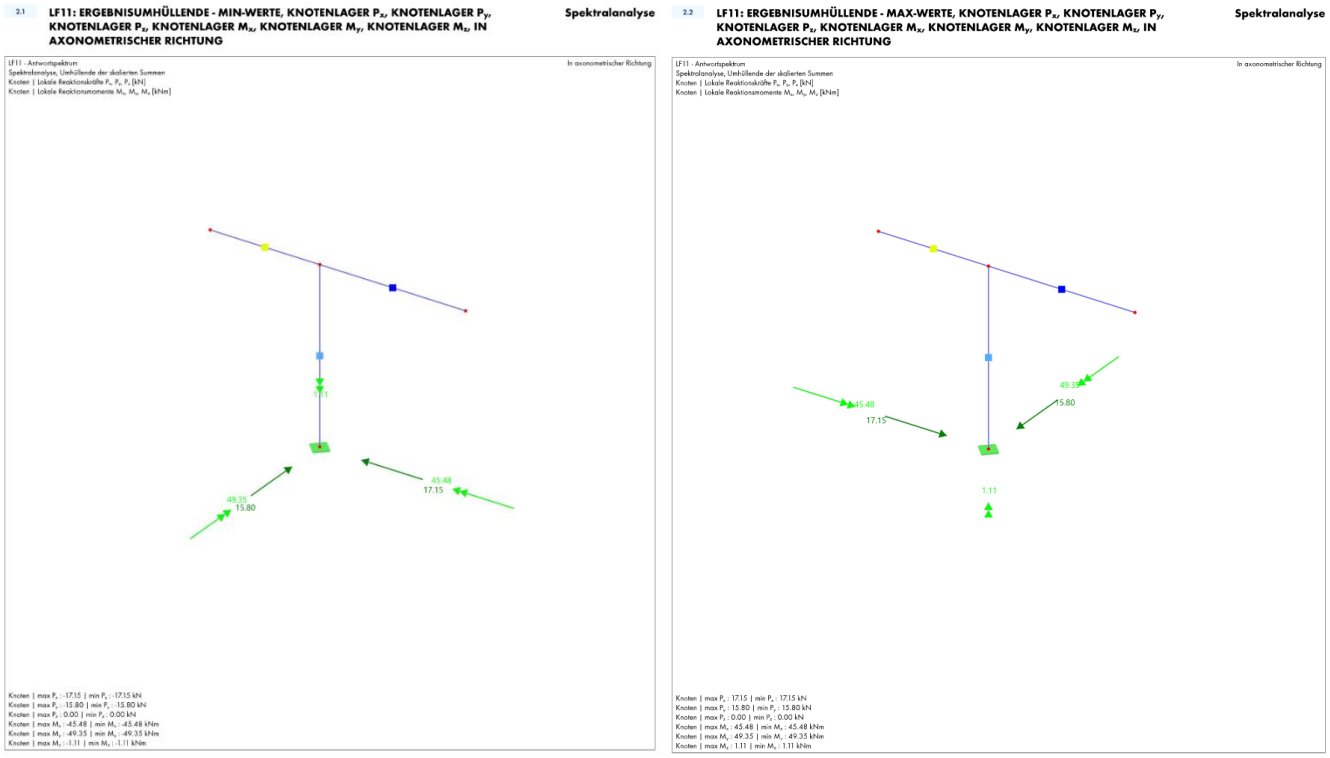


Abbildung 22 Minimale und Maximale Auflagerkräfte LF 13 (Erdbeben)

6.4.1.Fundament Standard-Kreuzstütze

Das Fundament unter der Standard-Kreuzstütze wird als Köcherfundament ausgebildet.

Einwirkung: Siehe oben.

Bemessung: Die Bemessung erfolgt mittels Frilo FDM+ und FDB+.

Der Nachweis des Köcherfundaments ist nicht erfüllt.

Der Nachweis wurde mit der rev. Statik vom 31.07.2026 nachgereicht und geprüft.

6.4.2.Fundament FLM

Das Fundament unter der Standard-Kreuzstütze wird als Köcherfundament ausgebildet.

Einwirkung: Siehe oben.

Bemessung: Die Bemessung erfolgt mittels Frilo FDM+.

Die Nachweise gehen nicht auf, dass Fundament muss größer sein.

Der Nachweis wurde mit der rev. Statik vom 31.07.2026 nachgereicht und geprüft.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

6.5. Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Die maximal zulässige Verformung sind folgende:

- Kreuzstütze (l=2,9m) $\rightarrow u_{zul} = 2900/300 = 9{,}7\ mm$
- HEB220 nördlich (l=2.465m) $\rightarrow w_{zul} = 2465/350 = 7mm$
- FLM (l=11.4m) $\rightarrow u_{zul} = 11400/300 = 38mm$

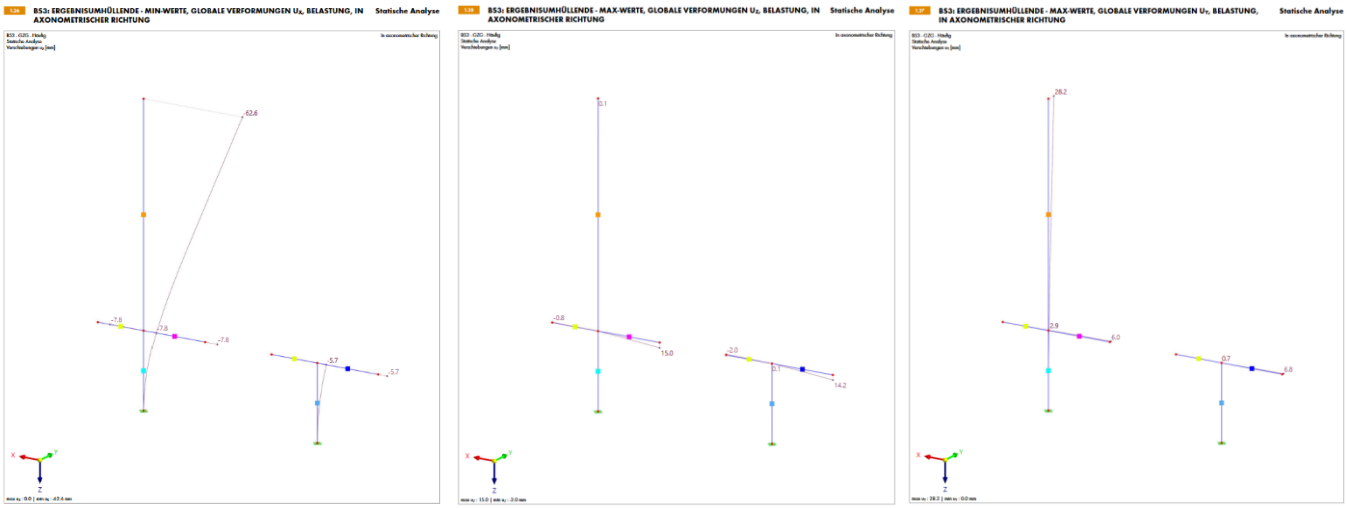


Abbildung 23 Verformung in x-Richtung (links), z-Richtung (mittig) und y-Richtung (rechts)

In x-Richtung tritt die größte Verformung im Fahrleitungsmast. Die Ausnutzung liegt hier bei 165%.

Lastfall häufig	**u = 62.6 mm ≤ h/300 = 38mm**	**nicht eingehalten**

Die maximale Verformung in x-Richtung der Kreuzstütze liegt bei 7,8 mm und ist somit geringer als der Grenzwert 9,7mm.

Lastfall häufig	**u = 7,8 mm ≤ h/300 = 9,7mm**	**eingehalten**

Die maßgebende Verformung in z-Richtung tritt an den Kragträgern auf. Die auftretende Verformung liegt bei 15 mm ist größer als die zulässige. Die Ausnutzung liegt bei 217%.

Lastfall häufig	**w = 15 mm ≤ l/350 = 7 mm**	**nicht eingehalten**

Die Verformung in y-Richtung liegt im Fahrleitungsmast bei 28,2mm. Die zulässige Verformung des Mastes liegt bei 38mm, somit ist die zulässige Verformung eingehalten.

Lastfall häufig	**u = 28 mm ≤ h/300 = 38 mm**	**eingehalten**

Die Überschreitungen werden dem Projektverfasser mitgeteilt. Die Gebrauchstauglichkeit ist aber nicht Teil des Prüfmandats.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

7. Dach 2

7.1. GZT-Typ 2

7.1.1. Dach – Holzkonstruktion

Siehe Kapitel 8.1.1.

7.1.2. Stahlkonstruktion

Einwirkung

- Ständige Einwirkung: g_{ek} = 2,3 kN/m²
- Veränderliche Einwirkung:
  - Nutzlast q_{ek} = 0,4kN/m²
  - Windlast
    - Auf kurze Seite
      - Auf lange Seite (Dach (0,5m) /Stütze (0,26m))
        - $w_{ek,A} = -0{,}44 kN/m^2$
        - $w_{ek,B} = 0{,}7 kN/m^2$
      - Auf kurze Seite (Dach (0,5m) /Stütze (0,26m))
        - $w_{ek,C} = 0{,}96 kN/m^2$
        - $w_{ek,D} = -0{,}52 kN/m^2$
      - Dach
        - $w_{ek,E} = -0{,}09 kN/m^2$
        - $w_{ek,G} = -0{,}09 kN/m^2$
        - $w_{ek,m} = -0{,}26 kN/m^2$
    - Auf lange Seite
      - Auf lange Seite (Dach (0,5m) /Stütze (0,26m))
        - $w_{ek,A} = 0{,}74 kN/m^2$
        - $w_{ek,B} = -0{,}39 kN/m^2$
      - Auf kurze Seite (Dach (0,5m) /Stütze (0,26m))
        - $w_{ek,C} = -1{,}13 kN/m^2$
        - $w_{ek,D} = -1{,}13 kN/m^2$
      - Dach
        - $w_{ek,E} = -1{,}39 kN/m^2$
        - $w_{ek,G} = -0{,}61 kN/m^2$
        - $w_{ek,m} = -1{,}65 kN/m^2$
  - Schnee s_{ek} = 0,9 kN/m²

Bemessung mittels RFEM 6

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

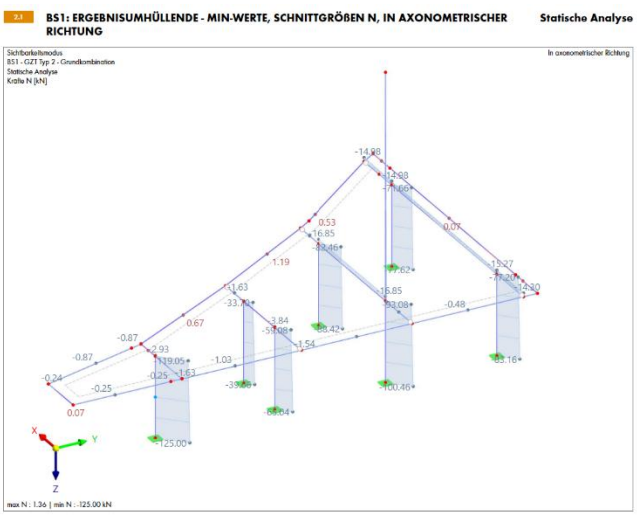


Abbildung 26 Minimale und maximale Normalkraft aus der Überprüfungssituation (1)

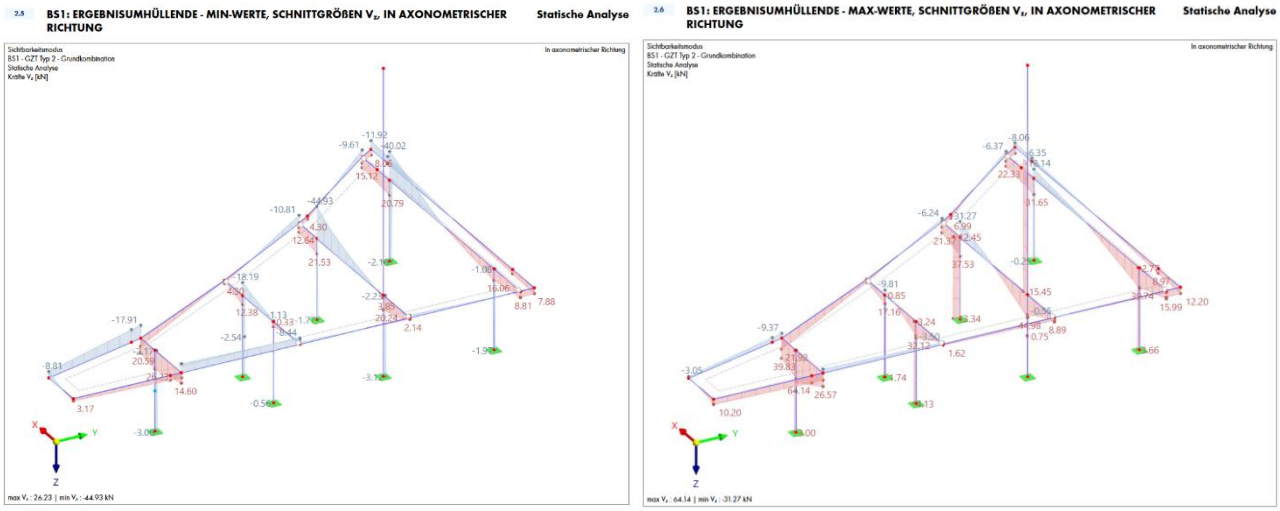


Abbildung 25 Minimale und maximale Querkraft in lokale z-Richtung aus der Überprüfungssituation (1)

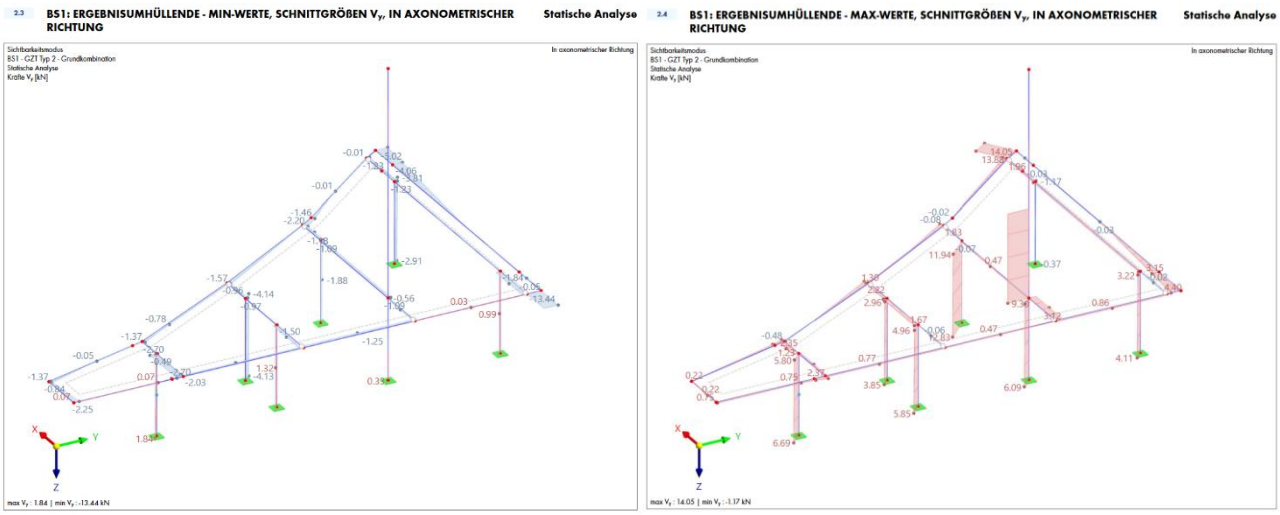


Abbildung 24 Minimale und maximale Querkraft in lokale y-Richtung aus der Überprüfungssituation (1)

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

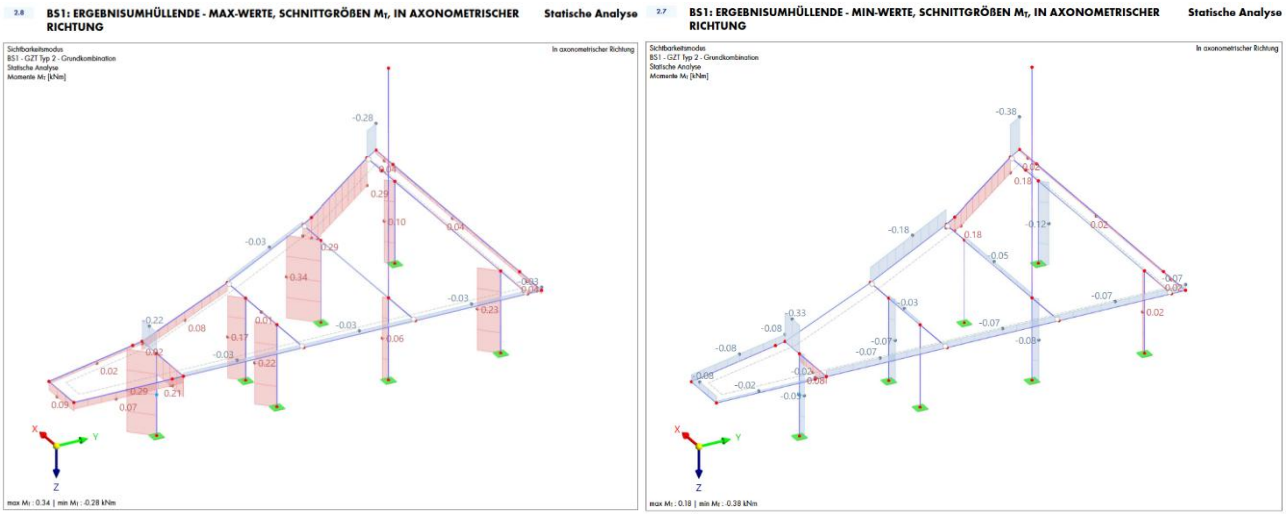


Abbildung 27 Minimales und maximales Torsionsmoment aus der Überprüfungssituation (1)

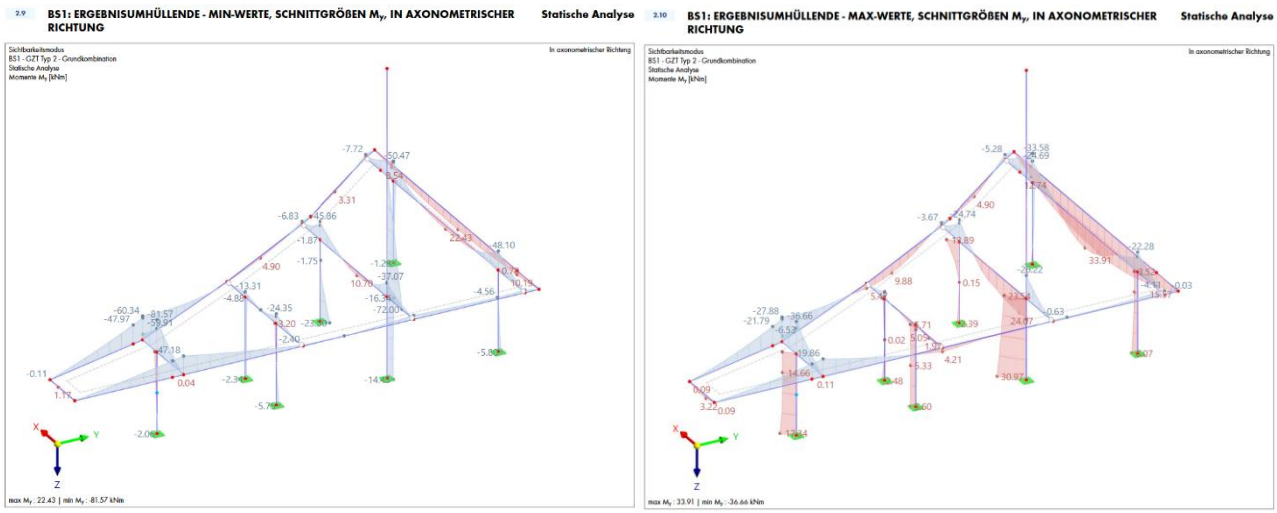


Abbildung 29 Minimales und maximales Moment um die lokale y-Achse aus der Überprüfungssituation (1)

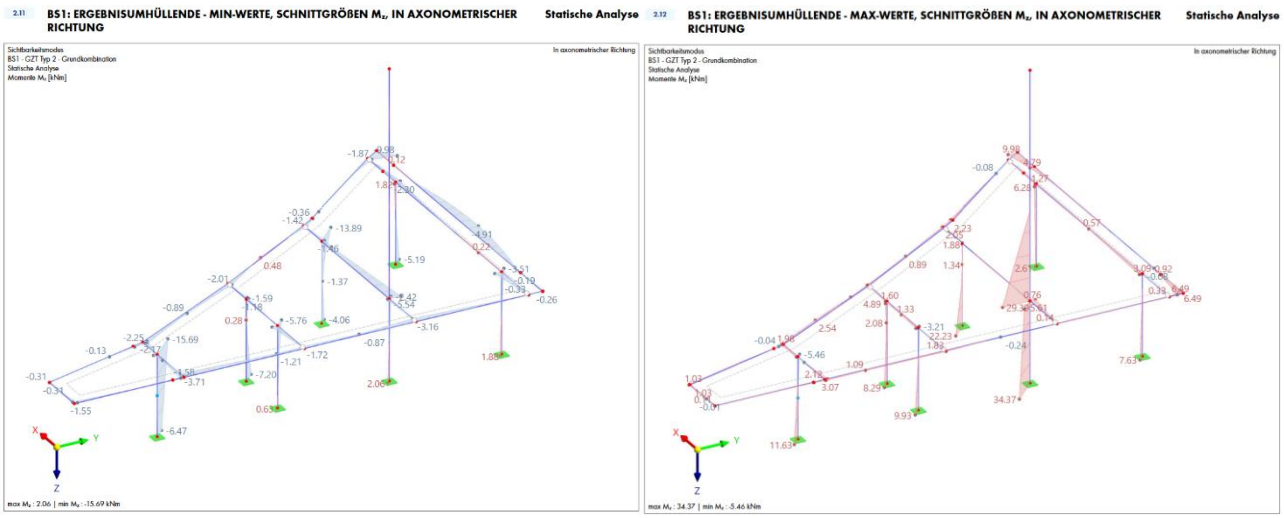


Abbildung 28 Minimales und maximales Moment um die lokale z-Achse aus der Überprüfungssituation (1)

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Ausnutzung:

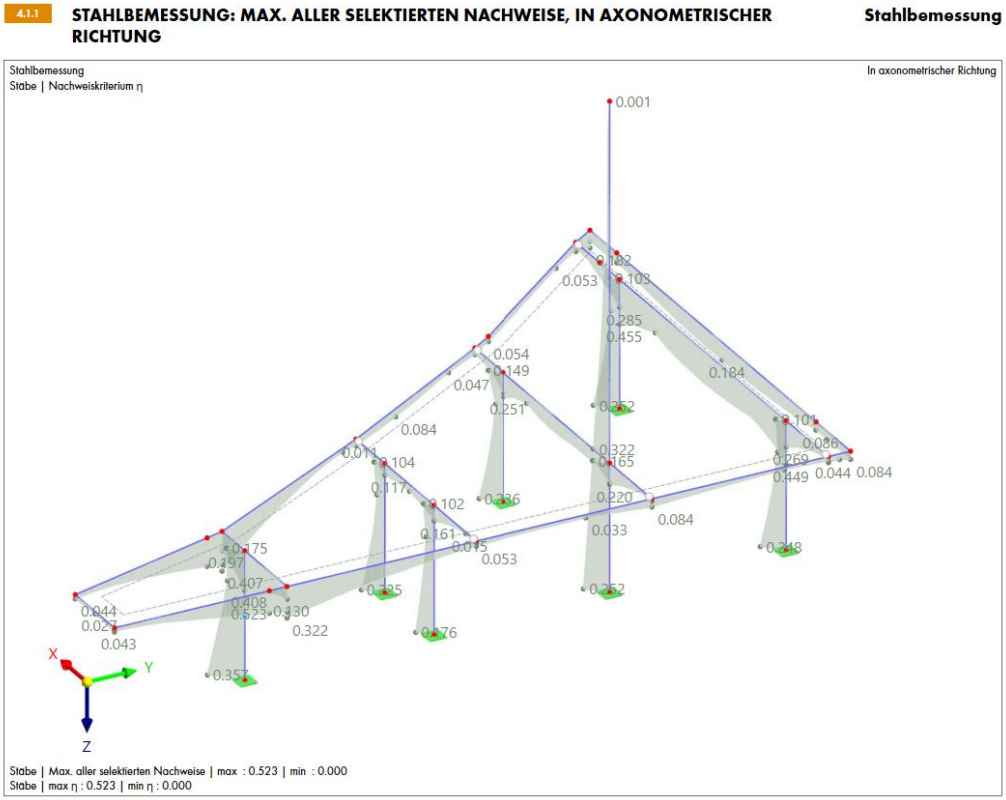


Abbildung 30 Ausnutzung GZT

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Separate Nachweise:

Stabilität: Kreuzstütze – Erdbeben maßgebend

A **STAB NR. 1 | BS6 | EK1 | 0.000 M | ST3300** **Stahlbemessung**

Nachweis ST3300 | SIA 263 | 2013-01

Stabilität
Druckkraft und Doppelbiegung nach 5.1.10

Eine detaillierte Berechnung der jeweiligen Tragfähigkeiten finden Sie in den entsprechenden Nachweisen.

$$N_{cr,y} = \frac{(\pi)^2 \cdot E \cdot I_y}{\left(L_{K,y}\right)^2} = \frac{(\pi)^2 \cdot 210000.000\,N/mm^2 \cdot 9722.92\,cm^4}{(5.800\,m)^2} = 5990.45\,kN$$ [1], 1.2.1

$$N_{cr,z} = \frac{(\pi)^2 \cdot E \cdot I_z}{\left(L_{K,z}\right)^2} = \frac{(\pi)^2 \cdot 210000.000\,N/mm^2 \cdot 9722.92\,cm^4}{(5.800\,m)^2} = 5990.45\,kN$$ [1], 1.2.1

$$N_{K,Rd} = \min\left(N_{K,y,Rd}, N_{K,z,Rd}\right) = \min(2676.94\,kN, 2676.94\,kN) = 2676.94\,kN$$ [1], 4.5.1.3, Gl. 7

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{K,Rd}} + \frac{\omega_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{D,Rd}} + \frac{\omega_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{69.85\,kN}{2676.94\,kN} + \frac{1.00}{1 - \frac{69.85\,kN}{5990.45\,kN}} \cdot \frac{31.86\,kNm}{207.28\,kNm} + \frac{1.00}{1 - \frac{69.85\,kN}{5990.45\,kN}} \cdot \frac{35.94\,kNm}{207.28\,kNm} = 0.357$$ [1], 5.1.10.1, Gl. 50

$\eta = 0.357 \leq 1$ ✔

$N_{cr,y}$	Ideale Verzweigungslast
E	Elastizitätsmodul
I_y	Trägheitsmoment
$L_{K,y}$	Knicklänge
$N_{cr,z}$	Ideale Verzweigungslast
I_z	Trägheitsmoment
$L_{K,z}$	Knicklänge
$N_{K,Rd}$	Bemessungsknickbeanspruchbarkeit des Stabes bei Druck
$N_{K,y,Rd}$	Bemessungsknickbeanspruchbarkeit des Stabes bei Druck
$N_{K,z,Rd}$	Bemessungsknickbeanspruchbarkeit des Stabes bei Druck
N_{Ed}	Bemessungsnormalkraft
ω_y	Reduktionsfaktor
$M_{y,Ed}$	Bemessungsbiegemoment
$M_{D,Rd}$	Bemessungsknickbeanspruchbarkeit des Stabes bei Biegung
ω_z	Reduktionsfaktor
$M_{z,Ed}$	Bemessungsbiegemoment
$M_{z,Rd}$	Bemessungswert der Biegebeanspruchbarkeit

Referenzen:
[1] SIA 263:2013

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Stabilität: Kreuzstütze unterhalb des FLM

A **STAB NR. 5 | BS1 | LK5 | 0.000 M | ST3300** **Stahlbemessung**

Nachweis ST3300 | SIA 263 | 2013-01

Stabilität
Druckkraft und Doppelbiegung nach 5.1.10

Eine detaillierte Berechnung der jeweiligen Tragfähigkeiten finden Sie in den entsprechenden Nachweisen.

$$N_{cr,y} = \frac{(\pi)^2 \cdot E \cdot I_y}{(L_{K,y})^2}$$
$$= \frac{(\pi)^2 \cdot 210000.000\,N/mm^2 \cdot 13838.20\,cm^4}{(5.800\,m)^2}$$
$$= 8525.94\,kN$$

[1], 1.2.1

$$N_{cr,z} = \frac{(\pi)^2 \cdot E \cdot I_z}{(L_{K,z})^2}$$
$$= \frac{(\pi)^2 \cdot 210000.000\,N/mm^2 \cdot 13838.20\,cm^4}{(5.800\,m)^2}$$
$$= 8525.94\,kN$$

[1], 1.2.1

$$N_{K,Rd} = \min\left(N_{K,y,Rd}, N_{K,z,Rd}\right)$$
$$= \min(3515.76\,kN, 3515.76\,kN)$$
$$= 3515.76\,kN$$

[1], 4.5.1.3, Gl. 7

$$\omega_y = 0.6 + 0.4 \cdot \left(\frac{M_{yEd,min}}{M_{yEd,max}}\right)$$
$$= 0.6 + 0.4 \cdot \left(\frac{23.22\,kNm}{30.97\,kNm}\right)$$
$$= 0.90$$

[1], 5.1.9.1

$$\omega_z = 0.6 + 0.4 \cdot \left(\frac{M_{zEd,min}}{M_{zEd,max}}\right)$$
$$= 0.6 + 0.4 \cdot \left(\frac{18.27\,kNm}{34.37\,kNm}\right)$$
$$= 0.81$$

[1], 5.1.9.1

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{K,Rd}} + \frac{\omega_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{D,Rd}} + \frac{\omega_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}$$
$$= \frac{88.74\,kN}{3515.76\,kN} + \frac{0.90}{1 - \frac{88.74\,kN}{8525.94\,kN}} \cdot \frac{30.97\,kNm}{277.56\,kNm} + \frac{0.81}{1 - \frac{88.74\,kN}{8525.94\,kN}} \cdot \frac{34.37\,kNm}{277.56\,kNm}$$
$$= 0.228$$

[1], 5.1.10.1, Gl. 50

$\eta = 0.228 \leq 1$ ✔

$N_{cr,y}$	Ideale Verzweigungslast
E	Elastizitätsmodul
I_y	Trägheitsmoment
$L_{K,y}$	Knicklänge
$N_{cr,z}$	Ideale Verzweigungslast
I_z	Trägheitsmoment
$L_{K,z}$	Knicklänge
$N_{K,Rd}$	Bemessungsknickbeanspruchbarkeit des Stabes bei Druck
$N_{K,y,Rd}$	Bemessungsknickbeanspruchbarkeit des Stabes bei Druck
$N_{K,z,Rd}$	Bemessungsknickbeanspruchbarkeit des Stabes bei Druck
ω_y	Reduktionsfaktor
$M_{yEd,min}$	Kleineres Moment aus Absolutwerten der Endmomente am Segment
$M_{yEd,max}$	Größeres Moment aus Absolutwerten der Endmomente am Segment
ω_z	Reduktionsfaktor
$M_{zEd,min}$	Kleineres Moment aus Absolutwerten der Endmomente am Segment
$M_{zEd,max}$	Größeres Moment aus Absolutwerten der Endmomente am Segment
N_{Ed}	Bemessungsnormalkraft
$M_{y,Ed}$	Bemessungsbiegemoment
$M_{D,Rd}$	Bemessungsknickbeanspruchbarkeit des Stabes bei Biegung
$M_{z,Ed}$	Bemessungsbiegemoment
$M_{z,Rd}$	Bemessungswert der Biegebeanspruchbarkeit

Referenzen:
[1] SIA 263:2013

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

7.2. GZT-Typ 2 - Erdbeben

Zur Abschätzung der Erdbebeneinwirkung werden die Auflagerlasten der Überprüfungssituation (2) mittels RFEM 6 ermittelt und mit den Auflagerlasten aus der Überprüfungssituation (1) verglichen.

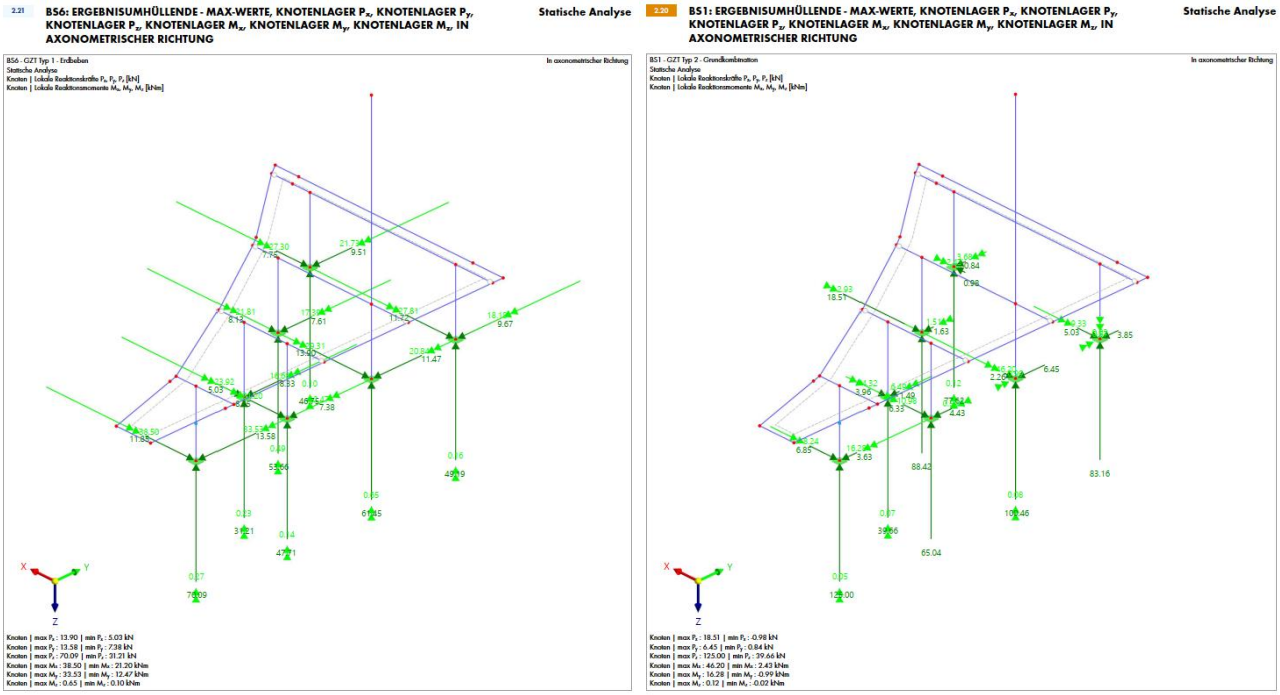


Abbildung 31 Maximale Auflagerlasten nach Erdbeben-Kombination (2)(links), Auflagerlasten nach Überprüfungssituation(1)(rechts)

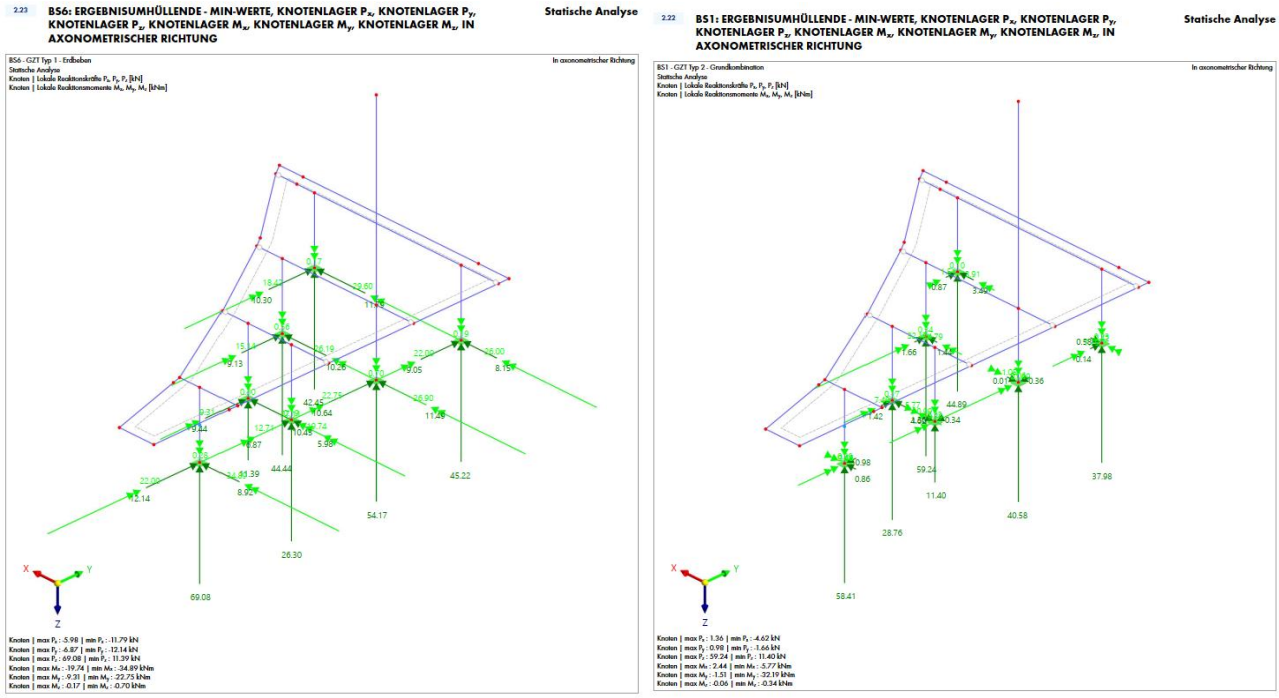


Abbildung 32 Minimale Auflagerlasten nach Erdbeben-Kombination (2)(links), Auflagerlasten nach Überprüfungssituation(1)(rechts)

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Die Auflagerlasten in der Erdbeben-Bemessungskombination sind größer als die aus der andauernden und vorübergehenden Überprüfungssituation.

Die Stabilität wird im vorherigen Kapitel mit den Lasten aus der Erdbebeneinwirkung nachgewiesen.

Für den Anschluss HEB-Träger an Standard-Kreuzstütze und den Anschluss an das Fundament sowie das Fundament selbst werden die Lasten aus dem Erdbeben berücksichtigt.

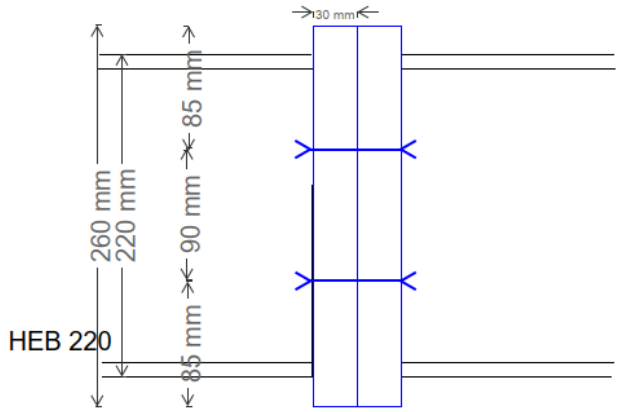
Der Nachweis wurde mit der rev. Statik vom 31.07.2026 nachgereicht und geprüft.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

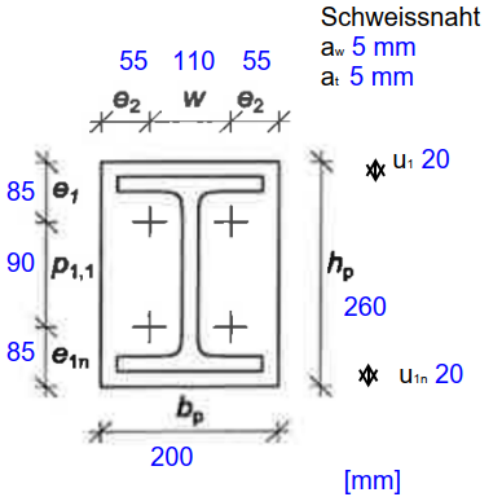
7.3. Anschlüsse

7.3.1. Stoß HEB220

Ansicht



Kopfplatte S235 200x260x30 mm



Einwirkung

N_{ed} = -3,95 kN

$V_{y,ed}$ = 1,65 kN

$V_{z,ed}$ = 22,1 kN

M_T = 0,04 kNm

$M_{y,ed}$ = -60,32 kNm

$M_{z,ed}$ = -2,61 kNm

– Aus Erdbebenkombination

N_{ed} = 5,98 kN

$V_{y,ed}$ = 1,41 kN

$V_{z,ed}$ = 12,8 kN

M_T = 0,08 kNm

$M_{y,ed}$ = -34,5 kNm

$M_{z,ed}$ = -5,88 kNm

→ Typisierter Anschluss: IH 1.1; HEB 220; M 24, 10.9 (Siehe unten)

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Schnittgrößen quer zur Tafelebene werden vernachlässigt.

- Druckkräfte werden direkt von Querschnitt zu Querschnitt übertragen.
- Querkraft: Ausnutzung einachsig: $\eta = 0{,}12$

  Ausnutzung zweiachsig: $\eta = \frac{V_{res}}{V_{j,Rd}} = \frac{22{,}2kN}{189{,}4kN} = 0{,}12$

  Mit $V_{res} = \sqrt{V_{y,Ed}^2 + V_{z,Ed}^2} = \sqrt{1{,}65^2 + 22{,}1^2} = 22{,}2kN$

  $V_{j,Rd} = 189{,}4\ kN$ aus Frilo

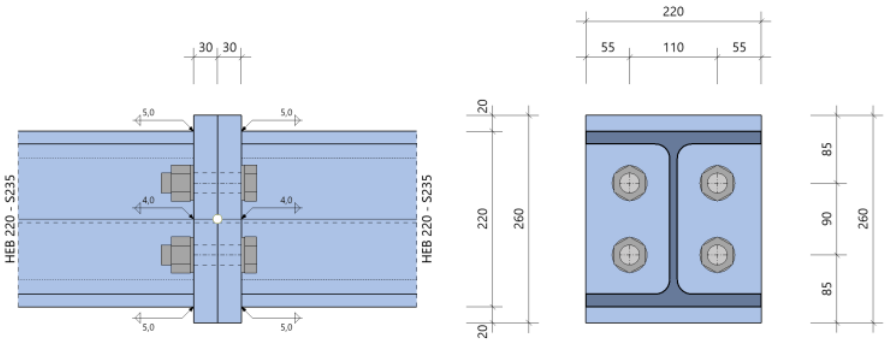
- Moment: Ausnutzung einachsig: $\eta = 0{,}70$

  → zusätzliche Druckkraft aus dem Moment kann direkt über den Querschnitt weitergeleitet werden

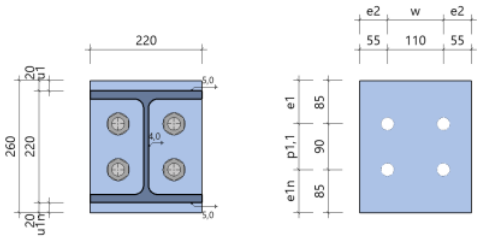
  → zusätzliche Zugkraft aus dem Moment muss über Plattenbiegung und die Schrauben in den angeschlossenen Träger weitergeleitet werden. Da das Moment gering ist, wird davon ausgegangen, dass dies möglich ist.

System

Systemgrafik 2D

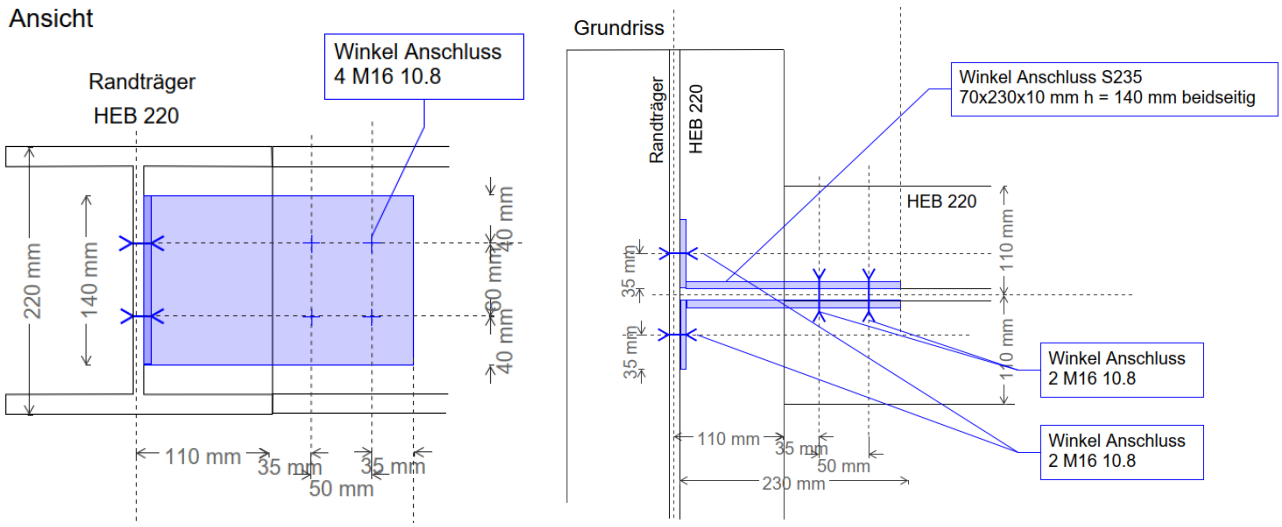


Detailgrafik Stirnplatte



Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

7.3.2.HEB 220 (Dachrand) an HEB 220 (Dachträger) gelenkig



Einwirkung

Im Randträger:

N_{ed} = 3,12 kN

$V_{y,ed}$ = 15 kN

$V_{z,ed}$ = 22 kN

<u>Randträger</u>

Kraft pro Schraube:

$$V_{Ed} = \sqrt{\left(\frac{V_{Ed,y}}{4}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed,z}}{4}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{3{,}14}{4}\right)^2 + \left(\frac{22{,}3}{4}\right)^2} = 5{,}6\ kN$$

$$Z_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{4} = \frac{15\text{kN}}{4} = 3{,}75kN$$

Lochleibung Nebenträger: $F_{b,Rd}$ = 99,2*0,95= 93,2 kN > 5,6 kN

mit t_w = 9,5mm

Lochleibung Winkel: $F_{b,Rd}$ = 77,76 = 77,76kN > 5,6kN

Abscheren Schrauben: $F_{v,Rd}$ = 62,8 kN > 5,6kN

Zug/Durchstanzen Schrauben: min ($F_{t,Rd}$; $B_{p,Rd}$) = min(79,1; 136,2)kN = 79,1kN < 3,75kN

Kombination: $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4*F_{t,Rd}} = \frac{5{,}6\text{kN}}{62{,}8kN} + \frac{3{,}75\text{kN}}{1{,}4*79{,}1\text{kN}} = 0{,}12$

Blockscherversagen: $V_{eff,2,Rd}$ = 136 kN > 5,6kN

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Winkel

Die Lasten werden auf beide Winkel aufgeteilt. Vom Prinzip Lasten ermittelt wie in Kapitel 9.3.3.

$N_d = V_{z,ed}/2 = 22/2 = 11$ kN

$V_{y,d} = N_{Ed}/2 = 3,12/2 = 1,57$ kN

$V_{z,d} = V_{y,ed}/2 = 15/2 = 7,5$ kN

$M_{xl,d} = 1,13/2 = 0,57$ kNm

$M_{y,d} = 3,75/2 = 1,9$ kNm

$M_{z,d} = 0,88/2 = 0,44$ kNm

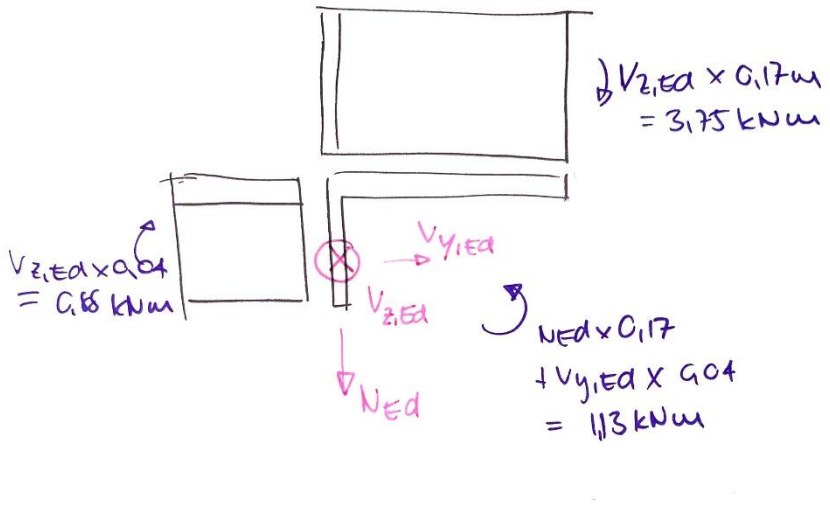
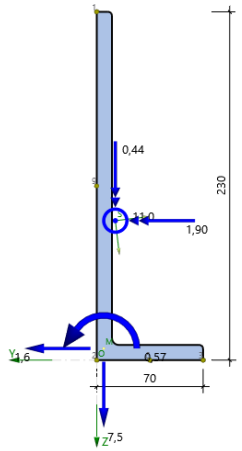


Abbildung 33 Lasten aus Randträger auf L-Winkel

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Frilo-Auszug:



Ergebnisse

Nachweis Querschnitt Kombination 1 maximale Auslastung

Querschnittsklasse 1 η_{max} = 0,47

Spannungen

Nr	y [mm]	z [mm]	σ [N/mm²]	τl [N/mm²]	τv [N/mm²]	τmax [N/mm²]	σvgl [N/mm²]	η
2	0	0	5.9	59.0	1.5	60.5	105.0	0.45
3	-70	0	33.2	59.0	0.0	59.0	107.4	0.46
1	0	-230	-11.3	59.0	0.0	59.0	102.8	0.44
9	0	-115	-2.7	59.0	-5.4	-64.3	111.5	0.47
6	-35	0	19.6	59.0	3.0	62.0	109.2	0.46

σ_{Rd} = 235.0 N/mm² τ_{Rd} = 135.7 N/mm²

Dachträger

Kraft pro Schraube:

$$V_{Ed} = \sqrt{\left(\frac{V_{y,Ed}}{4}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed,z}}{4}\right)^2} + \frac{V_{Ed,z} * 0{,}17m}{4 * \sqrt{0{,}025^2 + 0{,}03^2 m}} = \sqrt{\left(\frac{15}{4}\right)^2 + \left(\frac{22}{4}\right)^2} + \frac{22 * 0{,}17m}{4 * \sqrt{0{,}025^2 + 0{,}03^2 m}}$$

$$= 30{,}6\ kN$$

$$Z_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{4} + \frac{N_{Ed} * 0{,}17m}{2 * \frac{2}{3} * 0{,}085m} + \frac{V_{Ed,z} * 0{,}04m}{2 * \frac{2}{3} * 0{,}1m} = \frac{3{,}14\text{kN}}{4} + \frac{3{,}14\text{kN} * 0{,}17m}{2 * \frac{2}{3} * 0{,}085m} + \frac{22\text{kN} * 0{,}04m}{2 * \frac{2}{3} * 0{,}1m} = 7{,}9kN$$

Lochleibung Hauptträger: $F_{b,Rd}$ =77,87*0,95= 74 kN > 30,6 kN

mit t_w = 9,5mm

Lochleibung Winkel: $F_{b,Rd}$ = 2* 77,87 = 155,7 kN > 30,6kN

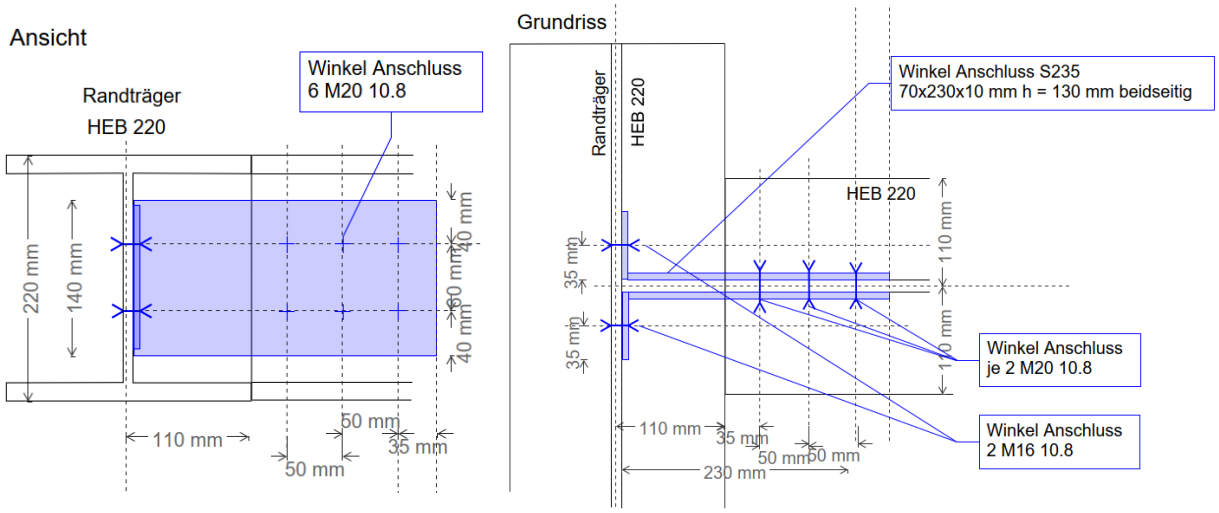
Abscheren Schrauben: $F_{v,Rd}$ = 62,8 kN > 30,6kN

Zug/Durchstanzen Schrauben: min ($F_{t,Rd}$; $B_{p,Rd}$) = min(79,1; 136,2)kN = 79,1kN > 7,9 kN

Kombination: $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4 * F_{t,Rd}} = \frac{30{,}6\text{kN}}{62{,}8kN} + \frac{7{,}9\text{kN}}{1{,}4 * 79{,}1\text{kN}} = 0{,}56$

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

7.3.3.HEB 220 (Dachrand) an HEB 220 (Dachträger) biegesteif



Einwirkung

N_{ed} = 2,72 kN

$V_{y,ed}$ = 4,31 kN

$V_{z,ed}$ = 40 kN

M_T = 0,5 kNm

$M_{y,ed}$ = -5,0 kNm

$M_{z,ed}$ = -2,53 kNm

– Aus Erdbebenkombination

N_{ed} = 2,76 kN

$V_{y,ed}$ = 6,26 kN

$V_{z,ed}$ = 23,15 kN

M_T = 0,38 kNm

$M_{y,ed}$ = -3 kNm

$M_{z,ed}$ = -5,6 kNm

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Auszug aus Frilo:

Zusammenfassung

Maximale Ausnutzung aus allen Nachweisen

Anschluss Hauptträger	η =	**0.14**	Lochleibung Träger
Anschluss Hauptträger	η =	**0.28**	Lochleibung Winkel
Anschluss Hauptträger	η =	**0.29**	Abscheren Schrauben
Anschluss Nebenträger	η =	**0.53**	Lochleibung Träger
Anschluss Nebenträger	η =	**0.25**	Lochleibung Winkel
Anschluss Nebenträger	η =	**0.40**	Abscheren Schrauben
Anschluss Nebenträger	η =	**0.13**	Blockversagen Träger
Anschluss Nebenträger	η =	**0.11**	Blockversagen Winkel
Anschluss Nebenträger	η =	**0.62**	Ausklinkung
Anschluss Nebenträger	η =	**0.44**	Anschnitt Winkel

Da nur die Querkraft V_z berücksichtigt wurde, müssen die Nachweis angepasst werden.

Randträger

Kraft pro Schraube:

$$V_{Ed} = \sqrt{\left(\frac{N_{Ed}}{4} + \frac{M_{Ed,y}}{4*0{,}03m}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed,z}}{4} + \frac{M_{Ed,y}}{4*0{,}04m}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2{,}72}{4} + \frac{5\ \text{kNm}}{4*0{,}03m}\right)^2 + \left(\frac{40}{4} + \frac{5\ \text{kNm}}{4*0{,}04m}\right)^2} = 52{,}2\ kN$$

$$Z_{Ed} = \frac{V_{Ed,y}}{4} + \frac{M_{Ed,T}}{2*\frac{2}{3}*0{,}1m} + \frac{M_{Ed,Z}}{2*\frac{2}{3}*0{,}8m} = \frac{6{,}26\text{kN}}{4} + \frac{0{,}5\text{kNm}}{2*\frac{2}{3}*0{,}1m} + \frac{5{,}6\text{kNm}}{2*\frac{2}{3}*0{,}8m} = 8{,}67kN$$

Lochleibung Nebenträger: $F_{b,Rd}$ = 99,2*0,95= 93,2 kN > 52,2 kN

mit t_w = 9,5mm

Lochleibung Winkel: $F_{b,Rd}$ = 74,67 kN > 52,2N

Abscheren Schrauben: $F_{v,Rd}$ = 62,8 kN > 52,2N

Zug/Durchstanzen Schrauben: min ($F_{t,Rd}$; $B_{p,Rd}$) = min(79,1; 136,2)kN = 79,1kN > 8,67kN

Kombination: $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4*F_{t,Rd}} = \frac{52{,}2\text{kN}}{62{,}8kN} + \frac{8{,}67\text{kN}}{1{,}4*79{,}1\text{kN}} = 0{,}91$

Blockscherversagen: $V_{eff,2,Rd}$ = 136 kN > 44,2kN

Winkel

Die Lasten werden auf beide Winkel aufgeteilt.

$N_d = V_{z,ed}/2 = 40/2 = 20$ kN

$V_{y,d} = N_{Ed}/2 = 2{,}72/2 = 1{,}36$ kN

$V_{z,d} = V_{y,ed} = 6{,}26/2 = 3{,}13$ kN

$M_{xl,d} = 6{,}4/2 = 3{,}2$ kNm

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

$M_{y,d}$ = 8,3/2 = 4,15 kNm

$M_{z,d}$ = 6,6/2 = 3,3 kNm

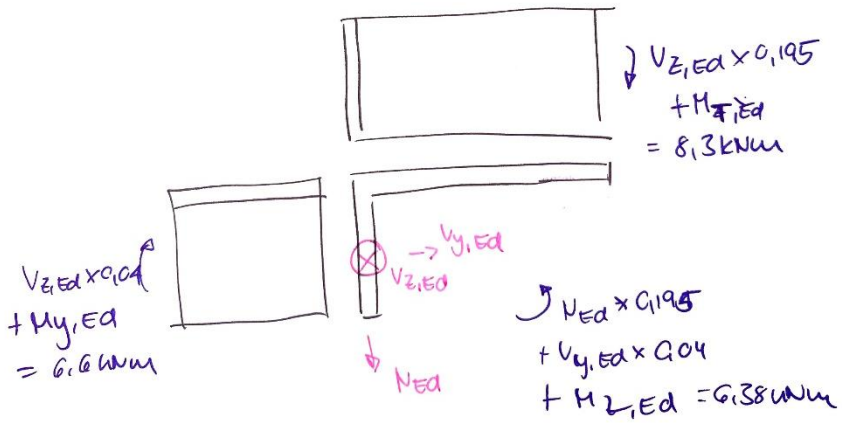
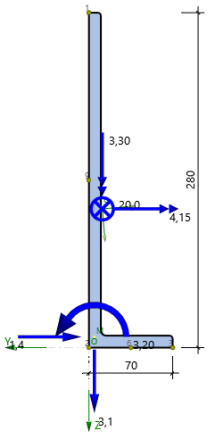


Abbildung 34 Lasten aus Nebenträger auf L-Winkel

Auszug aus Frilo:



Ergebnisse

Nachweis Querschnitt Kombination 1 maximale Auslastung

Querschnittsklasse 3 η_{max} = 2,38

Spannungen

Nr	y [mm]	z [mm]	σ [N/mm²]	τl [N/mm²]	τv [N/mm²]	τmax [N/mm²]	σvgl [N/mm²]	η
2	0	0	-150.2	282.4	-2.8	-285.1	516.2	2.20
3	-70	0	271.4	282.4	0.0	282.4	559.3	2.38
1	0	-280	36.0	282.4	0.0	282.4	490.4	2.09
9	0	-140	-57.1	282.4	-1.0	-283.4	494.1	2.10
6	-35	0	60.6	282.4	-2.3	-284.7	496.8	2.11

σ_{Rd} = 235.0 N/mm² τ_{Rd} = 135.7 N/mm²

Nachweis nicht eingehalten.

Der Nachweis wurde mit der rev. Statik vom 31.07.2026 nachgereicht und geprüft. Konstruktion wurde geändert.

Dachträger

Kraft pro Schraube:

Ständig/vorübergehend:

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

$$V_{Ed} = \sqrt{\left(\frac{V_{Ed,y}}{6} + \frac{M_{Ed,T}}{4 * 0{,}03m}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed,z}}{6} + \frac{M_{Ed,T}}{4 * 0{,}05m}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{4{,}31}{6} + \frac{0{,}5\ \text{kNm}}{4 * 0{,}025m}\right)^2 + \left(\frac{40}{6} + \frac{0{,}5\ \text{kNm}}{4 * 0{,}025m}\right)^2}$$
$$= 13\ kN$$

$$Z_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{6} + \frac{N_{Ed} * 0{,}195m}{2 * \frac{2}{3} * 0{,}135m} + \frac{V_{Ed,z} * 0{,}195m}{3 * \frac{2}{3} * 0{,}1m} + \frac{M_{Ed,y}}{3 * \frac{2}{3} * 0{,}1m} + \frac{M_{Ed,z}}{2 * \frac{2}{3} * 0{,}135m}$$
$$= \frac{2{,}72\text{kN}}{6} + \frac{2{,}72\text{kN} * 0{,}195m}{2 * \frac{2}{3} * 0{,}135m} + \frac{40\text{kN} * 0{,}195m}{3 * \frac{2}{3} * 0{,}1m} + \frac{5\text{kNm}}{3 * \frac{2}{3} * 0{,}1m} + \frac{2{,}53\text{kNm}}{2 * \frac{2}{3} * 0{,}135m}$$
$$= 81kN$$

Erdbeben:

$$V_{Ed} = \sqrt{\left(\frac{V_{Ed,y}}{6} + \frac{M_{Ed,T}}{4 * 0{,}03m}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed,z}}{6} + \frac{M_{Ed,T}}{4 * 0{,}05m}\right)^2}$$
$$= \sqrt{\left(\frac{6{,}26}{6} + \frac{0{,}38\ \text{kNm}}{4 * 0{,}025m}\right)^2 + \left(\frac{23{,}1}{6} + \frac{0{,}038\ \text{kNm}}{4 * 0{,}025m}\right)^2} = 9{,}0kN$$

$$Z_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{6} + \frac{N_{Ed} * 0{,}195m}{2 * \frac{2}{3} * 0{,}135m} + \frac{V_{Ed,z} * 0{,}195m}{3 * \frac{2}{3} * 0{,}1m} + \frac{M_{Ed,y}}{3 * \frac{2}{3} * 0{,}1m} + \frac{M_{Ed,z}}{2 * \frac{2}{3} * 0{,}135m}$$
$$= \frac{2{,}76\text{kN}}{6} + \frac{2{,}76\text{kN} * 0{,}195m}{2 * \frac{2}{3} * 0{,}135m} + \frac{23\text{kN} * 0{,}195m}{3 * \frac{2}{3} * 0{,}1m} + \frac{3\text{kNm}}{3 * \frac{2}{3} * 0{,}1m} + \frac{5{,}6\text{kNm}}{2 * \frac{2}{3} * 0{,}135m}$$
$$= 72kN$$

Lochleibung Hauptträger: $F_{b,Rd}$ =73,09*0,95= 69,4 kN < 81 kN

mit t_w = 9,5mm

Der Nachweis wurde mit der rev. Statik vom 31.07.2026 nachgereicht und geprüft.

Lochleibung Winkel: $F_{b,Rd}$ = 2* 73,09 = 146,2 kN > 81kN

Abscheren Schrauben: $F_{v,Rd}$ = 98 kN > 81kN

Zug/Durchstanzen Schrauben: min ($F_{t,Rd}$; $B_{p,Rd}$) = min(123,5; 170,9)kN = 123,5kN > 13 kN

Kombination: $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4 * F_{t,Rd}} = \frac{81\text{kN}}{98kN} + \frac{13\text{kN}}{1{,}4 * 123{,}5\text{kN}} = 0{,}9$

Blockscherversagen: $V_{eff,2,Rd}$ = 228kN > 67,1kN

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

7.3.4.Anschluss HEB-Träger an Kreuzstütze

Ausführung siehe 8.3.1.

Einwirkung

N_{ed} = -5,4/ -125 kN (Druck, nicht weiter beachtet)

$V_{y,ed}$ = 12 kN $\rightarrow V_{y,ed} = cos(45°) * 12 + sin(45°) * 12{,}5 = 17{,}3\ kN$

$V_{z,ed}$ = 12,5 kN $\rightarrow V_{z,ed} = V_{y,ed} = 17{,}3\ kN$

M_T = 0,34 kNm

$M_{y,ed}$ = 14,9 kNm $\rightarrow M_{y,ed} = cos(45°) * 14{,}9 + sin(45°) * 15{,}7 = 21{,}6\ kNm$

$M_{z,ed}$ = 15,7 kNm $\rightarrow M_{z,ed} = 21{,}6\ kNm$

→ Momente in globale x-Richtung ($M_{z,e}$) treten nicht auf

- Aus Erdbebenkombination -> maßgebend

N_{ed} = -7 / -70 kN (Druck, nicht weiter beachtet)

$V_{y,ed}$ = 10 kN $\rightarrow V_{y,ed} = cos(45°) * 10 + sin(45°) * 10 = 14{,}1\ kN$

$V_{z,ed}$ = 10 kN $\rightarrow V_{z,ed} = V_{y,ed} = 14{,}1\ kN$

M_T = 0,56 kNm

$M_{y,ed}$ = 9,4 kNm $\rightarrow M_{y,ed} = cos(45°) * 9{,}4 + sin(45°) * 8{,}7 = 12{,}8\ kNm$

$M_{z,ed}$ = 8,7 kNm $\rightarrow M_{z,ed} = M_{y,ed} = 12{,}8\ kNm$

Alle Nachweise wie bei 8.3.1. Lediglich die Druckkraft ist größer.

<u>Druck</u>

Kraft: $D_{ed} = 125\ kN$

Übertragende Fläche: HEB220: $A = 9{,}5 * \sqrt{2 * 30^2}\ mm^2 = 403 mm^2$

Kreuzstütze: $A = 30 * 30 mm^2 = 900 mm^2$

Auftretende Spannung: $\sigma = \frac{125 * 1000N}{403 mm^2} = 310 N/mm^2 \geq 235 N/mm^2$

In Ordnung, da hier nur der Steg zur Druckübertragung angesetzt wird. Auch möglich die Ausrundung mit anzusetzen

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

7.3.5. Anschluss FLM an Dachkonstruktion

Ausführung siehe 8.3.2.

Einwirkung (an Stützenkopf, lokale Schnittgrößen)

N_{ed} = -9,7 kN

$V_{y,ed}$ = 16 kN

$V_{z,ed}$ = 9,3 kN

M_T = 0 kNm

$M_{y,ed} = 48{,}5 * \frac{8{,}1}{11} = 35{,}7$ kNm

$M_{z,ed} = 101{,}3 * \frac{8{,}1}{11} = 74{,}6$ kNm

Alle Nachweise wie bei 8.3.2.

7.3.6. Anschluss Dachträger an Kreuzstütze (FLM)

Ausführung siehe 8.3.3.

Einwirkung (an Stützenkopf, lokale Schnittgrößen)

N_{ed} = -33/-93 kN

$V_{y,ed}$ = 5,19 kN $\rightarrow V_{y,ed} = cos(45°) * 15 + sin(45°) * 20 = 24{,}7\ kN$

$V_{z,ed}$ = 2,23 kN $\rightarrow V_{z,ed} = V_{y,ed} = 24{,}7\ kN$

M_T = 0,08 kNm

$M_{y,ed}$ = 23,5 kNm $\rightarrow M_{y,ed} = cos(45°) * 23{,}5 + sin(45°) * 18{,}3 = 29{,}5 kNm$

$M_{z,ed}$ = 18,27 kNm $\rightarrow M_{z,ed} = M_{y,ed}$

Alle Nachweise wie bei 8.3.3.

7.3.7. Anschluss Kreuzstütze an Fundament

Der Nachweis wurde mit der rev. Statik vom 31.07.2026 nachgereicht und geprüft.

7.3.8. Anschluss Kreuzstütze mit FLM an Fundament

Der Nachweis wurde mit der rev. Statik vom 31.07.2026 nachgereicht und geprüft.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

7.4. GZT-Typ 2 - Fundation

Die Auflagerkräfte der einzelnen Lastfälle sind nachfolgend dargestellt. (Typ 2 nach Steckner)

Der Nachweis wurde mit der rev. Statik vom 31.07.2026 nachgereicht und geprüft.

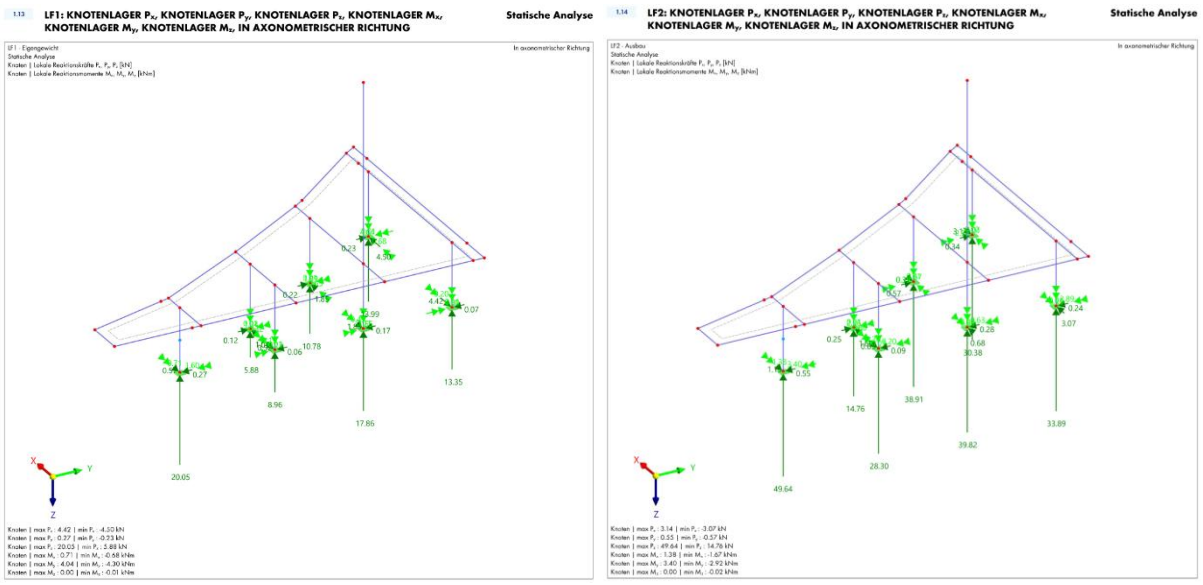


Abbildung 35 Auflagerkräfte LF1 (Eigengewicht) und LF 2 (Ausbau) aus Überprüfungssituation (1)

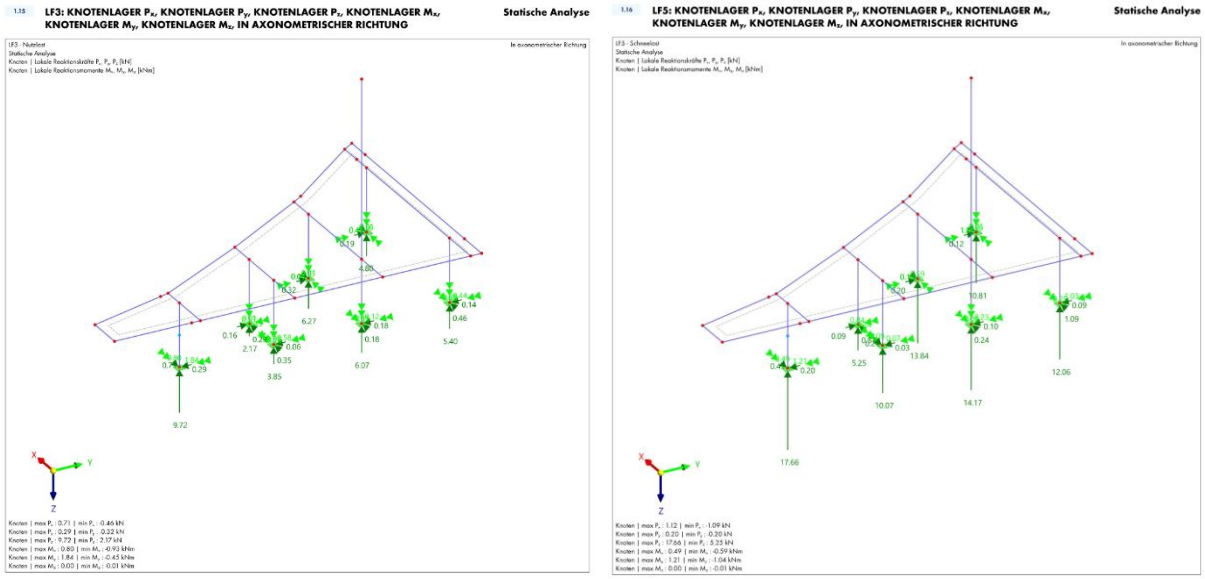


Abbildung 36 Auflagerkräfte LF3 (Nutzlast) und LF 5 (Schnee) aus Überprüfungssituation (1)

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

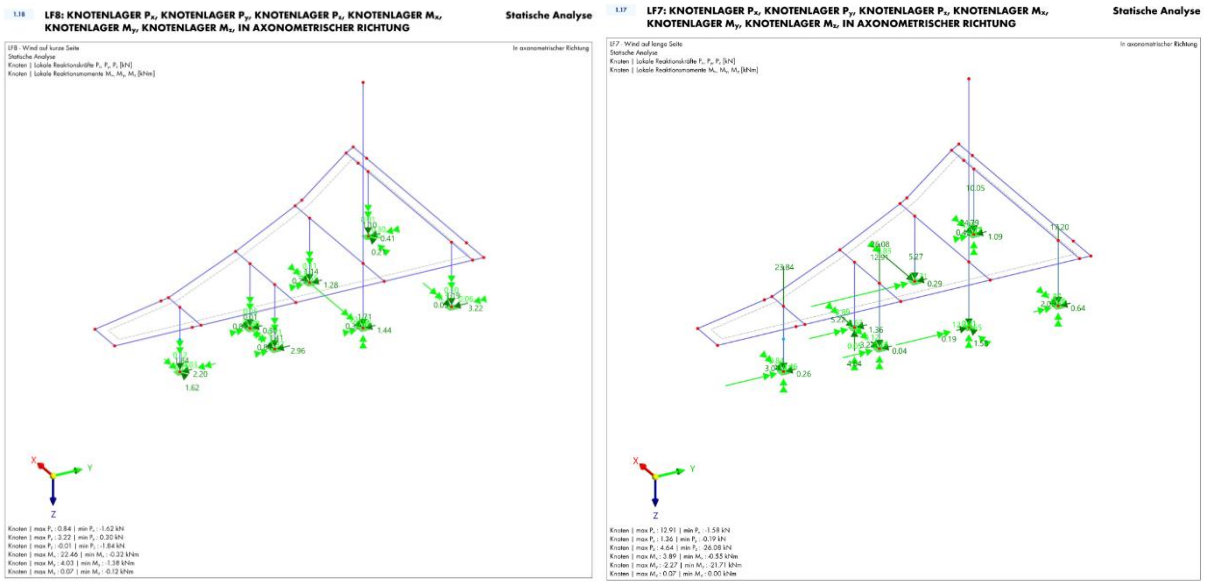


Abbildung 38 Auflagerkräfte LF 8 (Wind auf kurze Seite) und LF 7 (Wind auf lange Seite) aus Überprüfungssituation (1)

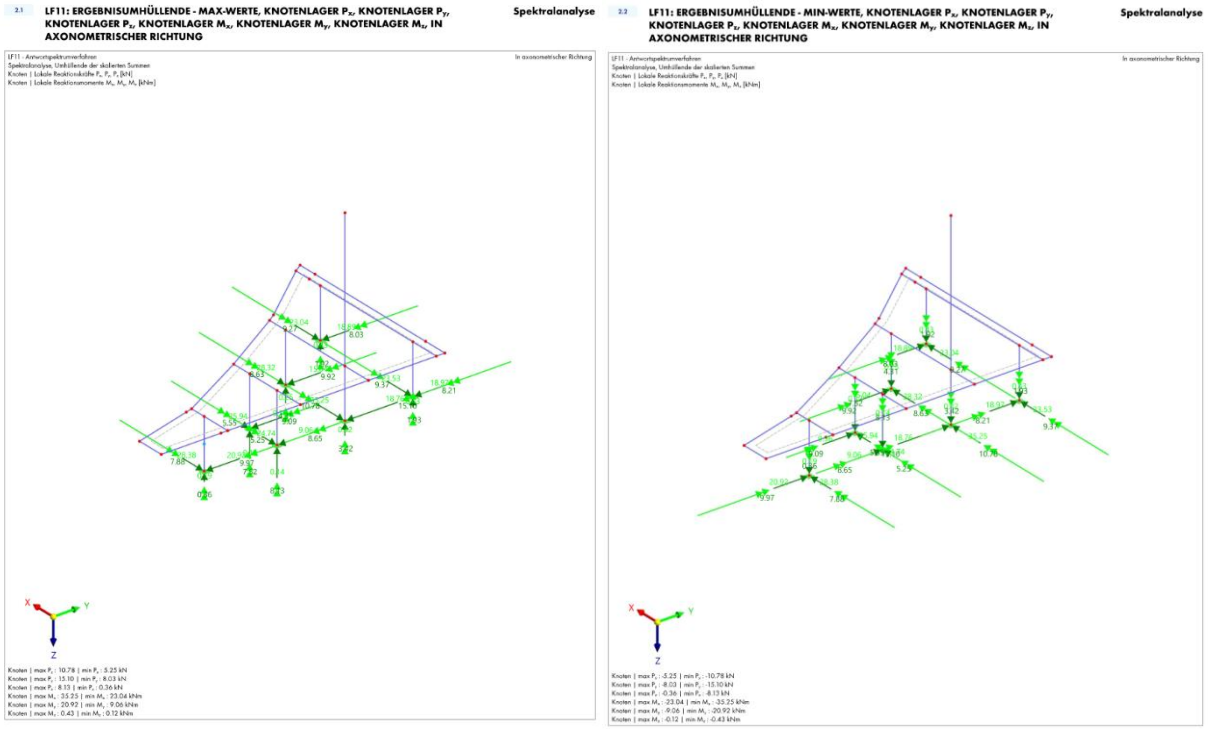


Abbildung 37 Maximale und minimale Auflagerkraft im Erdbeben-Lastfall

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

7.4.1.Fundament Standard-Kreuzstütze

Der Nachweis wurde mit der rev. Statik vom 31.07.2026 nachgereicht und geprüft.

7.4.2.Fundament FLM

Der Nachweis wurde mit der rev. Statik vom 31.07.2026 nachgereicht und geprüft.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

7.5. Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Die maximal zulässige Verformung sind folgende: (l/150 für Kragarme akzeptabel)

- Kreuzstütze (l=290cm) $\rightarrow u_{zul} = 2900/300 = 9{,}7mm$
- HEB220 Feld (l=710cm) $\rightarrow w_{zul} = 7100/350 = 20{,}3mm$
- HEB220 Kragarm (l=180cm) $\rightarrow w_{zul} = 1800/350 = 5{,}1mm$
- HEB260 FLM (l=1140cm) $\rightarrow u_{zul} = 11400/300 = 38mm$
- Feld Kragarm (l=351cm) $\rightarrow w_{zul} = 3510/350 = 10mm$

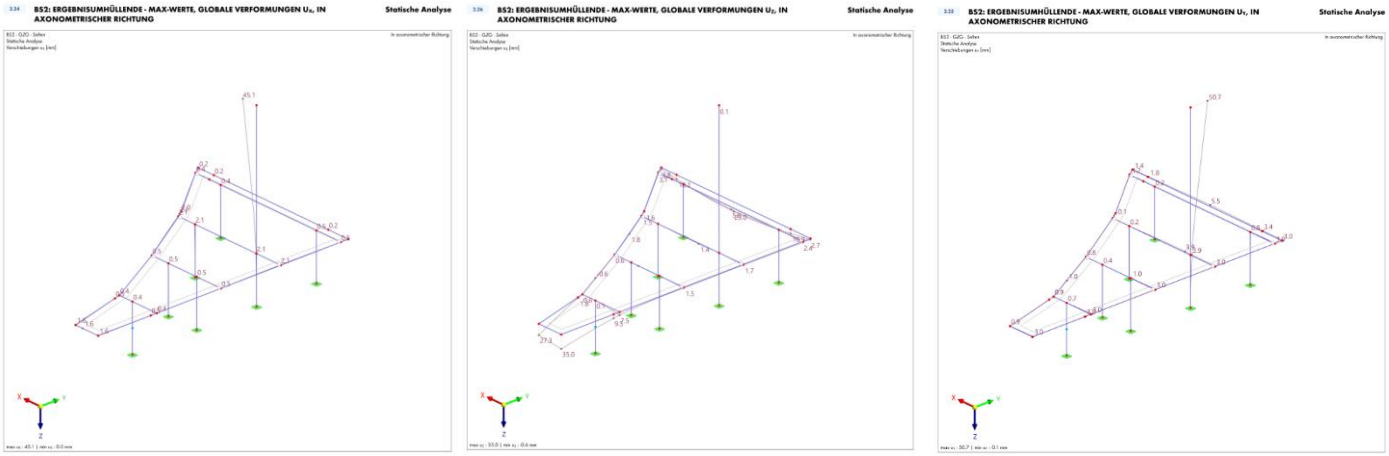


Abbildung 39 Verformung in x-Richtung (links), z-Richtung (mittig) und y-Richtung (rechts)

In x-Richtung tritt die größte Verformung im Fahrleitungsmast auf und beträgt 45,1 mm. Die Ausnutzung liegt hier bei 119%.

Lastfall häufig **u = 45 mm ≤ h/300 = 38mm** **nicht eingehalten**

Die maßgebende Verformung in z-Richtung tritt an dem auskragenden Teil des Daches auf. Die auftretende Verformung ist größer als die zulässige. Die Ausnutzung liegt bei 350%.

Lastfall häufig **w = 35 mm ≤ l/350 = 5mm** **nicht eingehalten**

Die maximale Verformung in y-Richtung liegt bei 50,7 mm und tritt im Fahrleitungsmast auf. Dies liegt ebenfalls über den zulässigen 38 mm.

Lastfall häufig **u = 45 mm ≤ h/300 = 38mm** **nicht eingehalten**

Die Überschreitungen werden dem Projektverfasser mitgeteilt. Die Gebrauchstauglichkeit ist aber nicht Teil des Prüfmandats.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Beilage B

Nr.	Thema / Stichwort	Auszug aus der Doku. des PV	Kommentar des SV: B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Forderung / R: Redaktionelle Anpassung	
Nutzungsvereinbarung, Fassung 31.07.2026				
2	**Allgemeine Ziele für die Nutzung**			
~~2.1.1~~	~~Projektbeschrieb~~		~~B~~	~~Der Projektbeschrieb ist mit den vielen Abmessungen in Textform schwer verständlich. Die Abmessungen sind im Kapitel 2.1.4 sehr klar aufgeführt und können im Projektbeschrieb reduziert werden.~~
~~2.1.4~~	~~Objektspezifische Angaben und Skizzen~~		~~E~~	~~Ergänzen mit:~~ ~~- Stahlprofilen der Konstruktion und der FLM~~ ~~- Abmessungen der Kreuzstütze inkl. Höhe~~ ~~- Querschnittsabmessungen des Holzbaus~~ ~~- Abmessungen der Fundamente~~ ~~- Länge der Mikropfähle~~
~~2.1.4~~	~~Abmessungen~~		~~F~~	~~Ergänzen mit berücksichtigtem Lichtraumprofil EBV 1-4, Stromabnehmerraum S1-S4~~ ~~Bei den beiden Perrondächern jeweils Fundationstyp ergänzen~~
~~2.5.4~~	~~Auf- und Nutzlasten~~		~~E~~	~~Liste der Lasten unvollständig. Es reicht das Kapitel 2.5.2.~~ ~~Es reicht, wenn die Lastangaben in der Projektbasis aufgeführt werden.~~
3	**Grundlagen**			
3.2/ 3.3	Gesetzliche Grundlagen/ Normen		F	Ergänzen mit - Aktuelles PHI Vers. 2.2, 2023 - ~~BLT-Richtlinie~~ - Norm SIA 179 «Befestigungen in Beton und Mauerwerk» - Norm SIA 263/1 «Stahlbau-Ergänzende Festlegungen» - ~~SN EN ISO 12944(2018) «Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme»~~ - ~~Alle massgebenden VSS – Normen~~ - ~~«Baulärm-Richtlinie», BAFU~~ - ~~«Luftreinhaltung auf Baustellen», BAFU~~
4	**Umfeld und Drittanforderungen**			

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Nr.	Thema / Stichwort	Auszug aus der Doku. des PV	Kommentar des SV: B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Forderung / R: Redaktionelle Anpassung	
			~~B~~	~~Angabe von Grundwasserstand und Schutzzone? Sind die Mikropfähle im Grundwasser? Ergänzen falls nötig~~
5	**Bedürfnisse des Betriebs und des Unterhalts**			
~~5.3~~	~~Anforderungen an das Bauwerk~~		~~E~~	~~Ergänzen mit Korrosionsschutz gegen Streusalz~~
6	**Besondere Vorgaben der Bauherrschaft**			
~~6.3.3~~	~~Gebrauchstauglichkeit~~		~~E~~	~~Ergänzen mit zulässigen Setzungen~~
~~6.3.4~~	~~Dauerhaftigkeit~~		~~F~~	~~Kapitel ergänzen mit dem Schutz der Konstruktion vor Umwelteinflüssen: - Korrosionsschutz für Stahlträger - Beschrieb des Schutzes für die Holzkonstruktion - Korrosionsschutz Mikropfähle~~
~~-~~	~~Anforderung an die Dichtigkeit~~		~~F~~	~~Kapitel ergänzen: Nach Rücksprache mit BLT liegt Verantwortung für Dachkonstruktion beim PV. NV gilt auch für den Holzbau. Dichtigkeitsanforderungen gem. SIA 272 angeben.~~
7	**Schutzziele und Sonderrisiken**			
~~7.1~~	~~Aussergewöhnliche Einwirkungen~~		~~B~~	~~Was sind beim Brandschutz für bauliche und organisatorische Massnahmen vorgesehen?~~
	~~Erdbeben~~		~~E~~	~~Wir empfehlen die BWK II~~
~~7.6~~	~~Akzeptierte Risiken~~		~~F~~	~~Anprall strassenseitig und tramseitig ist als akzeptiertes Risiko zu ergänzen. Brand ist ev. (gem 7.1) als akzeptiertes Risiko zu ergänzen~~
~~7~~	~~Schutzziele~~		~~F~~	~~Kapitel ergänzen mit dem Unterkapitel Grundwasser. Die Mikropfähle werden im Grundwasser im Lufthebeverfahren (gem. PNP) erstellt.~~
8	**Randbedingungen für die Bauausführung**			
			B	Wird im späteren Projektverlauf ergänzt.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Nr.	Thema / Stichwort	Auszug aus der Doku. des PV	Kommentar des SV: B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Forderung / R: Redaktionelle Anpassung	
Projektbasis, Fassung 31.07.26				
Es gelten dieselben Kommentare wie in der Nutzungsvereinbarung				
2	**Grundlagen**			
			~~R~~	~~Es wird auf Kapitel in der NV verwiesen werden, welche dort nicht aufgeführt sind (Bsp. 2.1.1, 2.1.2, 2.5)~~
3	**Baugrundverhältnis**			
~~3.1~~	~~Geologische Verhältnisse~~		~~B~~	~~Nach Beilage 2a Aufteilung der Bodenschichten gem. geologischem Längsprofil: - Künstliche Auffüllung: ca. 0,5m - Schwemmlehme: ca. 2,0m (fehlt in Tabelle PV) - Lokalschotter: ca. 2,7m - Meletta-Schichten~~
			~~E~~	~~Empfehlung Gründung gem. Geol.-geotechnischen Bericht aufführen.~~
			~~B~~	~~Nach Geologen Verdoppelung der Mantelreibungswerte für den Lokalschotter und die Meletta-Schichten möglich.~~
~~3.2~~	~~Geologisches Profil~~	~~«2023»~~	~~F~~	~~Veraltetes Profil. Aktuelles von 2025. Einflegen der Schwemmlehme.~~
4	**Tragwerkskonzept**			
~~4.1~~	~~Statisches System~~	~~Brettschichtholzträger GL24h (200x100)~~	~~B~~	~~Nachweis wurde mit 220x100 geführt. (Statik Kap. 6)~~
		~~«S235»~~	~~F~~	~~Aktualisieren der unterschiedlichen Festigkeiten.~~
~~4.2~~	~~Bemessungsmodell~~		~~B~~	~~Wurde die Analyse im 2D geführt? Ergänzen~~
~~4.3~~	~~Materialisierung~~		~~F~~	~~Ergänzen mit der Stahlqualität S235~~
5	**Einwirkungen**			
~~5.4~~	~~Aussergewöhnliche Einwirkungen~~	~~Erdbeben~~	~~R~~	~~Widerspruch zu Statik Kapitel 5.3, Statik mit BWK II ist korrekt BWK I wird akzeptiert~~
6	**Tragsicherheit**			
6.1.1	Bauzustand (Bauphase)		B	Wird im späteren Projektverlauf ergänzt.

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Nr.	Thema / Stichwort	Auszug aus der Doku. des PV	Kommentar des SV: B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Forderung / R: Redaktionelle Anpassung	
~~6.1.2~~	~~Endzustand (Definitive Nutzungsphase)~~		~~R~~	~~Nachfolgende Kapitel sind verrutscht. Kap 7 entspricht 6.1.2.1. Kap 8 entspricht 6.1.2.2.~~
8	**Bemessungssituation**			
			~~E~~	~~Lastbeiwerte nach SIA 269/1 für bestehende Bauten sind beim Neubau nicht relevant. Können gelöscht werden.~~
			~~F~~	~~Bei den veränderlichen Einwirkungen fehlt die Nutzlast Kat. H~~
			~~F~~	~~Es fehlen die Lasten vom FLM~~
			~~F~~	~~Mit der Aussergewöhnlichen Bemessungssituation ergänzen~~
			~~F~~	~~Mit der Bemessungssituation der GZT T1 und T3 ergänzen~~
			~~F~~	~~Fundament, Nachweis Steckner (GZT Typ 2) ergänzen und beschreiben gem. Projektierungsrichtlinie Fahrleitungsmastfundamente.~~
9	**Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit**			
~~9.2.1 + 9.2.2~~	~~Anforderung an neue Bauteile + Massnahmen zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit~~		~~F~~ ~~B~~	~~Anforderungen und Massnahmen sind für alle 3 Materialien (Stahlbau, Betonbau, Holzbau) getrennt aufzulisten. Ergänzen mit Angaben zum Schutz des Holzbaus Verweis auf Anforderungen gemäss PHI ergänzen und berücksichtigen Wieso XF4. Bsp. Beton gem. PHI T3 gefordert mit XF2~~
~~9.2.2~~	~~Massnahmen zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit~~		~~F~~	~~cnom = 50 mm Beton direkt gegen das Erdreich (vorbereiteter Untergrund) SIA 262(2025) 5.2.2.5, PHI cnom = 40 mm ist nicht zulässig~~
~~9.2.3~~	~~Nutzungszustände / Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit~~		~~F~~	~~Ergänzen mit zulässigen Setzungen Zul. Verformungen der Holzträger und Kragarm Stahlbau~~

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Nr.	Thema / Stichwort	Auszug aus der Doku. des PV	Kommentar des SV: B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Forderung / R: Redaktionelle Anpassung	
Statische Berechnung, Fassung 31.07.2026				
Es gelten dieselben Kommentare wie in der Nutzungsvereinbarung und Projektbasis				
~~Allgm.~~	~~Angrenzende Bauten~~		~~F~~	~~Neben dem Perrondach 2 ist eine «Bauchmauer». Hält diese die neuen Lasten im Gebrauchs- und Bauzustand stand? Nachweis ergänzen~~
~~5.2~~	~~Veränderliche Einwirkungen - Wind~~		~~F B~~	~~Wind: Widerspruch zu Angaben in PB. Werte sind teilweise aus der Geländekategorie III (z=5m) und es steht es wurde die Kategorie IV mit z= 10m verwendet.~~ ~~Empfehlung: Einheitlich Geländekategorie IV verwenden~~ ~~Lastbeiwerte aus der Tabelle ergänzen~~ ~~Wurde der Wind von der Windrichtung 0° und 45° angeschaut und die anderen Richtungen als nicht massgebend berechnet?~~
~~5.2~~	~~Veränderliche Einwirkungen - Schnee~~		~~F~~	~~Wie wurde die Schneelast im Modell berechnet?~~ ~~qks = 0.72kN/m2*4.8m = 3.46 und nicht 4.3 kN/m~~
~~5.3~~	~~Aussergewöhnliche Einwirkungen~~		~~E~~	~~Erdbeben. Gemäss PB ist die Baugrundklasse E und nicht C.~~ ~~Bauwerksklasse wird teilweise mit I und II angegeben.~~ ~~Es wird empfohlen BWK II anzuwenden.~~ ~~Widerspruch es wird sowohl die BWK II als auch sie BWK I angegeben.~~
	~~Holzqualität ist GL24h~~	~~«GL24c»~~	~~R~~	~~abweichende Bezeichnung der Holzqualität~~ ~~- Positionsplan~~ ~~- Plan: Konstruktionsprinzip~~ ~~- Plan: Regeldetail~~
~~6~~	~~Nachweis Dach 1 sowie Dach 2: Holzbalkendach~~		~~F~~	~~Biegenachweis wurde mit 10/22 geführt. Angaben im Positionsplan und den Auflasten (Kap 5.1) ist 10/20. Die Abmessungen überall auf 10/22 korrigieren.~~
	~~3-Schichtplatte~~		~~F~~	~~Die Schichtstärken bei der 3-Schichtplatte definieren, Dicke nicht gem. Holzbautabellen (bspw. t = 21mm zulässig)~~ ~~Nachweis fehlt~~
7	Nachweis Dach 1: Rahmen Regelbereich			

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Nr.	Thema / Stichwort	Auszug aus der Doku. des PV	Kommentar des SV: B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Forderung / R: Redaktionelle Anpassung	
7.5	Detailnachweis: Anschluss Stützenkopf Dachträger an Kreuzstütze		B	Last nur in eine Richtung angesetzt. Durch Wind- und Erdbebeneinwirkungen sind Lasten in beide Richtungen möglich. → SV berechnet eine 104%-ige Ausnutzung, in Ordnung.
7.6	Verformung	«w_{zul} = l/150»	B	Nach PB sind die Verformungen in vertikaler Richtung nach SIA 260 Anhang A Tab. 3 einzuhalten.
~~7.7~~	~~Bemessung Fundament~~		~~F~~	~~Moment nur in eine Richtung angesetzt. Erneute Bemessung des Fundamentes~~
8	**Nachweis Dach 1: Rahmen FLM: 17.075 sowie 17.076**			
~~8.5~~	~~Detailnachweis: Anschluss FLM an Dachkonstruktion~~		~~B~~	~~Widersprüchliche Angaben zur Kopfplatte, ob S235 oder S355: Kopfplatte in S355 ausführen.~~
8.6	Detailnachweis: Anschluss Stützenkopf Dachträger an Kreuzstütze		B	Last nur in eine Richtung angesetzt. Durch Wind- und Erdbebeneinwirkungen sind Lasten in beide Richtungen möglich. → VR ergibt eine 83%-ige Ausnutzung, in Ordnung.
8.7	Verformung	«w_{zul} = l/150»	B	Nach PB sind die Verformungen in horizontaler Richtung nach SIA 260 Anhang A Tab. 4 einzuhalten und in vertikaler nach Tab.3.
~~8.8~~	~~Bemessung Fundament~~		~~F~~	~~Lastfall Erdbeben fehlt in der Eingabe in DC-Fundament~~ ~~Der Ausnutzungsgrad muss beim Neubau eingehalten werden. Der Standsicherheitsnachweis nach Steckner ist beim Fundament mit FLM einzuhalten.~~
8.9	Detailnachweise: Anschluss Kreuzstützenfuss an Fundament		B F	Fundament kleiner wie Durchstanzkegel u. a. daher ist der Durchstanznachweis nicht massgebend ~~Mindestbewehrung ist anzugeben. Vermutlich genügt hier allgemein die Mindestbewehrung.~~

Docusign Envelope ID: 632BF823-4148-826F-81F6-2104BA996A8C

Nr.	Thema / Stichwort	Auszug aus der Doku. des PV	Kommentar des SV: B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Forderung / R: Redaktionelle Anpassung	
9	**Nachweis Dach 2: Einfeldträger mit beidseitigem Kragarm**			
9.4	Detailnachweis Stoss HEB 220		B	Last nur in eine Richtung angesetzt. Durch Wind- und Erdbebeneinwirkungen sind Lasten in beide Richtungen möglich. → VR ergibt eine Ausnutzung < 100%, daher i. O..
~~9.5~~	~~Anschluss: Dachrand an HEB 220~~		~~F~~	~~Nur Schrauben im Dachträger bemessen. Der Rest des Anschlusses wird nicht weiter betrachtet. Nachweis des L-Profils und der Schrauben im Dachrand ist zu führen.~~
9.6	Detailnachweis: Dachrand an HEB 220 biegesteif		~~B~~ ~~F~~	~~Widerspruch in Festigkeiten des Winkels.~~ ~~Wie bei 9.5 lediglich Nachweis der Schrauben im Dachträger. -> Nicht erfüllt.~~ ~~→ SV: Nachweis des L-Profils ist nicht erfüllt und der Schrauben im Dachrand ist erfüllt.~~ ~~Nachweis des L-Profils und der Schrauben im Dachrand ist zu führen.~~
9.10	Detailnachweis: Anschluss FLM an Dachkonstruktion		B	Nachweis wie 8.5 und 8.6. Da auf 8.5 und 8.6 verwiesen wird, gilt dasselbe wie bei 8.5 und 8.6.
9.11	Verformung		B	Nach PB sind die Verformungen in horizontaler Richtung nach SIA 260 Anhang A Tab. 4 einzuhalten und in vertikaler nach Tab.3.
Anhang C	Mikropfähle		B	Verrohrte Bohrung, Swiss-Gewi Stab mit doppeltem Korrosionsschutz (vertikale Mikropfähle: werkseitig vorinjiziertes Kunststoff-Hüllrohr), Lufthebeverfahren.
			B	Erdbeben wurde berücksichtigt.

Nr.	Thema / Stichwort	Auszug aus der Doku. des PV	Kommentar des SV: B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Forderung / R: Redaktionelle Anpassung	
Plan Skizzen				
	Wurden nicht im Detail geprüft			
~~Allg.~~			~~B~~	~~Bauteilabmessungen und Materialqualitäten sollten über alle Dokumente konsistent sein.~~