
Bachelor - Thesis

Bachelorarbeit zur Erlangung des Bachelor-Grades
Bachelor of Engineering im Studiengang Bauingenieurwesen
an der Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik
der Technischen Hochschule Köln

vorgelegt von: Hoblitz, Malte Finn
Matrikel-Nr.: 11127336
Adresse: Biegerstraße 9
51063 Köln
malte_finn.hoblitz@smail.th-koeln.de

eingereicht bei: Prof. Dr. Winfried Roos
Zweitgutachter/in: Dipl.-Ing. Stefan Daniels

Köln, 01.03.2021

Erklärung

Ich versichere, die von mir vorgelegte Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Arbeiten anderer oder der Verfasserin/des Verfassers selbst entnommen sind, habe ich als entnommen kenntlich gemacht. Sämtliche Quellen und Hilfsmittel, die ich für die Arbeit benutzt habe, sind angegeben. Die Arbeit hat mit gleichem Inhalt bzw. in wesentlichen Teilen noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Ort, Datum

Rechtsverbindliche Unterschrift

Kurzfassung

Die Bachelor-Thesis umfasst die praxisnahe Tragwerksplanung von zwei Industriebauwerken in Deutschland.

Dies beinhaltet eine umfassende statische Berechnung der Anlage, sowie die Erstellung der zum Bau der Konstruktion erforderlichen Ausführungspläne.

Im Folgenden werden die Bauwerke separat voneinander betrachtet. Zunächst werden die wesentlichen Einwirkungen zusammengestellt. Darauffolgend werden die Abmessungen der einzelnen Bauteile im Rahmen einer groben Vorplanung überschlägig ermittelt. Abschließend werden die erforderlichen statischen Nachweise erbracht und für die Stahlbetonbauteile wird eine Bemessung durchgeführt.

Das Ergebnis der Bachelor-Thesis sind die Ausführungspläne, welche die im Vorfeld ermittelten Berechnungsergebnisse zusammenfassen. Im Rahmen dieser Ausarbeitung werden ausführungsfertige Schal- und Bewehrungszeichnungen erstellt.

Inhalt

Erklärung	I
Kurzfassung	II
Tabellenverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VI
Statische Berechnung	1
1. Vorbemerkungen	1
1.1 Grundlage der Berechnungen	1
1.1.1 Unterlagen	1
1.1.2 DIN – Vorschriften.....	1
1.1.3 TRAS 320	1
1.2 Wärmeschutz	2
1.3 Brandschutz.....	2
1.4 Konstruktion.....	2
1.5 Aussteifung	2
1.6 Baugrundverhältnisse	3
1.7 EDV	3
2 Aufstellungsunterlagen	4
2.1 Aufgabenstellung	4
2.2 Übersichtszeichnungen.....	14
3 Pos. TL 01 – Tanklager	17
3.1 System.....	17
3.2 Einwirkungen	18
3.2.1 Eigengewicht der Stahlbetonbauteile	18
3.2.2 Schneelasten	18
3.2.3 Windlasten	18
3.2.4 Erdbeben	19
3.2.5 Apparatelasten.....	20
3.2.6 Stützenlasten der Rohrbrücke RB 01	32
3.2.7 Erddruck	34
3.2.8 Flüssigkeitsanstauung im Tankbecken.....	35
3.2.9 Temperatur	36
3.2.10 Auftrieb	37
3.3 Vorplanung	38
3.3.1 Betongüte	38
3.3.2 Abdichtungskonzept/ Entwässerung/ konstruktive Maßnahmen.....	38
3.3.3 Vordimensionierung der Bodenplatte	40
3.3.4 Tankbeckenwände.....	43
3.3.5 Sockel der Apparate A 03 – A 05 (Sockel Typ 2)	43
3.3.6 Sockel der Rohrbrückenstützen (Sockel Typ 3)	43

3.4 Bemessung.....	44
3.4.1 Verankerung A 01 + A 02 / Sockel Typ 1	44
3.4.2 Verankerung A 03 – A 05 / Sockel Typ 2	47
3.4.3 Verankerung der Rohrbrückenstützen / Sockel Typ 3	64
3.4.4 Tankbecken	74
4 Pos. SG 01 - Silogerüst.....	159
4.1 System.....	159
4.2 Einwirkungen	160
4.2.1 Eigengewicht der Stahlbetonbauteile	160
4.2.2 Schneelasten	160
4.2.3 Windlasten	160
4.2.4 Erdbeben	161
4.2.5 Apparatelasten S 01	162
4.2.6 Belastung infolge des umlaufenden Laufsteges LS 01	165
4.2.7 Anprall	166
4.3 Vorplanung	167
4.3.1 Betongüte	167
4.3.2 Vordimensionierung des Silogerüstes	168
4.3.3 Vordimensionierung des Einzelfundamente	194
4.4 Bemessung.....	197
4.4.1 Silogerüst.....	197
4.4.2 Gründung des Silogerüstes – Variante 1: Einzelfundamente	254
4.4.3 Gründung des Silogerüstes – Variante 2: Tiefgründung	260
5 Schlussblatt	261
Literaturverzeichnis	VII
Anhang.....	VIII - XXII

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.2.5.1-1: Zusammenstellung der Apparaten Gewichte	20
Tabelle 3.2.5.2-1: Eigengewicht RB 01.....	32
Tabelle 3.2.9.2-1: Expositionsclassen; Betongüte	38
Tabelle 3.2.9.2-1: Zusammenstellung der Einwirkungen	40
Tabelle 3.4.1.1-1: Zusammenstellung der Einwirkungen	45
Tabelle 3.4.4.4-1: Zusammenstellung der Einwirkungen	150

Auf die Auflistung von, im Rahmen von elektronisch geführten statischen Nachweisen, generierten Tabellen wird an dieser Stelle verzichtet.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.2.5-1: Draufsicht - statisches System A 01 + A 02	22
Abbildung 3.2.5-2: Ansicht - statisches System A 01 + A 02	22
Abbildung 3.2.5-3: Draufsicht - statisches System A 03 - A 05	24
Abbildung 3.2.5-4: Ansicht - statisches System A 03 - A 05	24
Abbildung 3.2.7-1: Ansatz der Erddruckbelastungen	34
Abbildung 3.2.8-1: Ansatz der Anstauungsbelastung	35
Abbildung 3.2.9-1: Benennung Temperaturen	36
Abbildung 3.2.9-2: Diagramm zur Ermittlung der Bauteiltemperaturen	36
Abbildung 3.2.9-3: Schematische Darstellung des Zwangs infolge Behälterbetriebs	37
Abbildung 3.3.2-2: Prinzipdetail Grube	39
Abbildung 3.3.2-1: Prinzipdetail Rinne	39
Abbildung 3.3.3-1: Systemskizze zur Ermittlung der einwirkenden Querkraft	42
Abbildung 3.4.1-1: Systemskizze der Apparaten Verankerung	44
Abbildung 3.4.2-1: Systemskizze der Apparaten Verankerung	47
Abbildung 3.4.2-2: Systemskizze der Schubknagge	60
Abbildung 3.4.3-1: Systemskizze der Stützenverankerung	64
Abbildung 3.4.3-2: System der Fußplattenbemessung	65
Abbildung 3.4.4-1: Ansatz der Kraftumrechnung	150
Abbildung 4.2.5-1: Zuordnung der Teilkörper	162
Abbildung 4.2.6-1: statisches System des Laufsteiges	165
Abbildung 4.3.1-1: Expositionsclassen des Silogerüstes	167
Abbildung 4.3.2-1: statisches System des Silogerüstes	168
Abbildung 4.4.1-1: Exzentrizitäten Silo Lagerung	197

Auf die Auflistung von, im Rahmen von elektronisch geführten statischen Nachweisen, generierten Abbildungen wird an dieser Stelle verzichtet.

Statische Berechnung

1. Vorbemerkungen

1.1 Grundlage der Berechnungen

1.1.1 Unterlagen

Aufgabenstellung der Bachelor – Thesis inklusive ergänzender Pläne.

1.1.2 DIN – Vorschriften

DIN EN 1990 Grundlagen der Tragwerksplanung

DIN EN 1991 Einwirkungen auf Tragwerke

DIN EN 1992 Stahlbeton- und Spannbetontragwerke

DIN EN 1993 Stahlbauten

DIN EN 1994 Stahl-Beton Verbundbauten

DIN EN 1995 Holzbauten

DIN EN 1996 Mauerwerksbauten

DIN EN 1997 Geotechnik

DIN EN 1998 Auslegung Bauwerke gegen Erdbeben

DIN EN 1999 Aluminiumkonstruktionen

1.1.3 TRAS 320

Die sicherheitstechnische Regel „Vorkehrungen und Maßnahmen wegen der Gefahrenquellen Wind sowie Schnee- und Eislasten (TRAS 320)“ [1] ist in Folge der Behälterbefüllung mit Benzylalkohol bei der Bemessung der Tankbeckenkonstruktion anzuwenden.

1.2 Wärmeschutz

Eine Betrachtung des Wärmeschutzes ist an dieser Stelle nicht erforderlich.

1.3 Brandschutz

Sämtliche Stahlbetonbauteile werden gemäß den Anforderungen der Feuerwiderstandsklasse R90 ausgeführt.

1.4 Konstruktion

Gegenstand der folgenden Tragwerksplanung sind zum einen ein Tankbecken, welches der Aufstellung von insgesamt fünf Apparaten dient, sowie ein Silogerüst, welches zur Aufstellung eines Silos vorgesehen wird.

Das Tankbecken weist Grundrissabmessungen von ca. 17,10 m x 14,30 m, mit einer Tiefe von ca. 0,90 m im Erdreich auf. In dem Tanklager können bis zu fünf Apparate, 2 x Flachbodentank; 300m³ und 3 x Behälter auf vier Füßen; 100m³ Nutzvolumen, aufgestellt werden.

Die Entwässerung des Tanklagers wird durch ein vorgesehenes Gefälle der Bodenplatte von 2 %, zu einer Rinne orientiert, sichergestellt. Die Rinne entwässert in eine Grube.

Alle Stahlbetonbauteile werden mit einer risssteuernden Bewehrung für eine Rissbreite von $w_{cal} = 0,2$ mm ausgelegt.

Das Tankbecken wird als beschichtete Betonkonstruktion auf einer Gleitschicht ausgeführt. Die Gründung erfolgt als Flachgründung.

Die Apparatebühnen werden durch eine Rohrbrücke in Stahlbauweise erschlossen, diese ist selbst jedoch kein Gegenstand der folgenden Betrachtungen.

Das Silogerüst dient der Halterung eines Silos mit ca. 7,2 m Durchmesser. Das Gerüst besteht aus vier Stahlbetonstützen, welche durch Stahlbetonbalken miteinander verbunden werden.

Die Gründung des Silogerüsts erfolgt durch Einzelfundamente unter den Stahlbetonstützen.

1.5 Aussteifung

Eine gesonderte Betrachtung der Aussteifung des Tanklagers ist in Folge der vorliegenden Konstruktion nicht erforderlich.

Die Aussteifung des Silogerüsts erfolgt durch Ausbildung eines Rahmensystems durch die vier vorgesehenen Stahlbetonstützen, die an ihren Kopfpunkten durch monolithisch verbundene Stahlbetonriegel verbunden sind. Die Stahlbetonstützen sind in ihrer Fundamentierung eingespannt.

1.6 Baugrundverhältnisse

Der maximal zulässige Sohldruck ist gemäß den Aufstellungsunterlagen auf $\sigma_{R,d} = 450 \text{ kN/m}^2$ zu begrenzen.

Die Wichte des feuchten Bodens ist mit i. M. $\gamma_k = 19,5 \text{ kN/m}^3$, und unter Auftrieb mit $\gamma'_k = 11,5 \text{ kN/m}^3$ anzusetzen.

Der rechnerische Wert des Reibungswinkels ist mit $\phi'_k = 32,5 - 35^\circ$ zu erfassen. Es handelt sich nicht um einen kohäsiven Boden.

Darüber hinaus liegen Angaben zu den vorliegenden Steifemoduli, bei mitteldichter Lagerung i. M. $E_{s,k} = 45 \text{ MN/m}^2$ und bei dichter Lagerung i. M. $E_{s,k} = 65 \text{ MN/m}^2$, vor.

Das Bettungsmodul ist überschlägig mit $k_{s,v} = 5 \text{ MN/m}^2$ anzusetzen.

1.7 EDV

Im Folgenden elektronisch geführte statische Nachweise werden mit den Programmen „Dlubal RFEM 5.21“, „FriLo – Statik – Software“, sowie der von Hilti zur Verfügung gestellten Software „Hilti Profis Engineering Suite“, durchgeführt.

Die Übersichts- und Ausführungszeichnungen werden mit dem CAD-Programm „Allplan 2020“ erstellt.

2 Aufstellungsunterlagen

2.1 Aufgabenstellung

Aufgabensteller und 1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. W. Roos
2. Prüfer: Dipl.-Ing. S. Daniels

Bachelorarbeit für	Malte Finn Hoblitz	Matr.-Nr. 1112 7336
--------------------	---------------------------	---------------------

Tragwerksplanung für ein Tanklager und ein Silogerüst
--

Bei dem geplanten Bauvorhaben handelt es sich um eine Tanktasse zur Lagerung von brennbaren Flüssigkeiten und um ein Silogerüst zur Abfüllung von Granulat in Silofahrzeuge.

In der Anlage beigefügt ist eine ausführliche Projektbeschreibung einschließlich aller erforderlichen Angaben zum vorliegenden Baugrund.

Ebenfalls beigefügt sind ergänzende Angaben / Darstellungen zu dem Tanklager (TL 1 bis TL 4) sowie zu dem Silogerüst (S 1 bis S 3).

Baustoffgüten sind sinnvoll festzulegen; ebenso sind fehlende Angaben sinnvoll zu ergänzen. Die Berechnungen sind auf Grundlage des aktuellen Eurocode-Normenstandes durchzuführen.

Die im Rahmen der Bachelorarbeit durchzuführende Tragwerksplanung ist auf Blatt 2 der beigefügten Anlage detailliert beschrieben. Die grau gekennzeichneten Unterpunkte sind als Zusatzaufgaben zu verstehen; die endgültige Festlegung der zu erstellenden Ausführungszeichnungen erfolgt nach Absprache mit dem Erstprüfer.

Auf eine übersichtliche, prüfbare Berechnung und auf ausführungsbereife Zeichnungen wird besonderer Wert gelegt.

Bearbeitungszeit 8 Wochen; Ausgabe am

Abgabetermin

Köln, Januar 2021

Aufgabenstellung Bachelor – Thesis

Name: Malte Finn Hoblitz
Matrikelnummer: 11127336

Thema: Tragwerksplanung für ein Tanklager und ein Silogerüst

1. Projektbeschreibung:

Auf dem Gelände eines Chemieunternehmens soll eine Tanktasse zur Lagerung von brennbaren Flüssigkeiten und ein Silogerüst zur Abfüllung von Granulat in Silofahrzeuge errichtet werden.

1.1. Tanklager

Das Tanklager besitzt Innenabmessungen von 14,30m x 17,10m und dient der Aufstellung von insgesamt 5 Tanks (2x 300m³ und 3x 100m³ Nutzvolumen). Die Tanktasse wird als zweite Barriere für austretende wassergefährdende Flüssigkeiten nach AwSV ausgelegt. Zur späteren Aufnahme einer Beschichtung wird die Betonkonstruktion für eine Rissweite von $w_{cal} = 0,20\text{mm}$ ausgelegt. Durch das Tanklager führt eine Rohrbrücke, über die ein Bediener auch die Kopfbühnen der Tanks erreichen kann. Die Rohrbrücke selbst ist nicht Bestandteil der Aufgabenstellung.

1.2. Silogerüst

Das Silogerüst besteht aus einem Stahlbeton-Tisch mit umlaufenden Balken zur Aufnahme des Silos. Das Silo stammt aus einem Vorprojekt, wo es in einer Stahlkonstruktion montiert war. Die Auflagerung soll nun aus Brandschutzgründen auf einer Stahlbetonkonstruktion erfolgen. Umlaufend erhält das Silogerüst zur Wartung der Wägezellen einen Laufsteg aus Stahl. Dieser ist selbst nicht Bestandteil der Aufgabenstellung.

1.3. Sonstige Vorgaben

1.3.1. Baugrund

Mittel- bis Grobsand, z.T. kiesig bis stark kiesig (i. W. mitteldichte Lagerung)

Wichte des feuchten Bodens $\gamma_k = 19 - 20 \text{ kN/m}^3$

Wichte des Bodens unter Auftrieb $\gamma'_k = 11 - 12 \text{ kN/m}^3$

Reibungswinkel $\phi'_k = 32,5 - 35^\circ$

Kohäsion $c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$

Steifemodul mitteldichte Lagerung $E_{s,k} = 40 - 50 \text{ MN/m}^2$

dichte Lagerung $E_{s,k} = 60 - 70 \text{ MN/m}^2$

Bettungsmodul $k_{s,v} \sim 5 \text{ MN/m}^3$

Sohldruck $\sigma_{R,d} = 450 \text{ kN/m}^2$

1.3.2. Layout / Lasten / Details

Tanklager: siehe Anlage TL1 bis TL4

Silogerüst: siehe Anlage S1 bis S3

2. Aufgabenstellung

2.1. Vorplanung

- + Ermittlung der maßgebenden Beanspruchungen (Behälter / Füllung / Wind / Überdruck) für die aufzustellenden Apparate.
- + Ermittlung der Einwirkungen aus den Stahlbauteilen (Laufsteg, Rohrbrücke) auf die Betonkonstruktion
- + Ermittlung der Einwirkungen aus Erdbeben für den Plateauwert des elastischen Verschiebungsantwortspektrums. (gerundet $1,0\text{m/s}^2$)
- + Festlegung der erforderlichen Bauteilabmessungen im Rahmen einer groben Vorbemessung

2.2. Statische Berechnungen

- + Statische Berechnung des Tanklagers als elastisch gebettete Platte nach dem Bettungszifferverfahren als räumliches Modell zur Einbeziehung der Steifigkeiten aus den umlaufenden Wänden
 - Konstruktion und Bemessung der Tankverankerungen
- + Statische Berechnung des Silogerüstes als räumliches Rahmentragwerk
- + Entwurf und Bemessung der Gründung des Silogerüstes in zwei Alternativen
 - Einzelfundamente
 - Pfahlgründung
(Anmerkung: Der Fokus liegt hier auf der Bemessung der Massivbauteile und nicht auf den ingenieurgeologischen Fragestellungen)

2.3. Zeichnungen

- + Erstellen der Schalpläne für die beiden Bauwerke
- + Bewehrungspläne für:
 - Stützen und Riegel des Silogerüstes
 - Bodenplatte des Tanklagers inkl. Rinne/Grube
 - Wände und Sockel des Tanklagers
 - Werkstattzeichnung der Verankerungen der Tanks

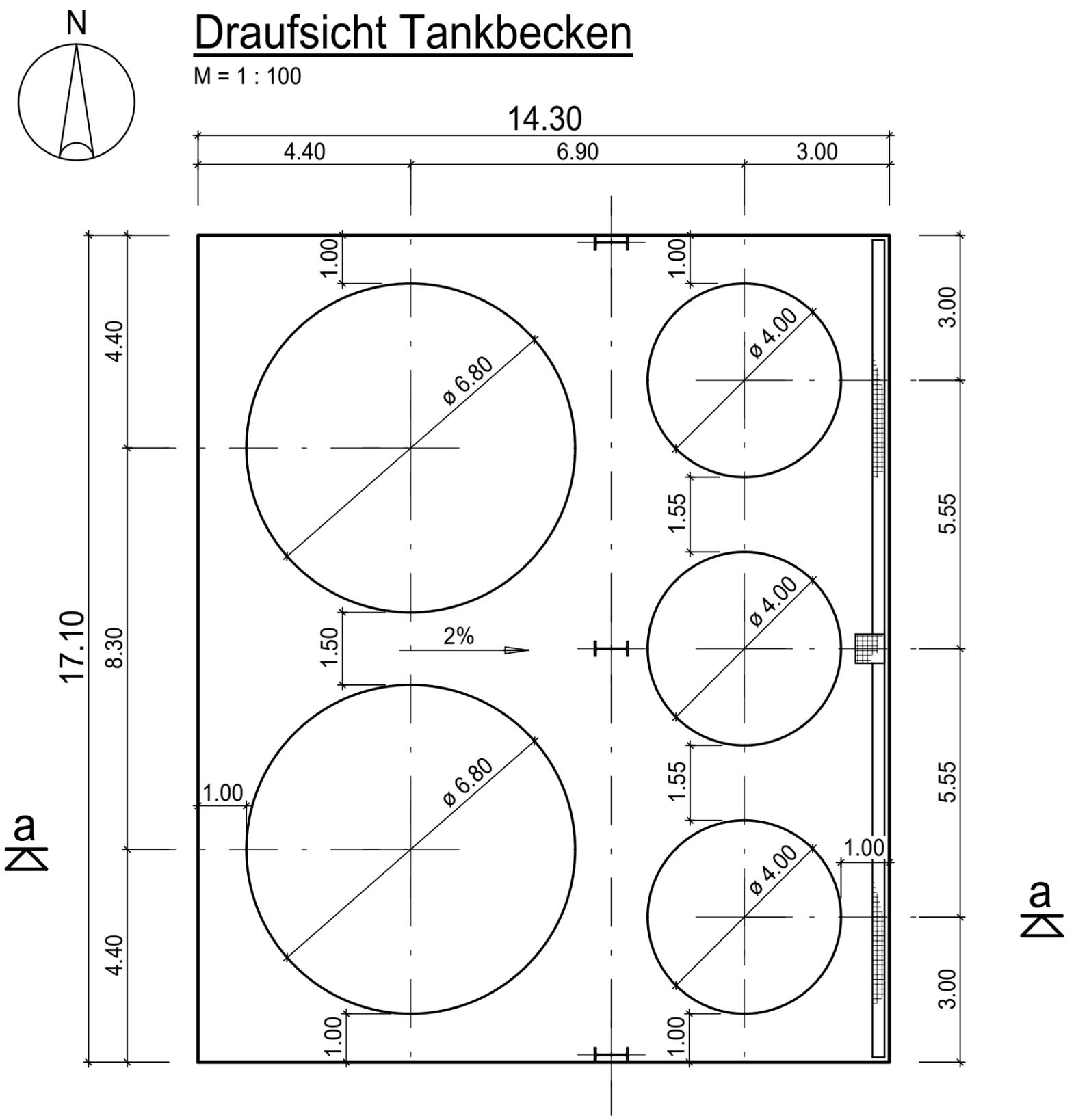
Aufgestellt: Köln, 2020-12-04

STABEL + HOHN

Ingenieurgesellschaft für Bauwesen mbH

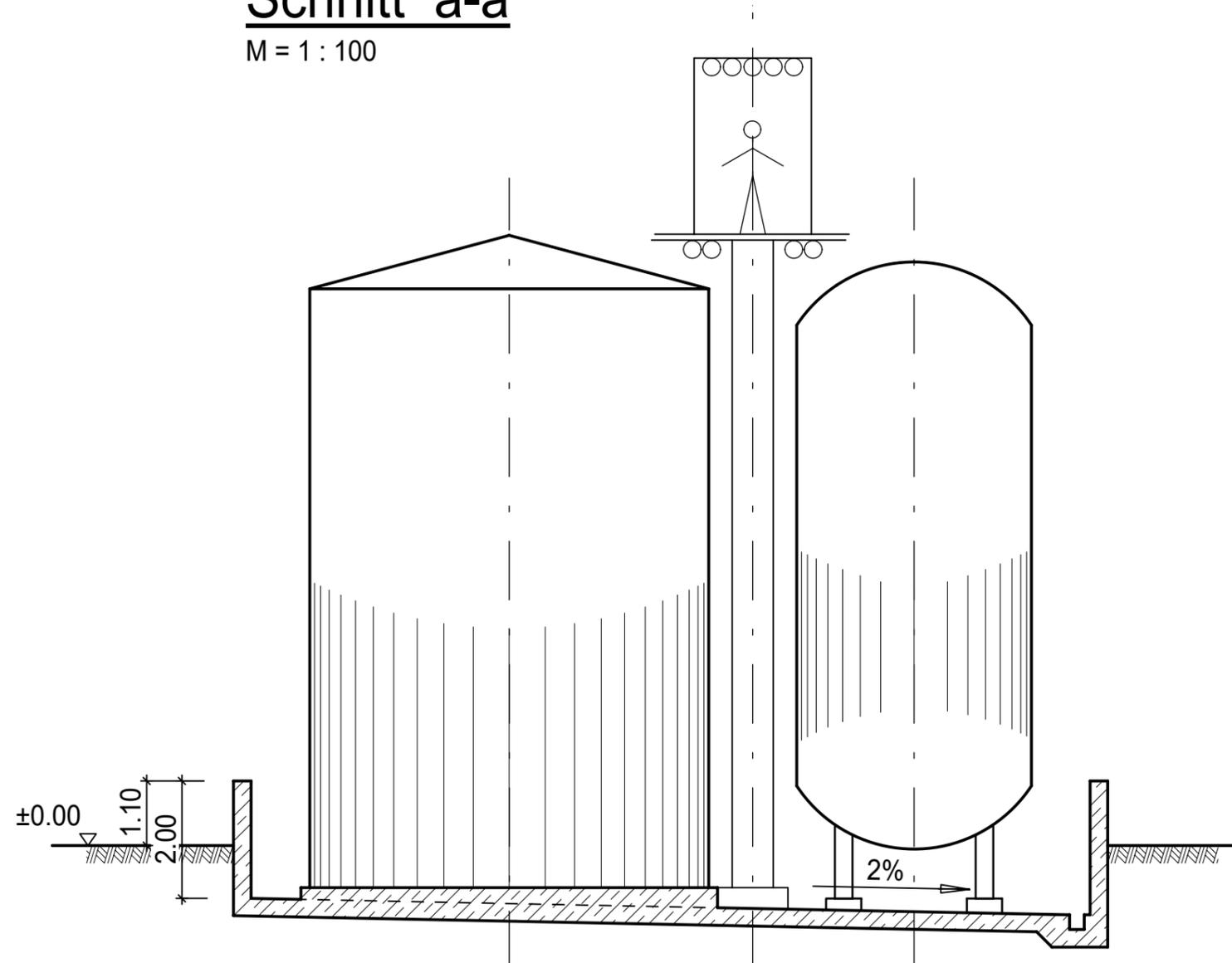


Dipl.- Ing. Stefan Daniels
(Geschäftsführer)

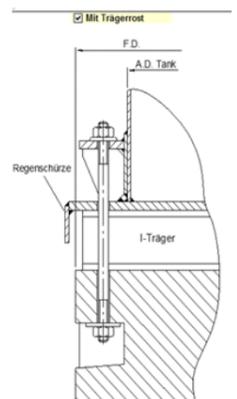
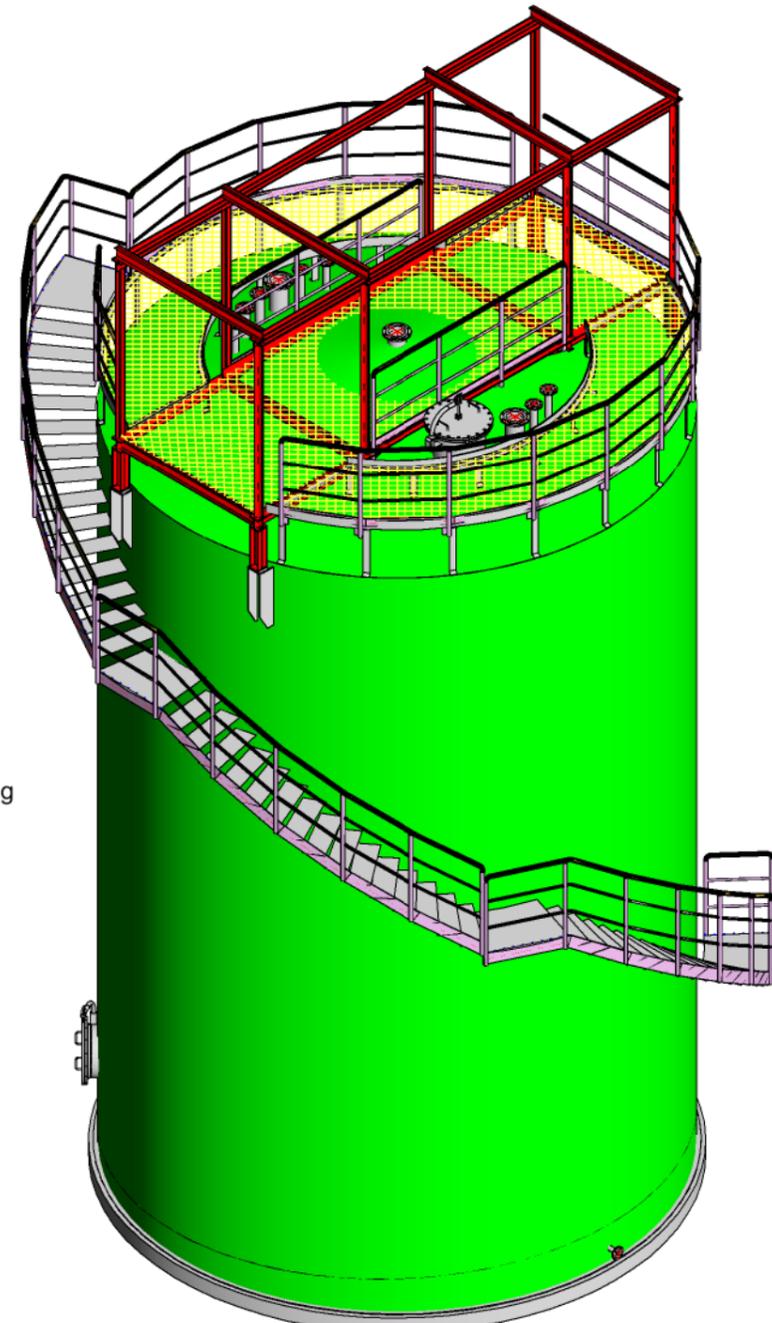
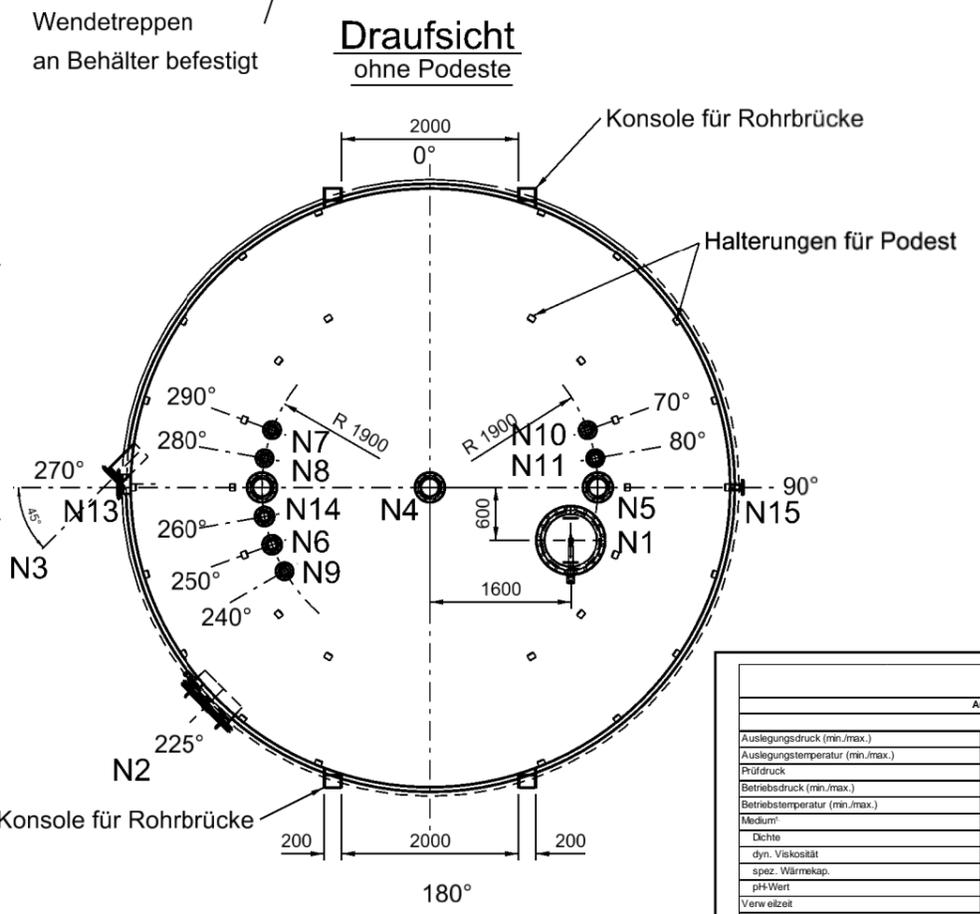
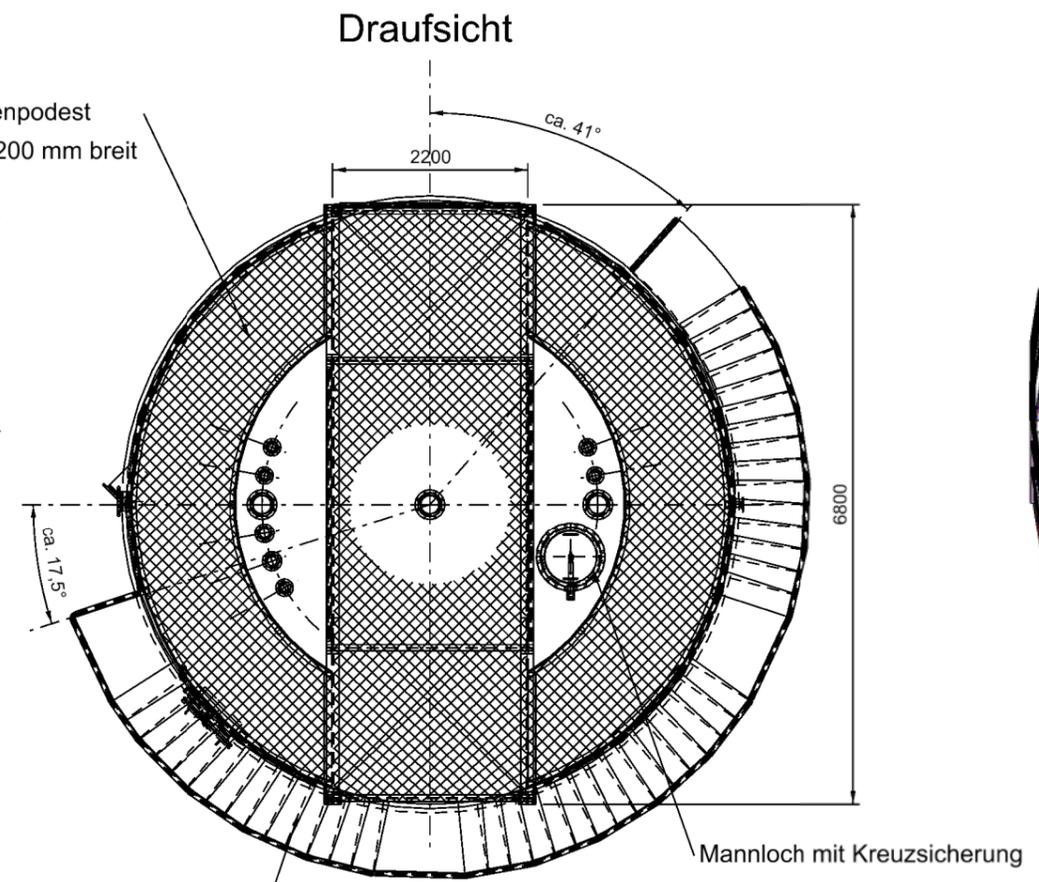
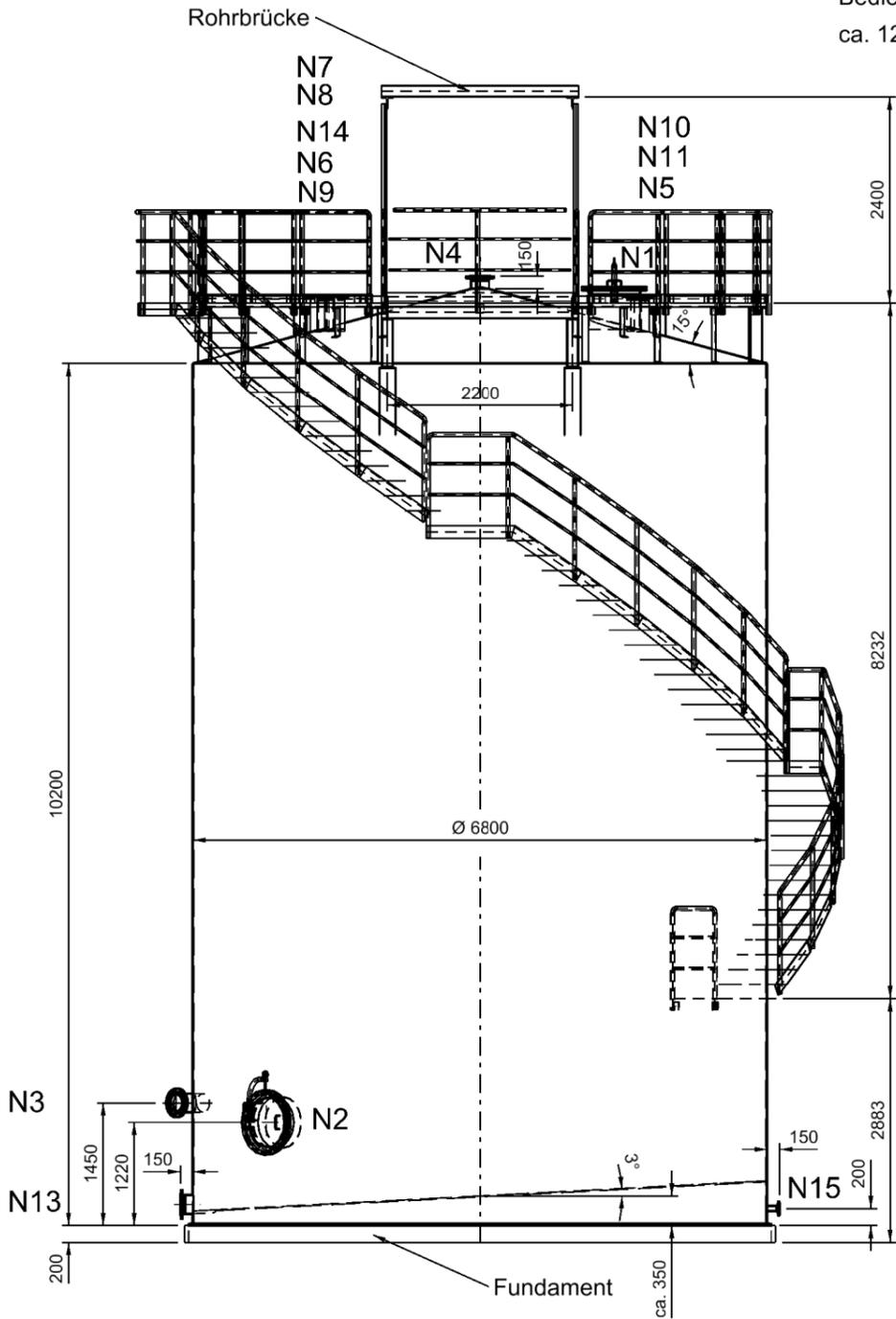


Schnitt a-a

M = 1 : 100



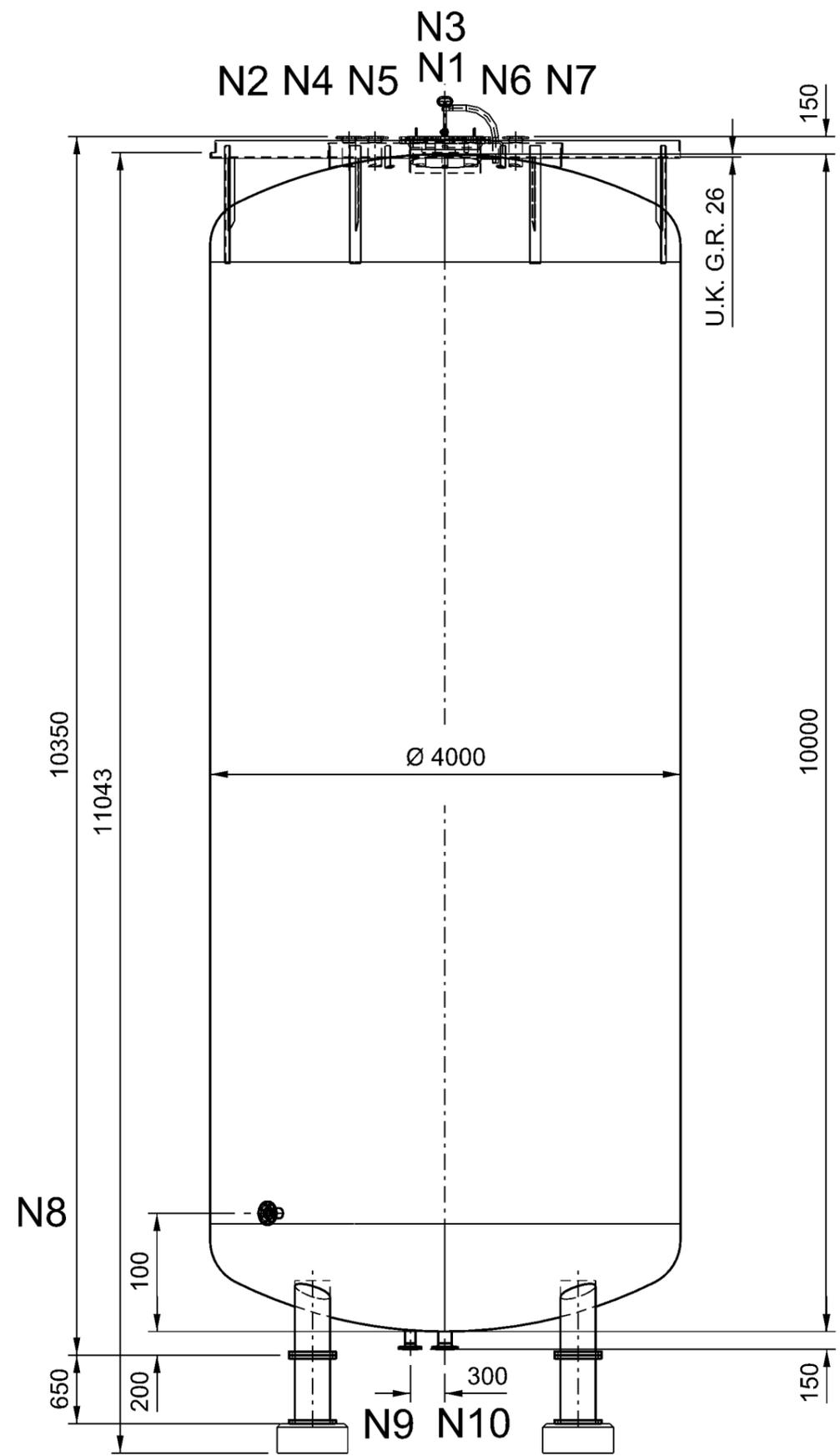
Rohrbrücke:
Nutzlast: 500kg/lfdm
Eigenlast:
Längsträger unten je HEB360
Aufbaurahmen HEB120
(Höhe 2,80m, Abstand max. 3m)
Längsträger oben L100*10
H-Verband unten L60*6 + FL 60*6
Gitterrost 40x4
20% Zuschlag für Verbindungsmittel



Flachbodentank					
Auslegungs- und Betriebsdaten					
		Behälter/Gehäuse		Heiz-/Kühlraum	
Auslegungsdruck (min./max.)	bar	-0,025	+0,05	---	---
Auslegungstemperatur (min./max.)	°C	-10	+80	---	---
Prüfdruck	bar	---	---	---	---
Betriebsdruck (min./max.)	bar	-0,025	+0,05	---	---
Betriebstemperatur (min./max.)	°C	-10	+50	---	---
Medium	Benzylalkohol (> 99,8%)				
Dichte	kg/m³	1045			
dyn. Viskosität	mPas	5,8			
spez. Wärmekap.	kJ/kgK	1,97			
pH-Wert	---	---			
Verweilzeit	min	---			
Ausführungsdaten					
Nennvolumen	m³	371	Art der Aufstellung	auf einem Fundament in einer Tanktasche	
Nutzvolumen	m³	300	auf Tragrost	auf Tragrost	
Bau-/ Gesamtvolumen	m³	/	Ausführung / Bauart	Doppelbodentank mit konischem Dach	
Außendurchmesser	mm	6800	Beheizung / Ausführung	keine	
Länge / Höhe über Boden	mm	10200 (zyl. Teil)	Bodengefälle	3°	
Bauhöhe/-länge, eff. (über alles)	mm	/	Dachneigung	15°	
Gewicht Isolierung / Dachhöhe	kg	/	Fundamenthöhe	siehe Zeichnung	
Leergewicht	kg	10.000	Doppelwand	nein	
Betriebsgewicht	kg	323.500	Standanzeiger, Ausführung	kein	
Max. erlaubtes Gewicht	kg	400.000	Messwertaufnehmer, sonstige	kein	

Anlage TL3

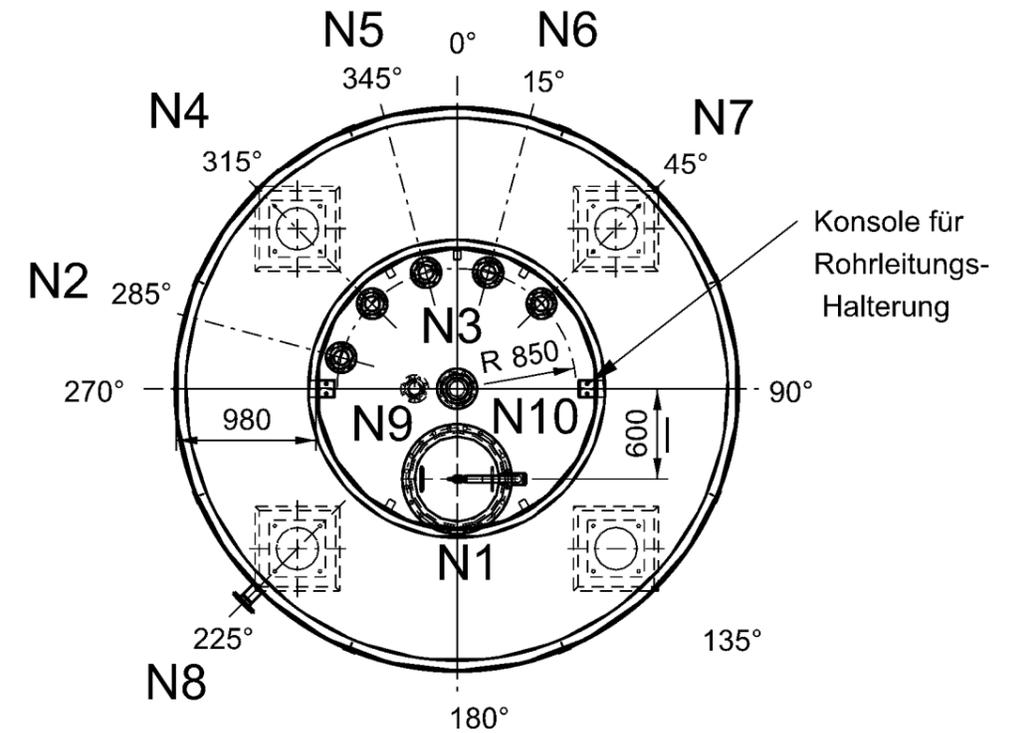
Tank 300m³



Konsole für Rohrleitungs-Halterung

Tragkonstruktion für Gitterrost

Draufsicht

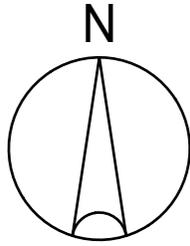


Konsole für Rohrleitungs-Halterung

Lagerbehälter				
Auslegungs- und Betriebsdaten				
		Behälter/Gehäuse		Heiz-/Kühlraum
Auslegungsdruck (min./max.)	barg	-1	+3	---
Auslegungstemperatur (min./max.)	°C	-25	+200	---
Prüfdruck	barg	Hersteller	Hersteller	---
Betriebsdruck (min./max.)	barg	-0,1	+0,3	---
Betriebstemperatur (min./max.)	°C	-10	+50	---
Medium	-	Benzylchlorid (> 99,85 %)		---
Dichte	kg/m³	1099		---
dyn. Viskosität	mPas	1,35		---
spez. Wärmekap.	kJ/kgK	1,43		---
pH-Wert	-	---		---
Verw. eizzeit	min	---		---
Ausführungsdaten				
Nennvolumen	m³	120	Art der Aufstellung außen auf Betonfundament in einer Tasse	
Nutzvolumen	m³	100	Ausführung / Bauart stehend, emaillierter Behälter	
Bau-/ Gesamtvolumen	m³	/	Art d. Wärmeübertr. fläche / G	
Außendurchmesser	mm	4000	Mantelbeheizung, Ausführung	
Höhe über Böden	mm	10000	Transporthilfen, Ausführung	
Bauhöhe/-länge, efl. (über alles)	mm		Standanzeiger, Ausführung	
Gewicht Isolierung	kg	---	Messwertaufnehmer, sonstig	
Leergewicht	kg	10.000		
Betriebsgewicht	kg	120.000	Boden (Art, Wanddicke)	
Max. erlaubtes Gewicht	kg	142.000	Deckel (Art, Wanddicke)	

Anlage TL4

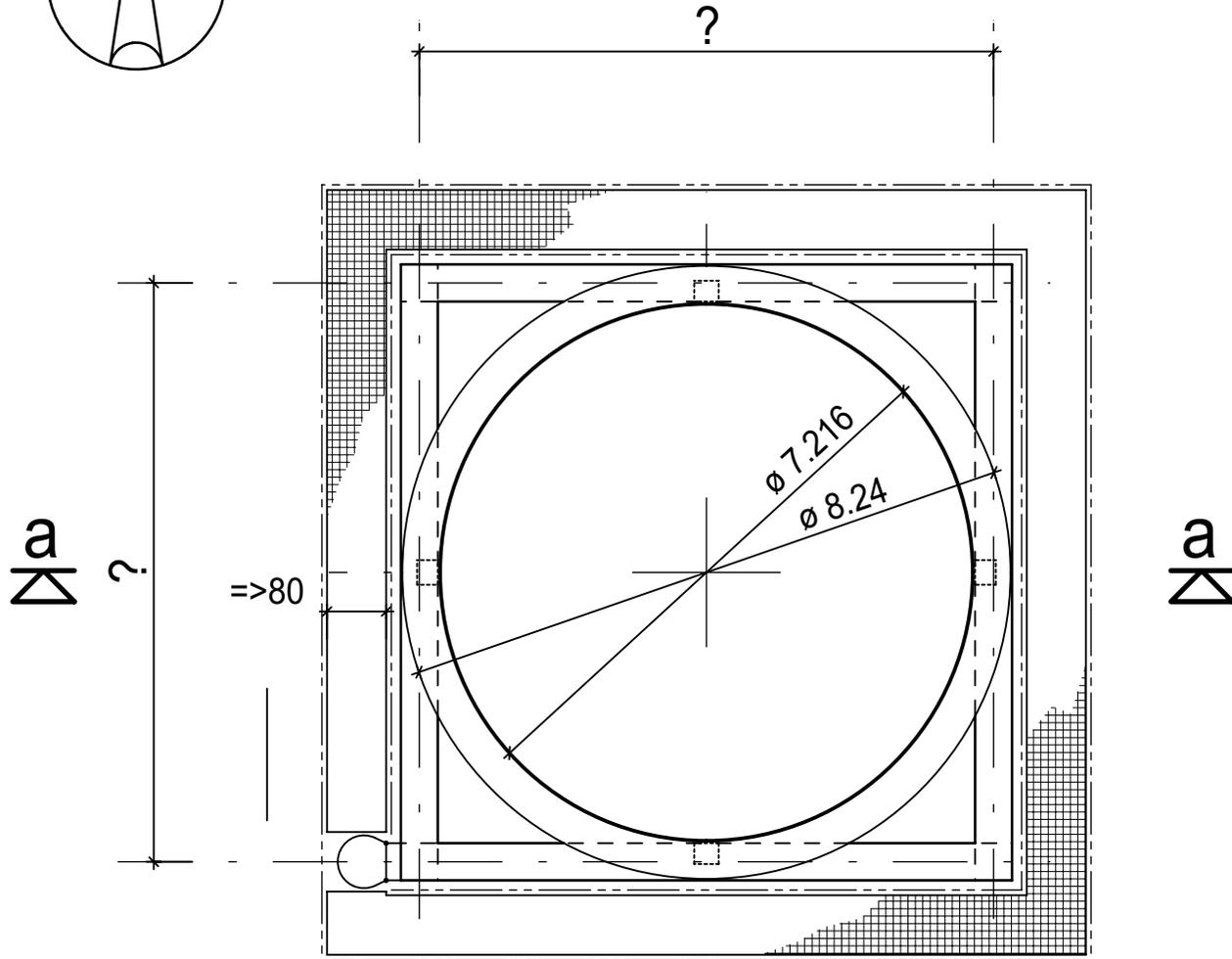
Tank 100m³



Draufsicht Silo

M = 1 : 100

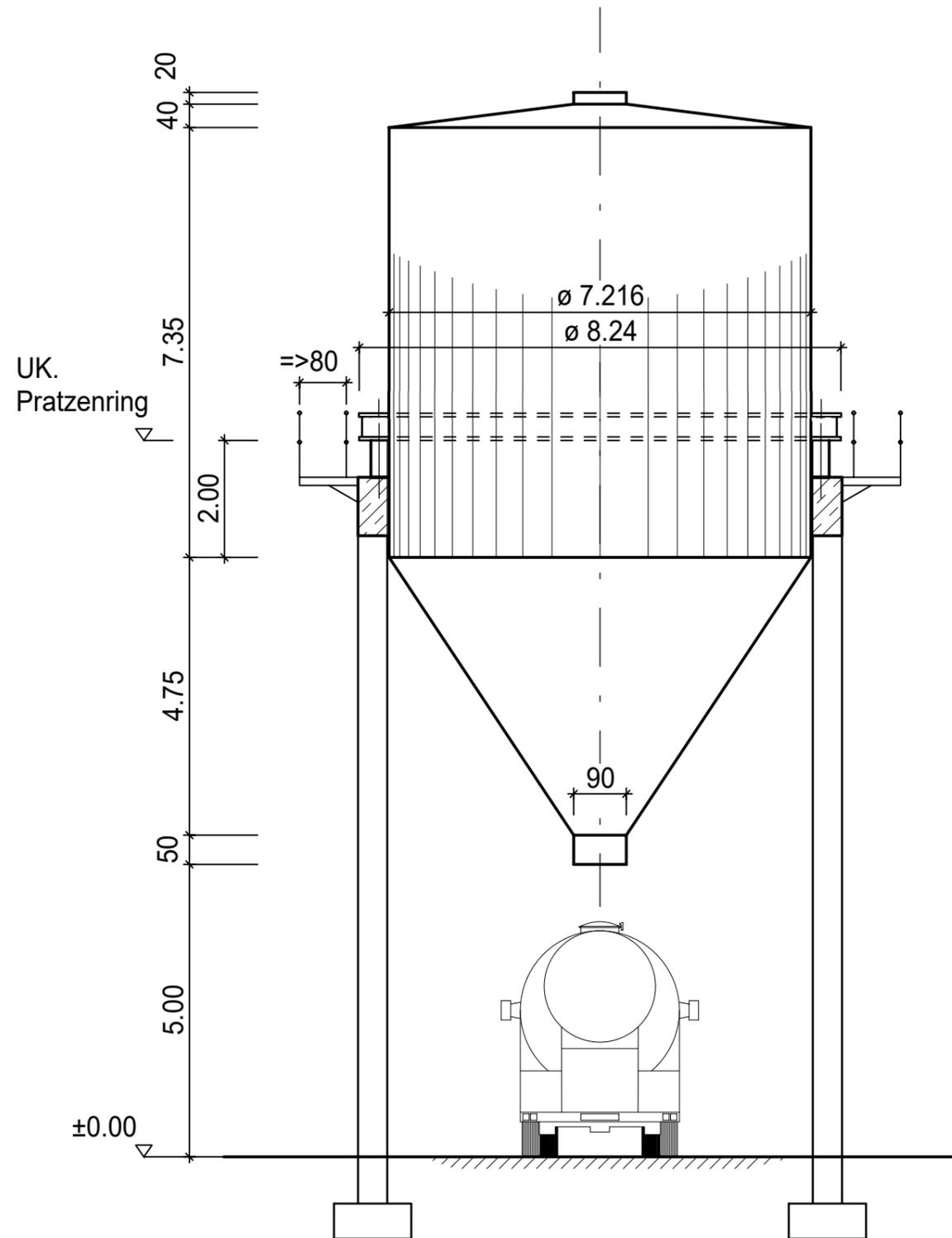
Anlage S1

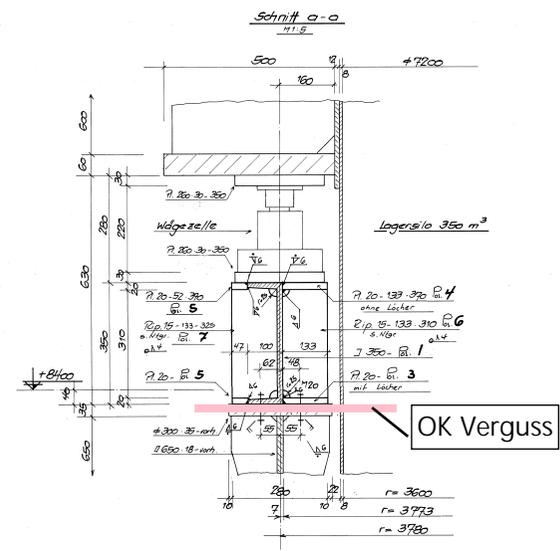
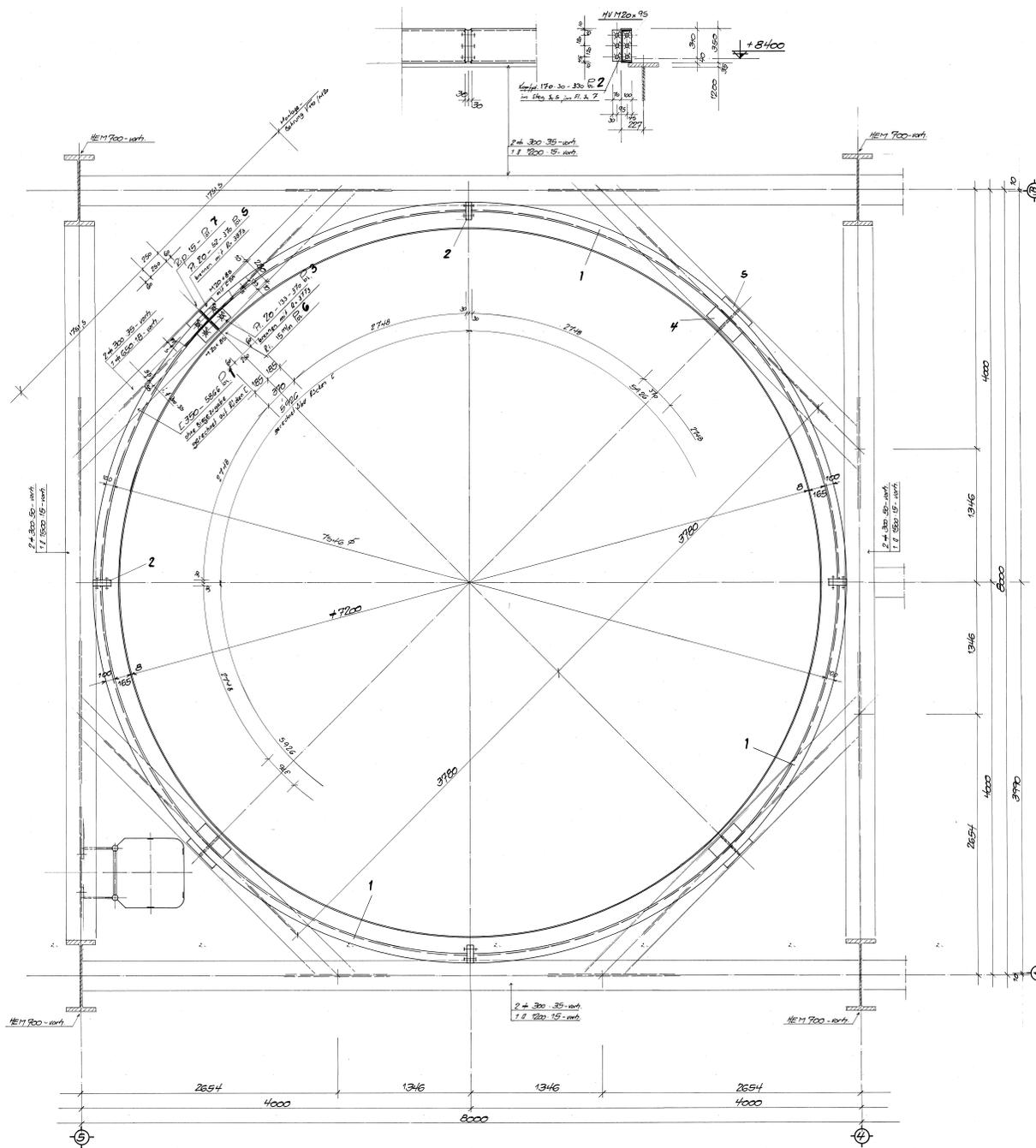


Schnitt a-a

M = 1 : 100

Anlage S2

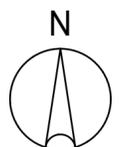




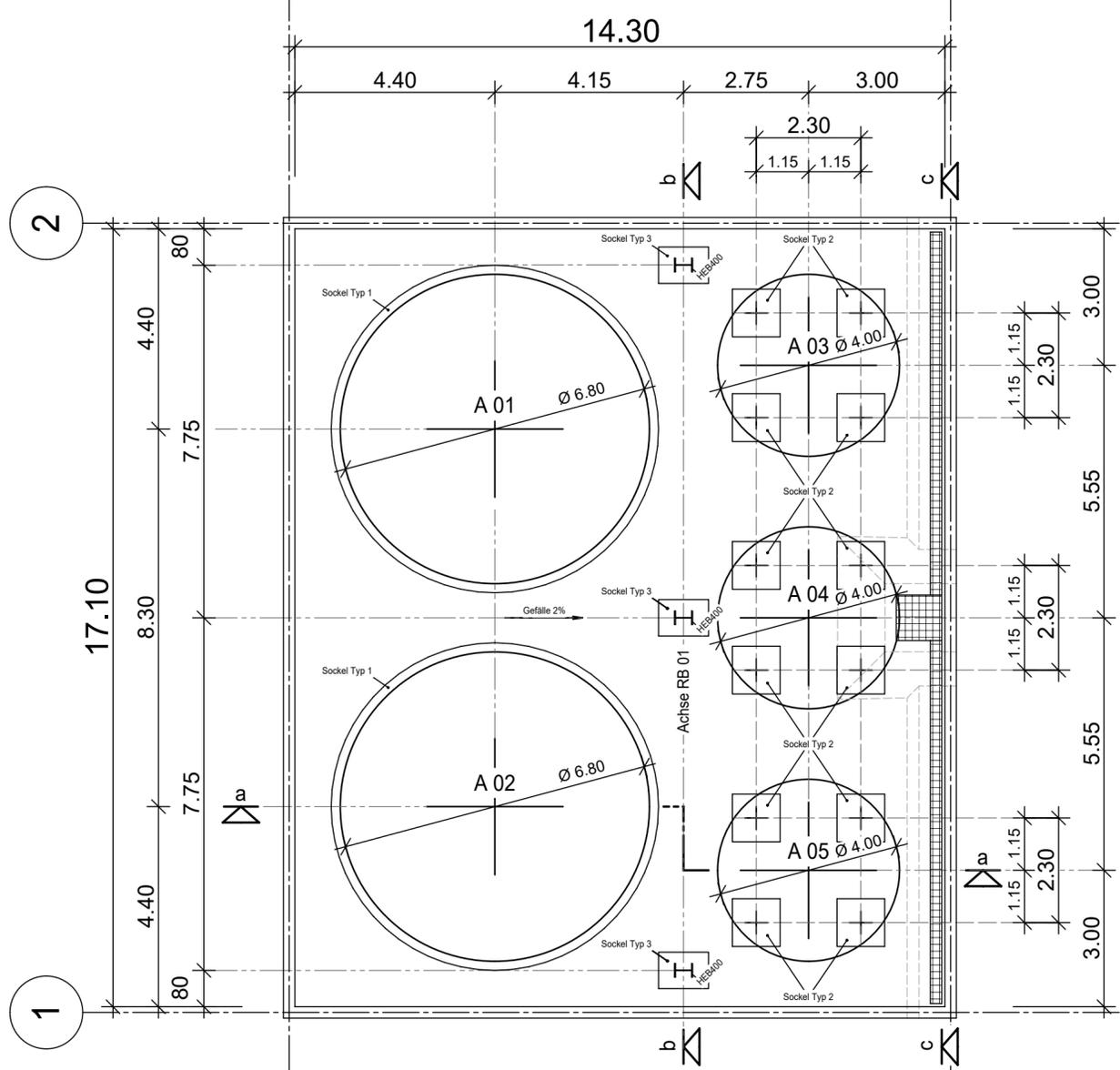
Anlage S3

Auflagering des Silos aus Vorprojekt
 (Einbau des Silos in ein Stahlgerüst)
 Schnitt a-a gilt bis Unterkante des U300 bis
 auf die Befestigung auf dem Beton.

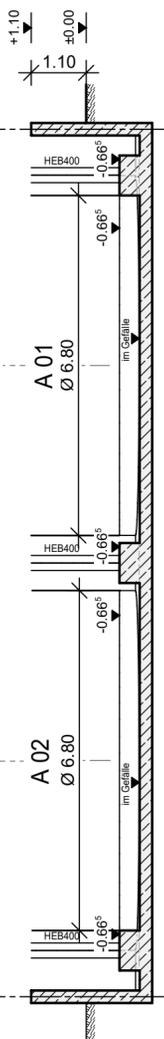
2.2 Übersichtszeichnungen



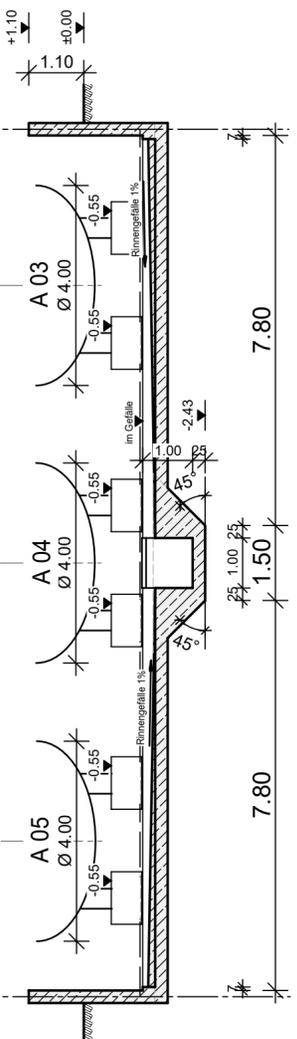
Draufsicht Tankbecken
M. 1:100



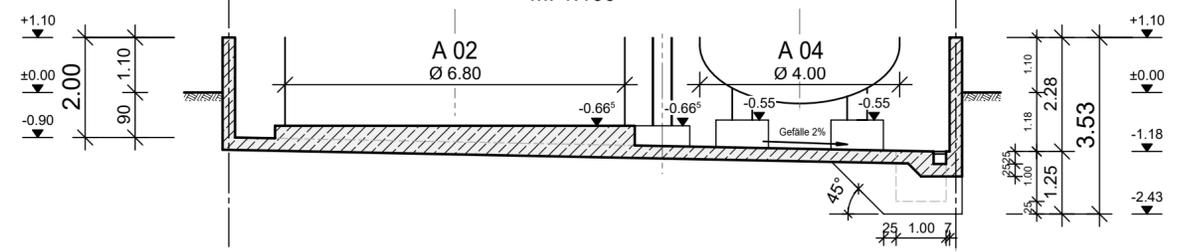
Schnitt b - b
M. 1:100



Schnitt c - c
M. 1:100



Schnitt a - a
M. 1:100



LEGENDE

SYMBOLLE

Grundriss:

- ±0,00 = OK. Fertig
- 0,10 = OK. Roh
- 0,20 = Roh

Schnitt:

- ▽ ±0,00 = OK. Fertig
- ▼ -0,20 = Roh

KURZZEICHEN

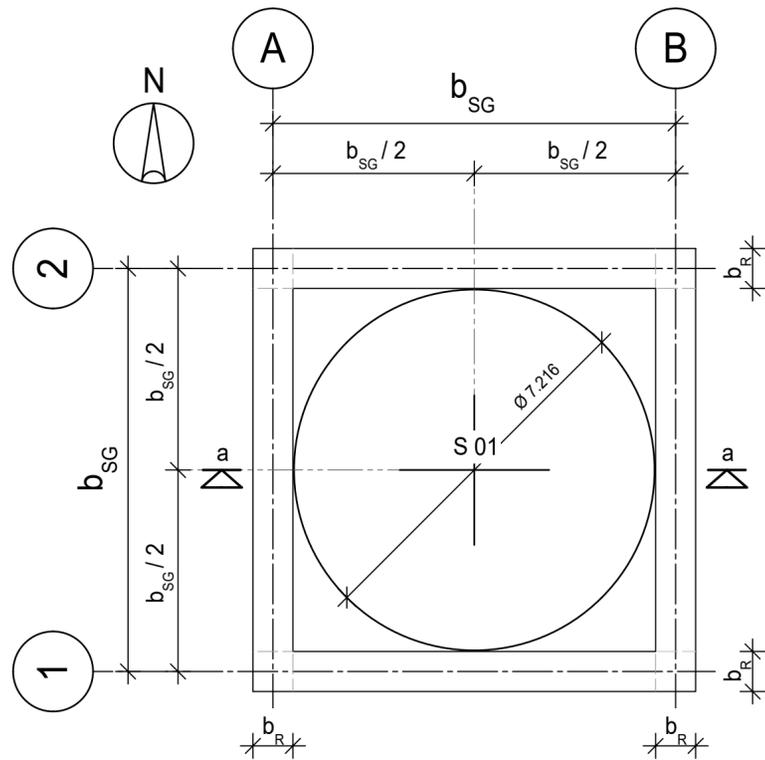
- AF - Arbeitsfuge
- DD - Deckendurchbruch
- FFB - Fertigfußboden
- OK - Oberkante
- OKD - Oberkante Decke
- RFB - Rohfußboden
- RS - Rohrsohle
- SF - Scheinfuge
- UK - Unterkante
- UKD - Unterkante Decke
- UZ - Unterzug
- ÜZ - Überzug
- WD - Wanddurchbruch
- GiRo - Gitterrost
- Tr Bl - Tränenblech

- Bestand
- Neubau
- Stahlbeton
- Mauerwerk
- Öffnung / Vertiefung
- Durchbruch
- Schlitz

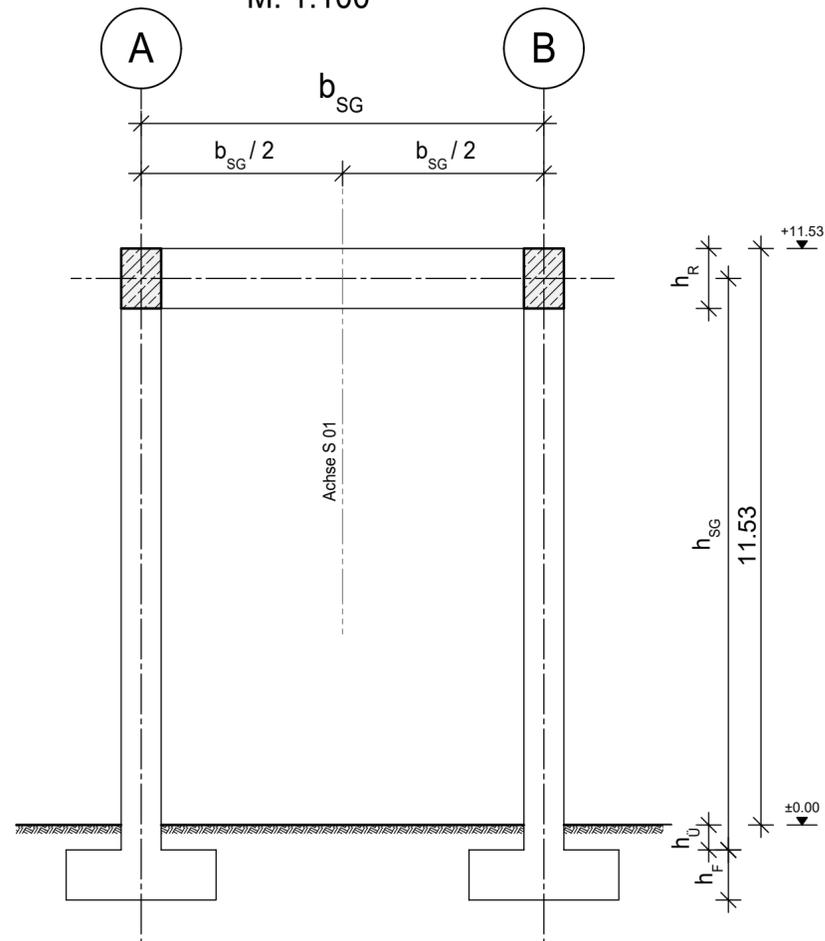
Technology Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik
Arts Sciences Campus Deutz (Altbau)
TH Köln Betzdorfer Straße 2, 50679 Köln

Zeichnungsnummer:	TL - UE - 001 - 2.0	Projekt:	BA	Blatt:	15
Position:	Pos. TL 01 - Tanklager	Maßstäbe:	1:100		
Planinhalt:	Übersichtsplan TL 01 Tankbecken Achse A - B / 1 - 2	gez.	Datum	Name	
			01.03.21	MH	

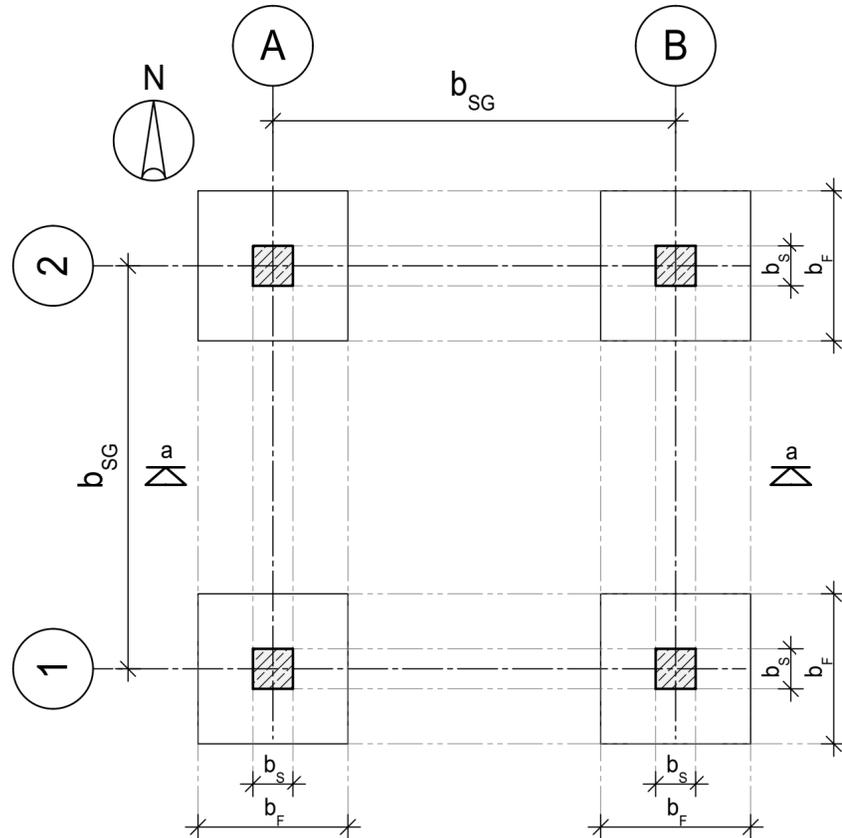
Draufsicht Silogerüst
M. 1:100



Schnitt a - a
M. 1:100



Draufsicht Gründung
M. 1:100



LEGENDE

SYMBOLLE

Grundriss:

- $\oplus \pm 0,00$ = OK. Fertig
- $\ominus -0,10$ = OK. Roh
- $\ominus -0,20$ = Roh

Schnitt:

- $\nabla \pm 0,00$ = OK. Fertig
- $\blacktriangledown -0,20$ = Roh

KURZZEICHEN

- AF - Arbeitsfuge
- DD - Deckendurchbruch
- FFB - Fertigfußboden
- OK - Oberkante
- OKD - Oberkante Decke
- RFB - Rohfußboden
- RS - Rohrsohle
- SF - Scheinfuge
- UK - Unterkante
- UKD - Unterkante Decke
- UZ - Unterzug
- ÜZ - Überzug
- WD - Wanddurchbruch
- GiRo - Gitterrost
- Tr BI - Tränenblech

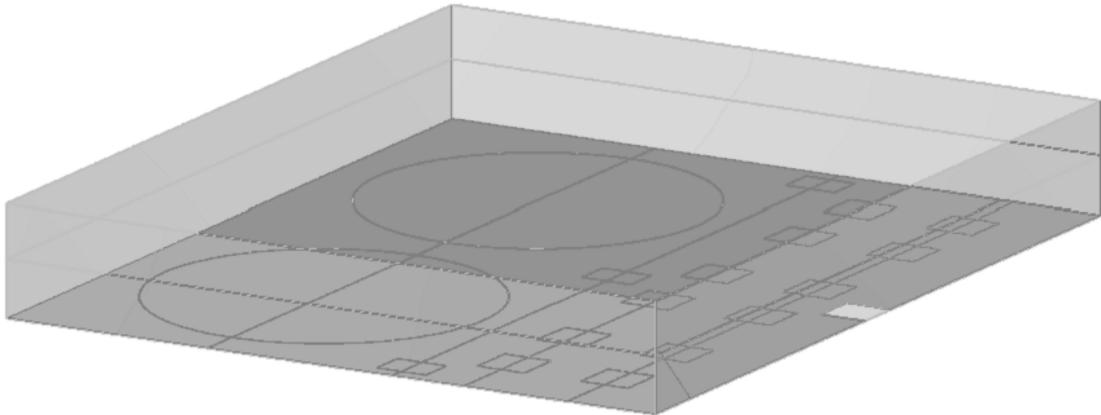
- Bestand
- Neubau
- Stahlbeton
- Mauerwerk
- Öffnung / Vertiefung
- Durchbruch
- Schlitz

Technology Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik
Arts Sciences Campus Deutz (Altbau)
TH Köln Betzdorfer Straße 2, 50679 Köln

Zeichnungsnummer:	SG - UE - 001 - 2.0	Projekt:	BA	Blatt:	16
Position:	Pos. SG 01 - Silogerüst	Maßstäbe:	1:100		
Planinhalt:	Übersichtsplan SG 01 Silogerüst Achse A - B / 1 - 2	gez.	Datum	Name	
			01.03.21	MH	

3 Pos. TL 01 – Tanklager

3.1 System



Expositionsklassen: XC4 / XF1 / XA1 / WF

Betonfestigkeitsklasse: C25/30

zul. Rissbreite: $w_{\max.} = 0,20 \text{ mm}$

Betondeckung: $c_v = 4,0 \text{ cm}$

3.2 Einwirkungen

3.2.1 Eigengewicht der Stahlbetonbauteile

Das Eigengewicht der Konstruktion wird nach der Vorplanung der Konstruktion ermittelt.

3.2.2 Schneelasten

Standort:	Uerdingen
Schneezone:	Zone 1
Faktor TRAS 320:	1,10
Schneelast:	$s_k = 0,65 \text{ kN/m}^2$

Schneelast gemäß TRAS 320:

$$s_{k, \text{TRAS320}} = 1,10 \times 0,65 = \mathbf{0,715 \text{ kN/m}^2}$$

3.2.3 Windlasten

Standort:	Uerdingen
Windzone:	Zone 2
Basiswindgeschwindigkeit:	$v_b = 25,0 \text{ m/s}$
Basiswindgeschwindigkeitsdruck:	$q_b = 0,39 \text{ kN/m}^2$
Geländekategorie:	2
Faktor TRAS 320:	1,10

Auf der sicheren Seite liegend wird sämtliche Windbelastungen für eine Höhe über Grund von $10 \text{ m} \leq h \leq 18 \text{ m}$ berechnet.

Böengeschwindigkeitsdruck:	$q_p = 0,80 \text{ kN/m}^2$
----------------------------	-----------------------------

Winddruck:	$w_{k,D} = 0,80 \times 0,80 = 0,64 \text{ kN/m}^2$
------------	--

Windsog:	$w_{k,S} = -0,50 \times 0,80 = -0,40 \text{ kN/m}^2$
----------	--

Windlast gemäß TRAS 320:	$w_{k, \text{TRAS320}} = 1,10 \times (-0,40 + 0,64) = \mathbf{1,14 \text{ kN/m}^2}$
--------------------------	---

Die Windbelastungen der Tankbeckenwände sind nicht bemessungsrelevant und werden im Folgenden nicht weiter betrachtet. Darüber hinaus wird eine real vorhandene Verschattung der Apparate nicht berücksichtigt, da nicht sicher gestellt werden kann das diese stets zeitgleich vorhanden sind.

3.2.4 Erdbeben

Standort:	Uerdingen
Erdbebenzone:	Zone 1
Untergrundklasse:	C
Baugrundklasse:	T
Bedeutungsbeiwert (entsprechend VCI Richtlinie, Tab. 5.1 bis 5.3):	
Maßgebender Bedeutungsbeiwert:	$\gamma = 1,2$

Kombinationsbeiwerte allgemein: Entsprechend VCI Richtlinie, Tab. 5.4

Kombinationsbeiwerte für Behälterlasten:	$\psi_{2,i} = 0,8$ (Nutzlastkategorie „E“)
Kombinationsbeiwerte für Schneelasten:	$\psi_{2,i} = 0,5$ (gem. DIN EN 1998-1+NA)

Verhaltensbeiwerte (entsprechend DIN EN 1998-1 + NA)

Verhaltensbeiwert:	$q = 1,5$
Intensitätsintervall:	$6,5 \leq I \leq 7,0$
Bodenbeschleunigung:	$a_g = 0,4 \text{ m/s}^2$
Bau-/ Untergrundklasse:	C-T $S = 1,25$
	$T_A = 0,0 \text{ s}$
	$T_B = 0,1 \text{ s}$
	$T_C = 0,4 \text{ s}$
	$T_D = 2,0 \text{ s}$
Verstärkungsbeiwert	$\beta_0 = 2,5$

Gemäß den Aufstellungsunterlagen ist der Plateauwert von $T_C/T = 1,00$ anzuwenden.
Es folgt:

$$a = 0,4 \times 1,2 \times 1,25 \times 2,5 \times 1,0 / 1,5 = 1,00 \text{ m/s}^2$$

Es sind, bei Ansatz einer Erdbeschleunigung von $g = 10,0 \text{ m/s}^2$, 10 % der Gesamtmasse, als horizontale Ersatzkräfte anzusetzen.

$$F_{h,AE} = (G_k + \psi_{E,q} \times Q_k + \psi_{E,s} \times S_k) \times 0,10 = (G_k + 0,8 \times Q_k + 0,5 \times S_k) \times 0,10$$

$$\text{mit: } \psi_{E,q} = 1,0 \times 0,8$$

$$\psi_{E,s} = 1,0 \times 0,5$$

3.2.5 Apparatelasten

Behälter	Typ	Leergewicht G_k [kN]	Betriebgewicht Q_k [kN]	Havariegewicht $Q_{a,k}$ [kN]
A 01 – A 02	Flachbodentank	100	3.235	4.000
A 03 – A 05	Behälter auf vier Füßen	100	1.200	1.420

Tabelle 3.2.5.1-1: Zusammenstellung der Apparaten Gewichte

Bei sämtlichen Apparaten ist das 1,5-fache Betriebsgewicht gegenüber dem 1,0-fachen Havariegewicht maßgebend. Folglich wird das Havariegewicht nicht weiter betrachtet.

Das Eigengewicht der Apparatebühnen, sowie der umlaufenden Treppen der Apparate A 01 und A 02 und die Steigleitern an den Behältern A 03 – A 05, ist im angegebenen Leergewicht enthalten.

Der Ansatz einer Nutzlast auf diese Flächen ist an dieser Stelle nicht erforderlich.

3.2.5.1 Apparatelasten A 01 + A 02

Vertikale Belastungen

Eigengewicht

Das Eigengewicht der Flachbodentanks wird als umlaufende Linienlast angesetzt.

$$q_{g,z,k} = 100 / (2 \times \pi \times 3,4) = 4,68 \text{ kN/m}$$

Schnee

Die auf die Flachbodentanks einwirkende Schneebelastungen wird analog zum Eigengewicht als umlaufende Linienlast angesetzt.

$$F_{z,s,k} = 0,715 \times \pi \times 3,4^2 = 25,97 \text{ kN}$$

$$q_{z,s,k} = 25,97 / (2 \times \pi \times 3,4) = 1,22 \text{ kN/m}$$

Nutzlast

Die Nutzlast wird als Gleichflächenlast auf die Grundfläche des Behälters angesetzt.

$$q_{z,q,k} = (3.235 - 100) / (\pi \times 3,4^2) = 86,32 \text{ kN/m}^2$$

Über- bzw. Unterdruck

Gemäß den Aufstellungsunterlagen liegt der Betriebsdruck der Flachbodentanks zwischen $p_{\max.} = 5,0 \text{ kN/m}^2$ und $p_{\min.} = - 2,50 \text{ kN/m}^2$ vor.

Es resultiert, in Vertikalrichtung, jeweils eine flächig wirkende Belastung des Tankbodens, bzw. eine gegenläufige Beanspruchung der umlaufenden Tankverankerung. Da diese Belastungen miteinander korrespondieren und im Gleichgewicht stehen, ist ihr Einfluss auf die Bemessung des Behältersockels, bzw. auf die Bodenplatte des Tankbeckens an dieser Stelle vernachlässigbar.

Der wesentliche Einfluss auf die Verankerung der Apparate ist zu berücksichtigen. Die Belastung stellt über den Behälterumfang verlaufende Linienbelastung da.

Überdruck – abhebende Belastung der Verankerung

$$q_{z,k} = (5,0 \times 6,80) / 2 = 17,00 \text{ kN/m}$$

Unterdruck – andrückende Belastung der Verankerung

$$q_{z,k} = (-2,50 \times 6,80) / 2 = - 8,50 \text{ kN/m}$$

horizontale Belastungen

Horizontal einwirkende Belastungen, i. W. aus Wind- und Erdbebenbeanspruchungen, erzeugen eine Momenten Beanspruchung bezogen auf den Behälterboden. Diese auftretenden Momente werden, praxisüblich idealisiert, über den 0,9-fachen Durchmesser zu einem Kräftepaar umgerechnet. Diese Kräfte werden gleichmäßig auf eine Verteilungsbreite von 25 % des Behälterumfangs als Gleichstreckenlast angesetzt.

Es werden die Einwirkungsrichtungen in 45°-Schritten betrachtet.

Statisches System

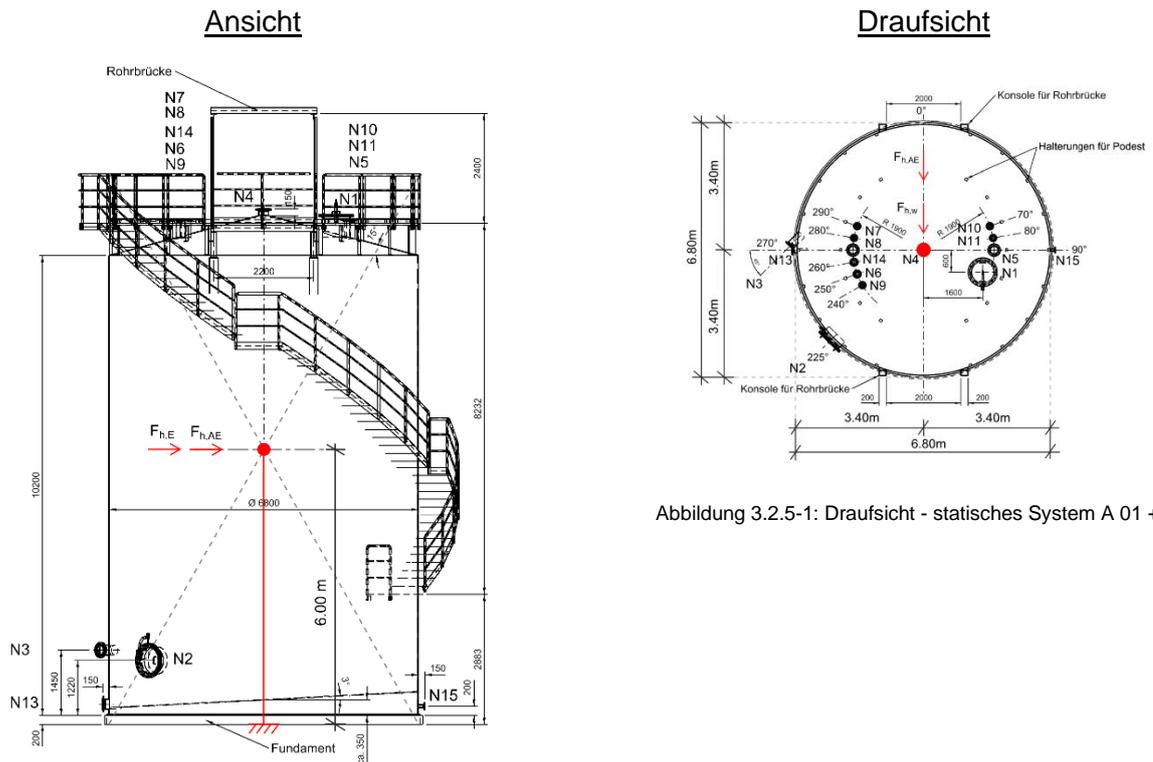


Abbildung 3.2.5-1: Draufsicht - statisches System A 01 + A 02

Abbildung 3.2.5-2: Ansicht - statisches System A 01 + A 02

Erdbeben

$$F_{h,AE,k} = (100 + 0,8 \times 3.135 + 0,5 \times 25,97) \times 0,10 = 262,1 \text{ kN}$$

$$M_{AE,k} = 262,1 \times 6,0 = 1.573 \text{ kNm}$$

$$q_{z,AE,k} = 1.573 / (0,9 \times 6,8 \times 0,5 \times \pi \times 3,4) = 48,13 \text{ kN/m}$$

Wind

Auf der sicheren Seite liegend wird die Windbelastung bis zur Oberkante des Aufbau-rahmens voll angesetzt.

Der Windlastermittlung [1] liegt idealisiert ein Zylinder mit $\varnothing_z = 6,80$ m und einer Höhe $h_z = 2,883 + 8,232 + 2,40 = 13,515$ m zugrunde.

Bezugsfläche:	A_{ref}	=	$6,8 \times 13,515$	=	$91,90 \text{ m}^2$
Äquivalente Rauigkeit:	k	=	$0,2 \text{ mm}$		
	k/b	=	$0,2 / 6.800$	=	$2,9 \times 10^{-5}$
Luftdichte:	ρ	=	$1,25 \text{ kg/m}^3$		
Kinematische Zähigkeit:	ν	=	15×10^{-6}		
Böengeschwindigkeit:	ϑ	=	$(2 \times 0,8 / 0,00125)^{0,5}$	=	$35,77$
Reynoldszahl:	Re	=	$(35,77 \times 6,8) / (15 \times 10^{-6})$	=	$1,6 \times 10^7$
Grundkraftbeiwert:	C_{f0}	=	$0,77$		
Effektive Schlankheit:	λ	=	$13,515 / 6,8$	=	2
Abminderungsfaktor:	ψ_λ	~	$0,625$		
Strukturbeiwert:	$C_s C_d$	=	1		
Kraftbeiwert:	c_f	=	$0,77 \times 0,625$	=	$0,481$
Beiwert TRAS 320:			$1,10$		
Winddruck:	$q_{h,w,k}$	=	$1 \times 0,481 \times 0,8$	=	$0,385 \text{ kN/m}^2$
Winddruck gem. TRAS320	$q_{h,w,k,TRAS}$	=	$1,10 \times 0,385$	=	$0,42 \text{ kN/m}^2$
$F_{h,w,k}$	=	$0,42 \times 91,90$	=	$38,60 \text{ kN}$	
$M_{w,k}$	=	$38,6 \times 6,0$	=	$231,6 \text{ kNm}$	
$q_{z,w,k}$	=	$231,6 / (0,9 \times 6,8 \times 0,5 \times \pi \times 3,4)$	=	$7,09 \text{ kN/m}$	

3.2.5.2 *Apparatelasten A 03 – A 05*

Statisches System [1]

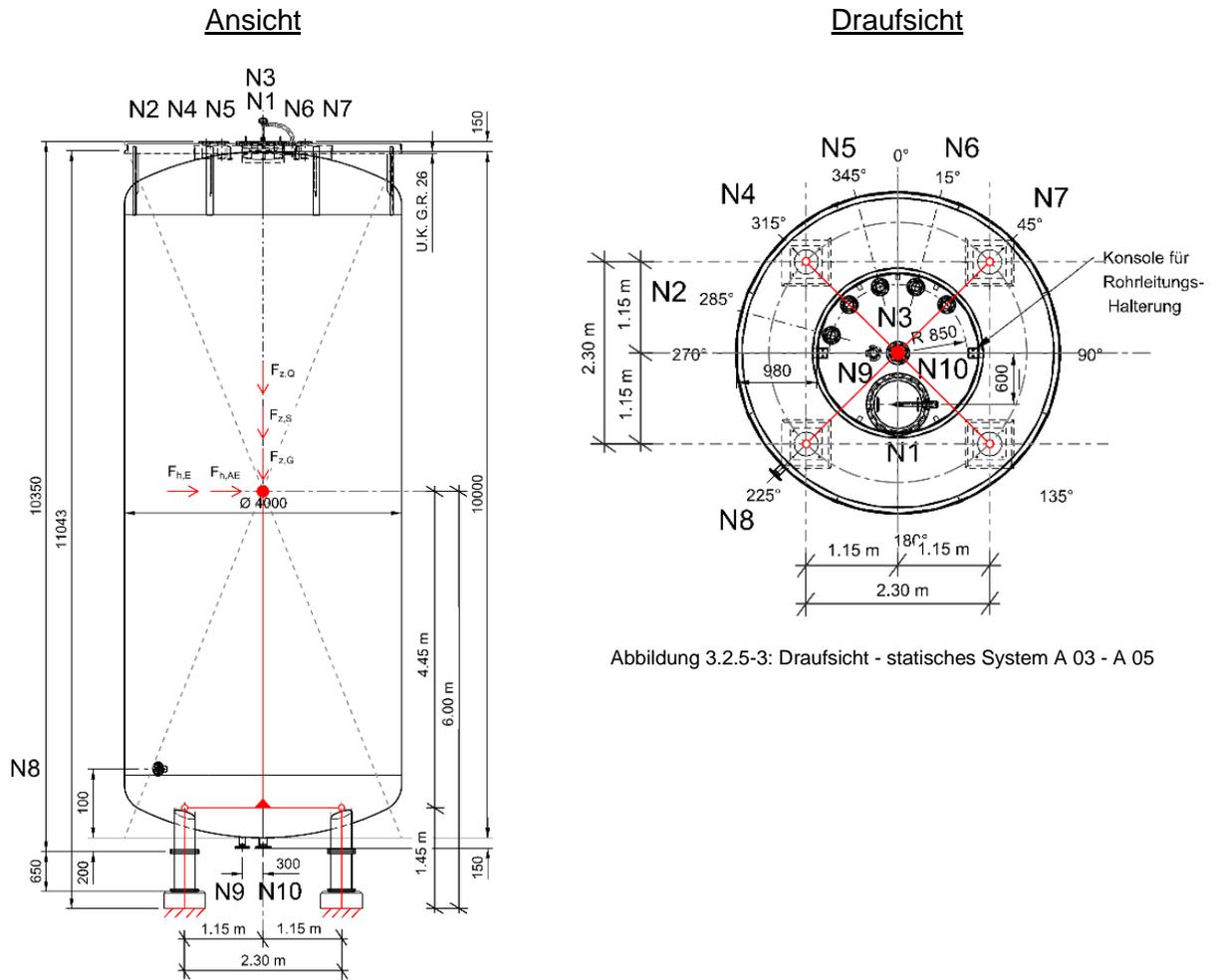


Abbildung 3.2.5-3: Draufsicht - statisches System A 03 - A 05

Abbildung 3.2.5-4: Ansicht - statisches System A 03 - A 05

Sämtliche Belastungen werden zunächst bezogen auf den Behälterschwerpunkt zusammengestellt und anschließend auf die Fußpunkte des Behälters umgerechnet.

Der Abtrag der horizontalen Lasten ist unter den Einwirkungsrichtungen von 45°, 135°, 225° und 315° am ungünstigsten, da so lediglich zwei Behälterfüße das auftretende Biegemoment abtragen können. Auf Grund dessen werden diese Anströmrichtungen zusätzlich erfasst.

Eigengewicht

$$F_{z,g,k} = = 100,0 \text{ kN}$$

Schnee

$$F_{z,s,k} = 0,715 \times \pi \times 2,0^2 = 8,98 \text{ kN}$$

Nutzlast

$$F_{z,NL,k} = 1.200 - 100 = 1.100,0 \text{ kN}$$

Wind

Die Windlast wird vereinfacht über die Querschnittsfläche des Apparates, ohne Berücksichtigung seiner zylindrischen Form, berechnet. Dieser Ansatz liegt auf der sicheren Seite, und reduziert den erforderlichen Aufwand zur Ermittlung der Windbelastung des Apparates stark.

$$F_{h,w,k} = 1,14 \times 4,0 \times (10,35 + 0,65 + 1,10) = 55,18 \text{ kN}$$

Erdbeben

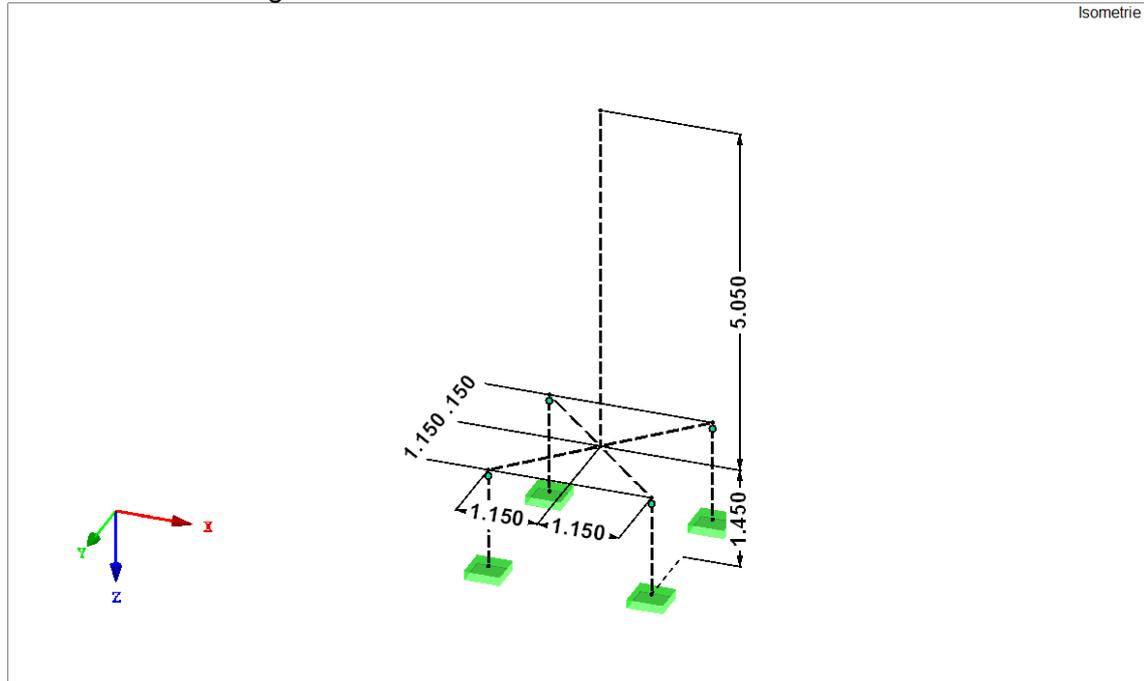
$$F_{h,AE,k} = (100 + 0,8 \times 1.100 + 0,5 \times 8,98) \times 0,10 = 98,44 \text{ kN}$$

Es folgt die programmgestützte Berechnung der auftretenden Beanspruchungen an den Fußpunkten der Stützen unter den Apparaten.

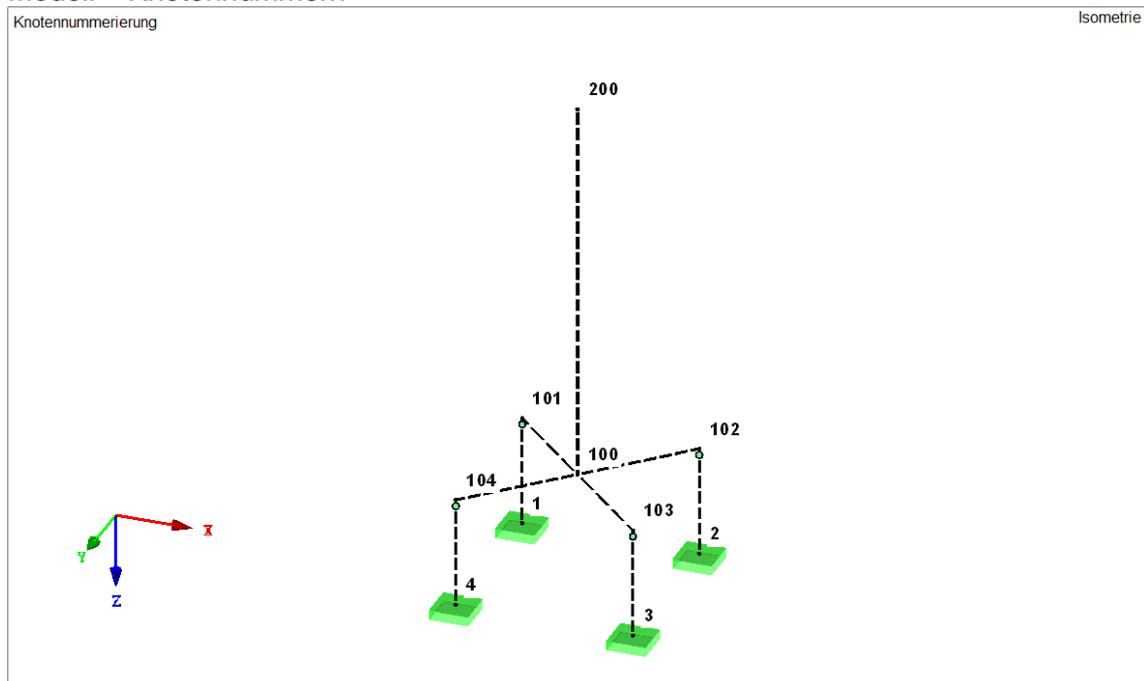
Modell-Basisangaben

Allgemein	Modellname	: 3.2.5.2 Apparatelasten A 03 – A05
	Projektname	: BA
	Projektbezeichnung	: Neubau eines Tanklagers und eines Silogerüsts
	Modelltyp	: 3D
	Positive Richtung der globalen Z-Achse	: Nach unten
	Klassifizierung der Lastfälle und Kombinationen	: Nach Norm: EN 1990 Nationaler Anhang: DIN - Deutschland
	Optionen	Erdbeschleunigung g

Modell – Abmessungen



Modell – Knotennummern



Knoten

Knoten Nr.	Knotentyp	Bezugs-Knoten	Koordinaten-System	Knotenkoordinaten			Kommentar
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
1	Standard	-	Kartesisch	-1.150	-1.150	1.450	
2	Standard	-	Kartesisch	1.150	-1.150	1.450	
3	Standard	-	Kartesisch	1.150	1.150	1.450	
4	Standard	-	Kartesisch	-1.150	1.150	1.450	
100	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	0.000	
101	Standard	-	Kartesisch	-1.150	-1.150	0.000	
102	Standard	-	Kartesisch	1.150	-1.150	0.000	
103	Standard	-	Kartesisch	1.150	1.150	0.000	
104	Standard	-	Kartesisch	-1.150	1.150	0.000	
200	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	-5.050	

Linien

Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge L [m]	Lagerung bzw. Feder			Kommentar
				u _x	u _y	u _z	
1	Polylinie	1,101	1.450			Z	
2	Polylinie	4,104	1.450			Z	
3	Polylinie	100,101	1.626			XY	
4	Polylinie	100,104	1.626			XY	
5	Polylinie	200,100	5.050			Z	
6	Polylinie	100,102	1.626			XY	
7	Polylinie	100,103	1.626			XY	
8	Polylinie	2,102	1.450			Z	
9	Polylinie	3,103	1.450			Z	

Knotenlager

Lager Nr.	Achsen-system	Knoten Nr.	Stütze in Z	Lagerung bzw. Feder					
				u _x	u _y	u _z	j _x	j _y	j _z
1	Global X,Y,Z	1 - 4	-	x	x	x	x	x	x

Stäbe

Stab Nr.	Linie Nr.	Stabtyp	Drehung		Querschnitt		Gelenk Nr.		Teilung Nr.	Länge L [m]	
			Typ	b [°]	Anfang	Ende	Anfang	Ende			
1	1	Kopplung F-G	Winkel	0.00	0	0	-	-	-	1.450	Z
2	2	Kopplung F-G	Winkel	0.00	0	0	-	-	-	1.450	Z
3	3	Kopplung F-F	Winkel	0.00	0	0	-	-	-	1.626	XY
4	4	Kopplung F-F	Winkel	0.00	0	0	-	-	-	1.626	XY
5	5	Kopplung F-F	Winkel	0.00	0	0	-	-	-	5.050	Z
6	6	Kopplung F-F	Winkel	0.00	0	0	-	-	-	1.626	XY
7	7	Kopplung F-F	Winkel	0.00	0	0	-	-	-	1.626	XY
8	8	Kopplung F-G	Winkel	0.00	0	0	-	-	-	1.450	Z
9	9	Kopplung F-G	Winkel	0.00	0	0	-	-	-	1.450	Z

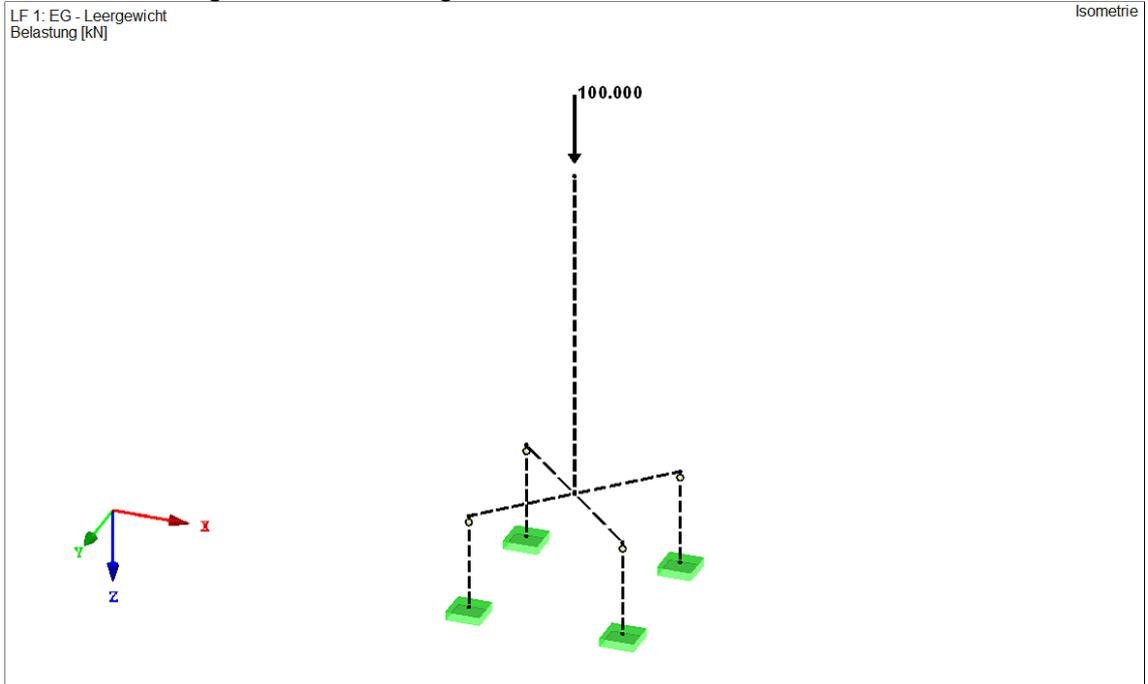
Lastfälle

Lastfall	LF-Bezeichnung	EN 1990 DIN Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung			
			Aktiv	X	Y	Z
LF1	EG - Leergewicht	Ständig	-			
LF2	NL - Betriebsfüllung	Nutzlasten - Kategorie E: Lagerräume	-			
LF3	S - Schnee	Schnee (H ≤ 1000 m über NN)	-			
LF4	W - Wind 0°/ 90°/ 180°/ 270°	Wind	-			
LF5	W - Wind 45°/ 135°/ 225°/ 315°	Wind	-			
LF6	AE - Erdbeben 0°/ 90°/ 180°/ 270°	Erdbeben	-			
LF7	AE - Erdbeben 45°/ 135°/ 225°/ 315°	Erdbeben	-			

LF1: EG – Leergewicht: Knotenlasten

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_u	P_y / P_v	P_z / P_w	M_x / M_u	M_y / M_v	M_z / M_w
1	200	0 Globales XYZ	0.000	0.000	100.000	0.000	0.000	0.000

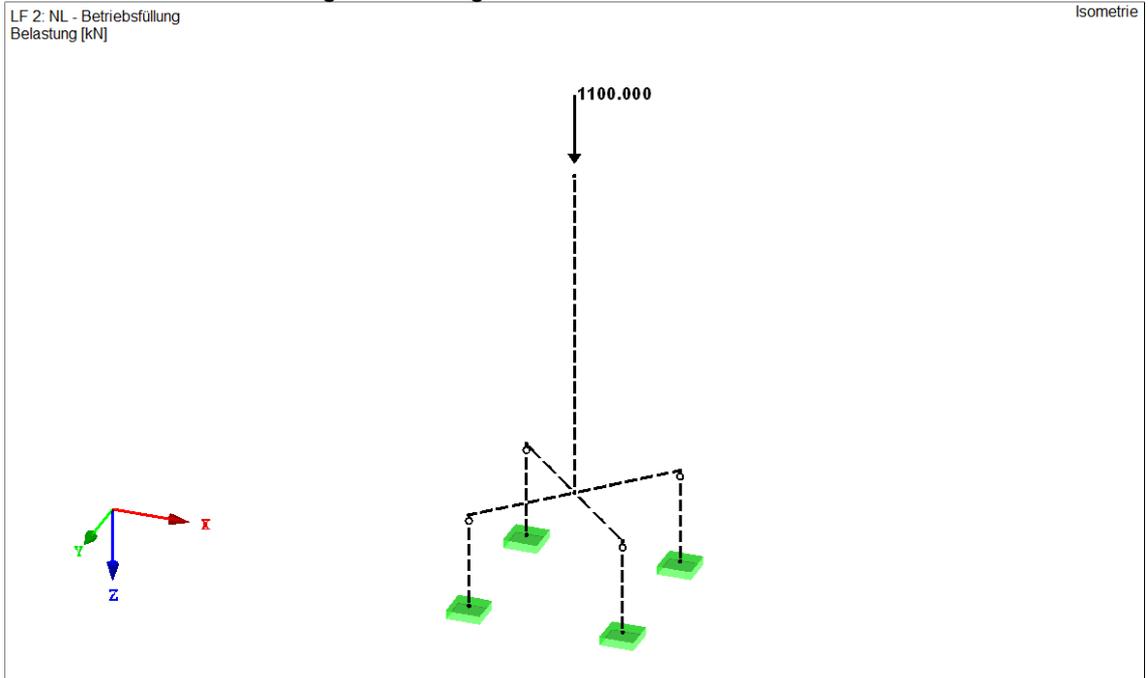
LF1: EG – Leergewicht: Belastung



LF2: NL – Betriebsfüllung: Knotenlasten

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_u	P_y / P_v	P_z / P_w	M_x / M_u	M_y / M_v	M_z / M_w
1	200	0 Globales XYZ	0.000	0.000	1100.000	0.000	0.000	0.000

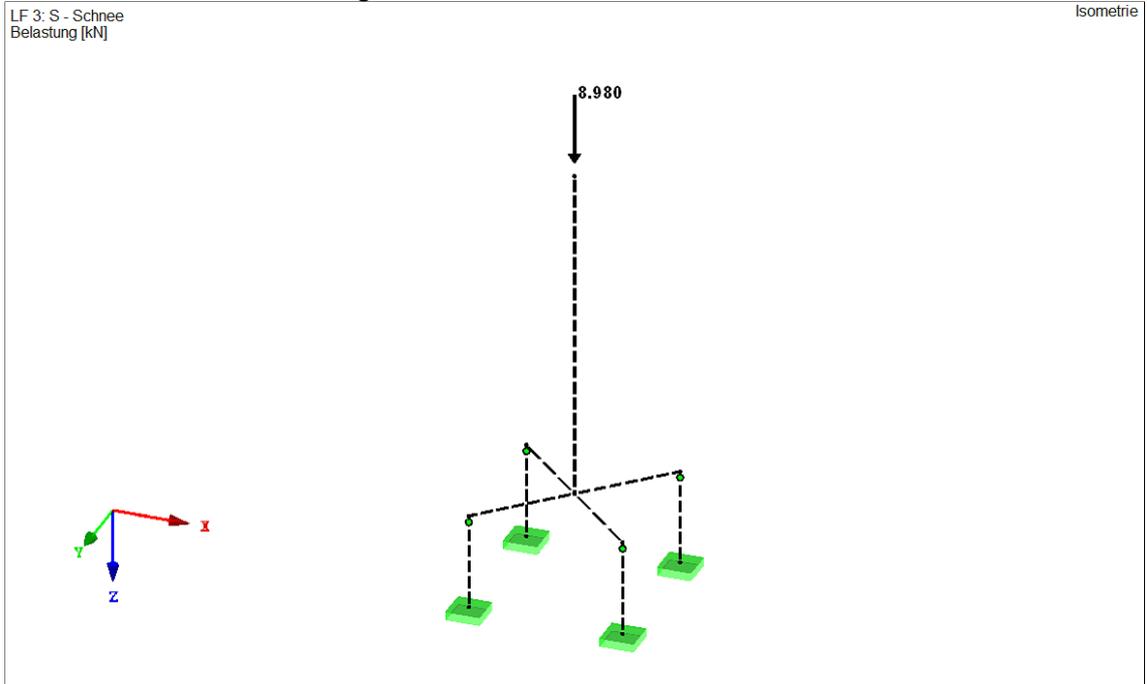
LF2: NL – Betriebsfüllung: Belastung



LF3: S – Schnee: Knotenlasten

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
1	200	0 Globales XYZ	0.000	0.000	8.980	0.000	0.000	0.000

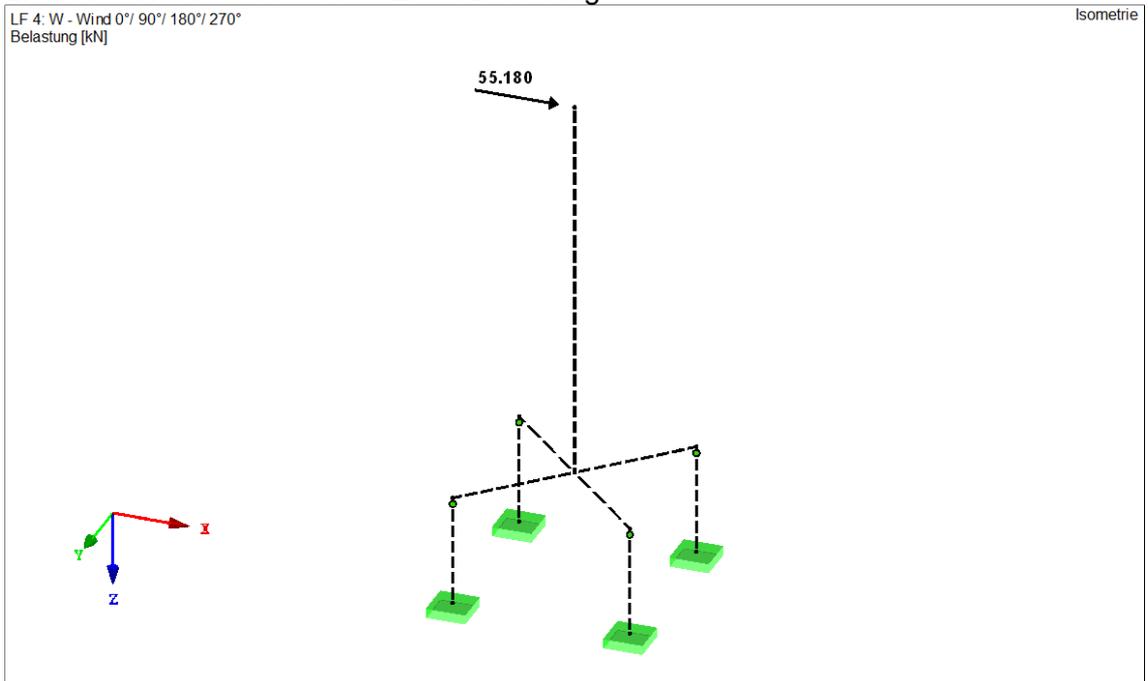
LF3: S – Schnee: Belastung



LF4: W – Wind 0°/ 90°/ 180°/ 270°: Knotenlasten

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
1	200	0 Globales XYZ	55.180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

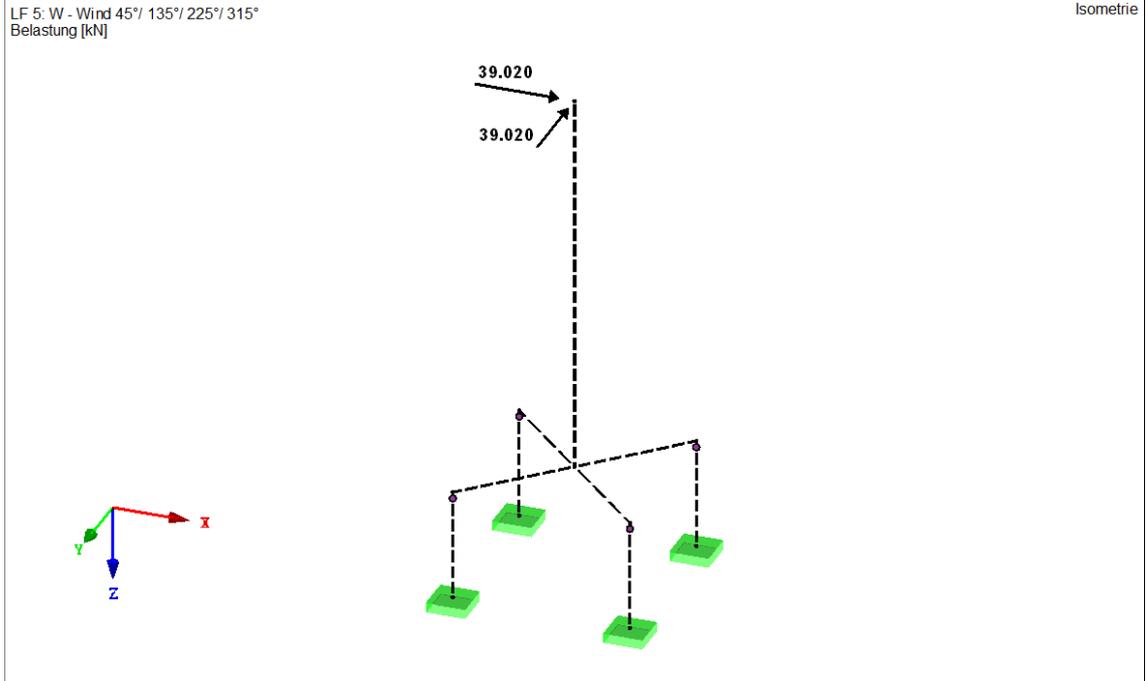
LF4: W – Wind 0°/ 90°/ 180°/ 270°: Belastung



LF5: W – Wind 45°/ 135°/ 225°/ 315°: Knotenlasten

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_u	P_y / P_v	P_z / P_w	M_x / M_u	M_y / M_v	M_z / M_w
1	200	0 Globales XYZ	39.020	-39.020	0.000	0.000	0.000	0.000

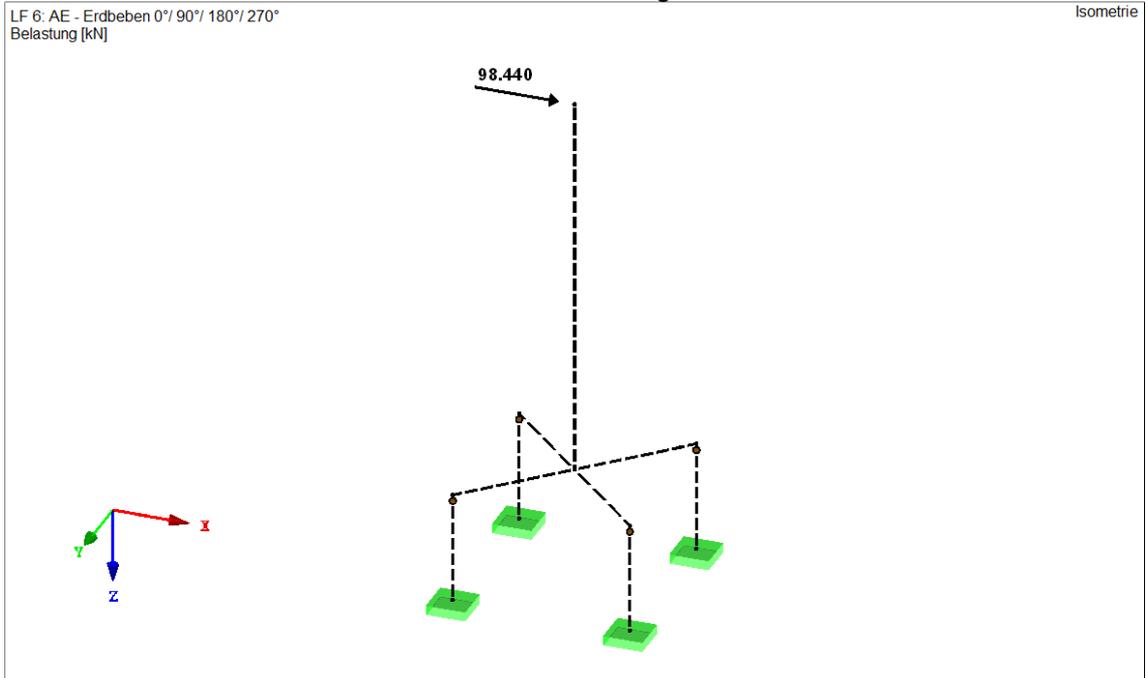
LF5: W – Wind 45°/ 135°/ 225°/ 315°: Belastung



LF6: AE – Erdbeben 0°/ 90°/ 180°/ 270°: Knotenlasten

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_u	P_y / P_v	P_z / P_w	M_x / M_u	M_y / M_v	M_z / M_w
1	200	0 Globales XYZ	98.440	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

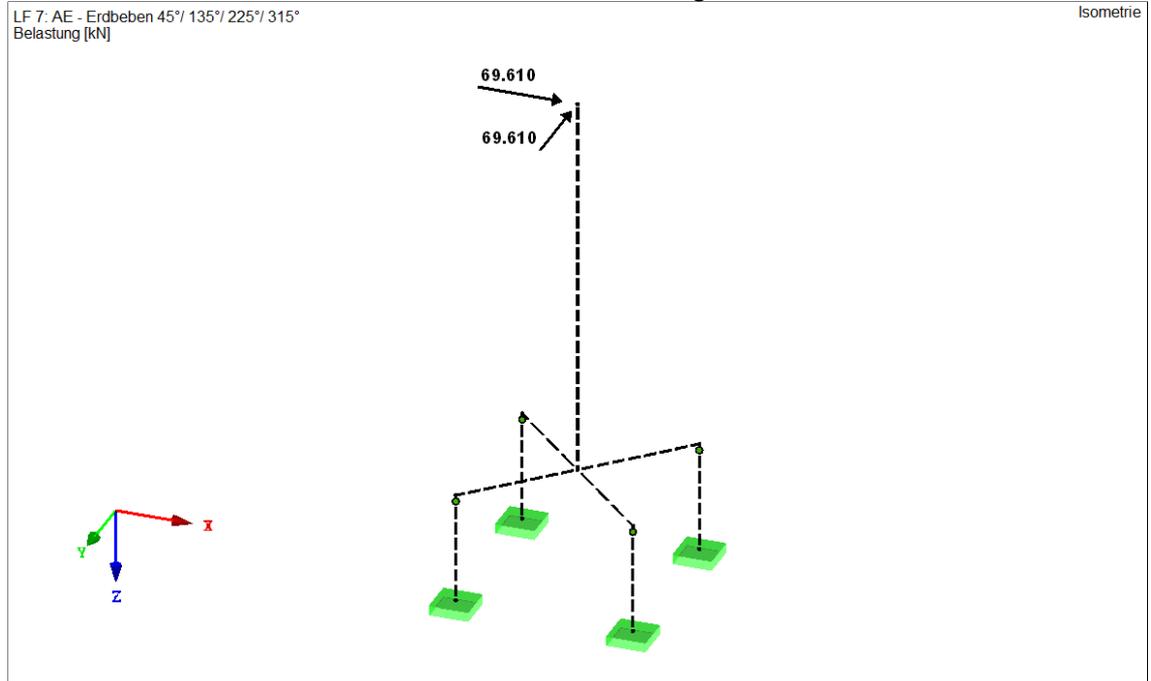
LF6: AE – Erdbeben 0°/ 90°/ 180°/ 270°: Belastung



LF7: AE – Erdbeben 45°/ 135°/ 225°/ 315°: Knotenlasten

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P _X / P _U	P _Y / P _V	P _Z / P _W	M _X / M _U	M _Y / M _V	M _Z / M _W
1	200	0 Globales XYZ	69.610	-69.610	0.000	0.000	0.000	0.000

LF7: AE – Erdbeben 45°/ 135°/ 225°/ 315°: Belastung



Lagerkräfte

Knoten Nr.	LF	Lagerkräfte [kN]			Lagermomente [kNm]			
		P _X	P _Y	P _Z	M _X	M _Y	M _Z	
1	LF1	0.00	0.00	25.00	0.01	-0.01	0.00	EG - Leergewicht
	LF2	0.00	0.00	275.00	0.01	-0.01	0.00	NL - Betriebsfüllung
	LF3	0.00	0.00	2.24	0.00	0.00	0.00	S - Schnee
	LF4	13.80	-0.22	-60.59	-0.33	-19.99	0.00	W - Wind 0°/ 90°/ 180°/ 270°
	LF5	9.91	-9.91	0.00	-14.37	-14.37	0.00	W - Wind 45°/ 135°/ 225°/ 315°
	LF6	24.61	-0.39	-108.09	-0.59	-35.66	-0.01	AE - Erdbeben 0°/ 90°/ 180°/ 270°
	LF7	17.68	-17.68	0.00	-25.63	-25.63	-0.01	AE - Erdbeben 45°/ 135°/ 225°/ 315°
2	LF1	0.00	0.00	25.00	0.01	0.01	0.00	EG - Leergewicht
	LF2	0.00	0.00	275.00	0.01	0.01	0.00	NL - Betriebsfüllung
	LF3	0.00	0.00	2.24	0.00	0.00	0.00	S - Schnee
	LF4	13.80	0.22	60.59	0.33	-19.99	0.00	W - Wind 0°/ 90°/ 180°/ 270°
	LF5	9.60	-9.60	85.69	-13.90	-13.90	0.00	W - Wind 45°/ 135°/ 225°/ 315°
	LF6	24.61	0.39	108.09	0.59	-35.66	-0.01	AE - Erdbeben 0°/ 90°/ 180°/ 270°
	LF7	17.13	-17.13	152.87	-24.80	-24.80	0.00	AE - Erdbeben 45°/ 135°/ 225°/ 315°
3	LF1	0.00	0.00	25.00	-0.01	0.01	0.00	EG - Leergewicht
	LF2	0.00	0.00	275.00	-0.01	0.01	0.00	NL - Betriebsfüllung
	LF3	0.00	0.00	2.24	0.00	0.00	0.00	S - Schnee
	LF4	13.80	-0.22	60.59	-0.33	-19.99	0.00	W - Wind 0°/ 90°/ 180°/ 270°
	LF5	9.91	-9.91	0.00	-14.37	-14.37	0.00	W - Wind 45°/ 135°/ 225°/ 315°
	LF6	24.61	-0.39	108.09	-0.59	-35.66	0.01	AE - Erdbeben 0°/ 90°/ 180°/ 270°
	LF7	17.68	-17.68	0.00	-25.63	-25.63	0.01	AE - Erdbeben 45°/ 135°/ 225°/ 315°
4	LF1	0.00	0.00	25.00	-0.01	-0.01	0.00	EG - Leergewicht
	LF2	0.00	0.00	275.00	-0.01	-0.01	0.00	NL - Betriebsfüllung
	LF3	0.00	0.00	2.24	0.00	0.00	0.00	S - Schnee
	LF4	13.80	0.22	-60.59	0.33	-19.99	0.00	W - Wind 0°/ 90°/ 180°/ 270°
	LF5	9.60	-9.60	-85.69	-13.90	-13.90	0.00	W - Wind 45°/ 135°/ 225°/ 315°
	LF6	24.61	0.39	-108.09	0.59	-35.66	0.01	AE - Erdbeben 0°/ 90°/ 180°/ 270°
	LF7	17.13	-17.13	-152.87	-24.80	-24.80	0.00	AE - Erdbeben 45°/ 135°/ 225°/ 315°

3.2.6 Stützenlasten der Rohrbrücke RB 01

Um die Ebene der Behälterbühnen zu erschließen wird die Höhe des Gitterrostes der Rohrbrücke auf 11,115 m über der Oberkante des Stützensockels festgesetzt. Die Breite des Laufsteges wird rechnerisch mit 0,80 m abgeschätzt.

Zusätzlich zu den in den Aufstellungsunterlagen benannten Bauteilen, ist das Eigengewicht der Rohrbrückenstützen, sowie von einem beidseitig verlaufenden Geländer zu erfassen.

Die Rohrbrücke wird feldweise als Einfeldträger idealisiert. Diese Annahme ist aufgrund der geforderten, hohen Flexibilität von Industriebauwerken gerechtfertigt. Die Achsabstände der Rohrbrückenstützen sind nicht vorgegeben. Auf der sicheren Seite liegend werden 8,55 m angesetzt.

Da der Verlauf der Rohrbrücke nicht umfassend bekannt ist, wird davon ausgegangen, dass diese zu beiden Seiten über das Tankbecken hinaus weiter verläuft. Sämtliche Stützen tragen folglich betragsmäßig gleich hohe Belastungen ab.

Darüber hinaus wird die Annahme getroffen, dass sich der Festpunkt der Rohrbrücke außerhalb des betrachteten Tankbeckens befindet.

Eigengewicht

Bauteil		Profil	Gewicht $g_{k,i}$ [kN/m]	
Längsträger	Oben	2x HEB360	2 x 1,42	= 2,84
	Unten	2x L100*10	2 x 0,15	= 0,30
Aufbaurahmen	Stützen	2x HEB120	$(2 \times 2,8 \times 0,27) / 3$	= 0,50
	Riegel	1x HEB120	$0,80 \times 0,27 / 3$	= 0,07
H-Verband		1 x L60*6+1 x FL60*6	$(3,0+0,80)^{0,5} \times (0,05+0,03) / 3$	= 0,07
Gitterrost		40x4	0,8 x 0,47	= 0,38
Geländer	Handlauf	2x RO48,3*3,6	2 x 0,04	= 0,08
	Knielauf	2x RO26,9*2,6	2 x 0,02	= 0,04
	Fußleiste	2x FL130*10	2 x 0,10	= 0,20
	Pfosten	RO48,3*3,6	2 x 0,04 x 1,1 / 1,3	= 0,07
			Σg_k	= 4,63

Tabelle 3.2.5.2-1: Eigengewicht RB 01

Die Stützen der Rohrbrücke werden mit dem Profil HEB400 angesetzt.

Darüber hinaus wird, gemäß den Aufstellungsunterlagen, das überschlagene Eigengewicht um 20% erhöht, um Verbindungsmittel ebenfalls zu erfassen.

$$h_{GiRo} = 2,883 + 8,232 - 0,20 = 10,915 \text{ m}$$

$$F_{z,G,k} = 1,2 \times (4,63 \times (3,0+5,55) + 1,55 \times (10,915 - 0,04 - 0,36)) = 67,07 \text{ kN}$$

Schnee

$$q_{z,s,k,TRAS320} = 0,715 \times 0,80 = 0,57 \text{ kN/m}$$

$$F_{z,S,k,TRAS320} = 0,57 \times (3,0 + 5,55) = 4,87 \text{ kN}$$

Nutzlast

Die Nutzlast der Rohrbrücke wird, auf der sicheren Seite liegend, in die Nutzlastkategorie „E“ eingeordnet.

$$F_{z,Q,k} = 5,0 \times (3,0 + 5,55) = 42,75 \text{ kN}$$

Wind

Um eine spätere Umgestaltung der Rohrbrücke gewährleisten zu können, wird die Rohrbrücke als seitlich geschlossene Konstruktion, im Hinblick auf die Ermittlung der Windbelastung, betrachtet.

$$q_{h,w,k,TRAS320} = 1,14 \times 3,16 = 3,60 \text{ kN/m}$$

$$F_{h,w,k,TRAS320} = 2 \times 3,60 \times (3,0 + 5,55) / 2 = 30,78 \text{ kN}$$

$$M_{w,k,TRAS320} \sim 30,78 \times 10,92 + 1,14 \times 0,3 \times 10,92 / 2 = 338,0 \text{ kNm}$$

Erdbeben

$$F_{h,AE,k} = (67,07 + 0,8 \times 42,75 + 0,5 \times 4,87) \times 0,10 = 10,37 \text{ kN}$$

$$M_{AE,k} \sim 10,37 \times 10,92 = 113,2 \text{ kNm}$$

3.2.7 Erddruck

Um die betriebliche Nutzung des umliegenden Geländes zu berücksichtigen wird eine Ersatzflächenlast von $p' = 33,3 \text{ kN/m}^2$, entsprechend SLW60, angesetzt.

Wichte des Bodens: i.M. $\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$

Reibungswinkel: $\phi = 32,5^\circ - 35,0^\circ$

Neigung des Geländes/ des Bauteils: $\alpha = \beta = 0^\circ$

Wandreibungswinkel: $2 \times \phi_k / 3$

Erddruck aus Eigengewicht: $K_{agh} = 0,25$

$$e_{agh} = 0,25 \times 19,5 \times h_T$$

Erddruck aus Nutzlast: $K_{aph} = 0,25$

$$e_{aph} = 0,25 \times 33,33 = 8,33 \text{ kN/m}^2$$

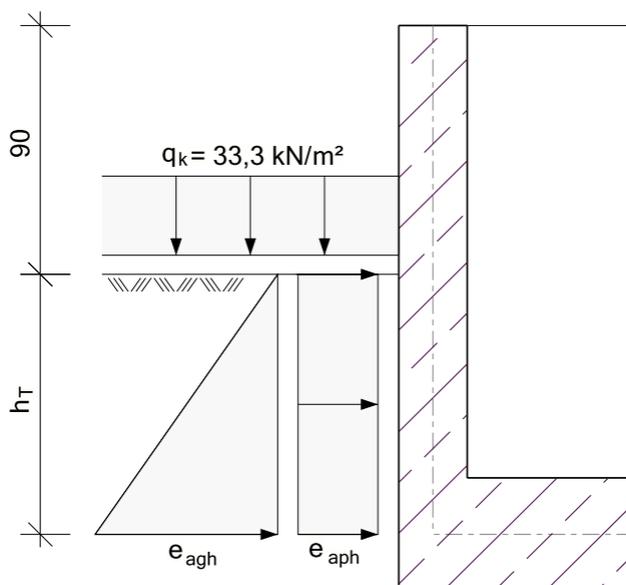


Abbildung 3.2.7-1: Ansatz der Erddruckbelastungen

3.2.8 Flüssigkeitsanstauung im Tankbecken

Die rechnerisch angesetzte Flüssigkeitsmenge setzt sich im vorliegenden Fall aus mehreren Teilen zusammen.

Zum einen ist ein Auslaufen der Behälter denkbar. Hier wäre es aber unwirtschaftlich, den Auslauf mehrerer Apparate gleichzeitig anzusetzen. Folglich wird das Versagen von einem der Apparate mit dem größten Füllvolumen, A 01 bzw. A 02, rechnerisch erfasst. Die Leckage Menge beträgt folglich 300 m^3 .

Darüber hinaus folgt aus der direkten Beregnung des Tankbeckens eine zusätzliche Anstauungshöhe von $5,0 \text{ cm}$.

Berechnung der Anstauungshöhe h_w

Zur Berechnung der Anstauungshöhe werden die Sockel unter den Behältern A 03 – A 05 überschlägig mit Grundrissabmessungen von $1,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$, die Sockel unter den Rohrbrückenstützen mit Grundrissabmessungen von $1,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$, angesetzt.

$$F_{z,Q,k} = 5,0 \times (3,0 + 5,55) = 42,75 \text{ kN}$$

$$A_{TB} = 17,1 \times 14,3 - 12 \times 1^2 - 3 \times 1,5^2 - 2 \times \pi \times 6,80^2 / 4 = 153,15 \text{ m}^2$$

$$h_w = (300 / 153,15) + 14,3 \times 0,02 \times 0,5 + 0,05 = 2,16 \text{ m}$$

⇒ Rechnerisch wird eine Anstauung bis zur Oberkante der Tankbeckenwände erfasst.

Es folgt ein Staudruck von:

$$q_{k,w,\min.} = 10 \times 2,0 = 20,00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{k,w,\max.} = 10 \times (2,0 + 14,3 \times 0,02) \sim 10 \times 2,3 = 23,00 \text{ kN/m}^2$$

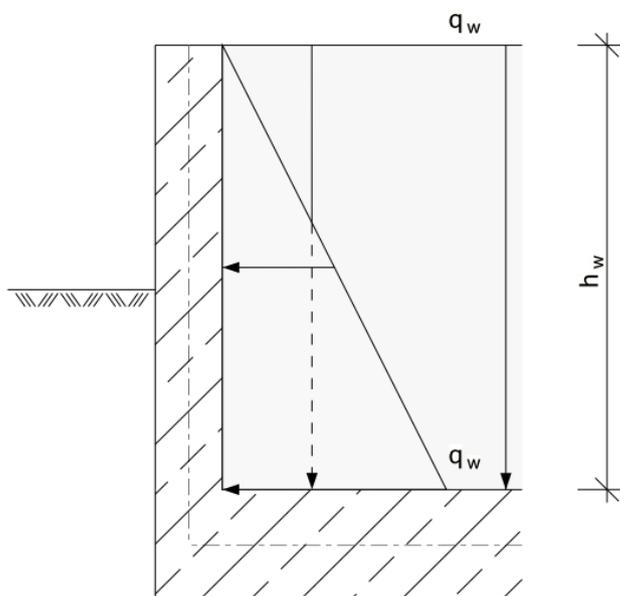


Abbildung 3.2.8-1: Ansatz der Anstauungsbelastung

3.2.9 Temperatur

3.2.9.1 Sommer/ Winter

Es handelt sich bei sämtlichen Stahlbetonbauteilen der Tanklagerkonstruktionen um Bauteile, die an Erdreich grenzen. Folglich entstehen an den Bauteilaußenkanten, je nach Umgebungstemperatur, z. T. stark unterschiedliche Temperaturen. Dies führt zu einer bemessungsrelevanten Zusatzverkrümmungen.



Abbildung 3.2.9-1: Benennung Temperaturen

Darüber hinaus kommt es zu einer Längenänderung der Gesamtkonstruktion infolge des Umgebungstemperaturunterschiedes zwischen den Sommer- bzw. Wintermonaten in Kombination mit den Abmessungen der Bodenplatte.

Die Ermittlung der vorhandenen Temperaturen wird gemäß der DAfStb-Richtlinie: Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (BUmwS) [4] durchgeführt.

Tankbecken

Bauteildicke $d = 25,0$ cm

(gem. nachfolgender statischer Berechnung)

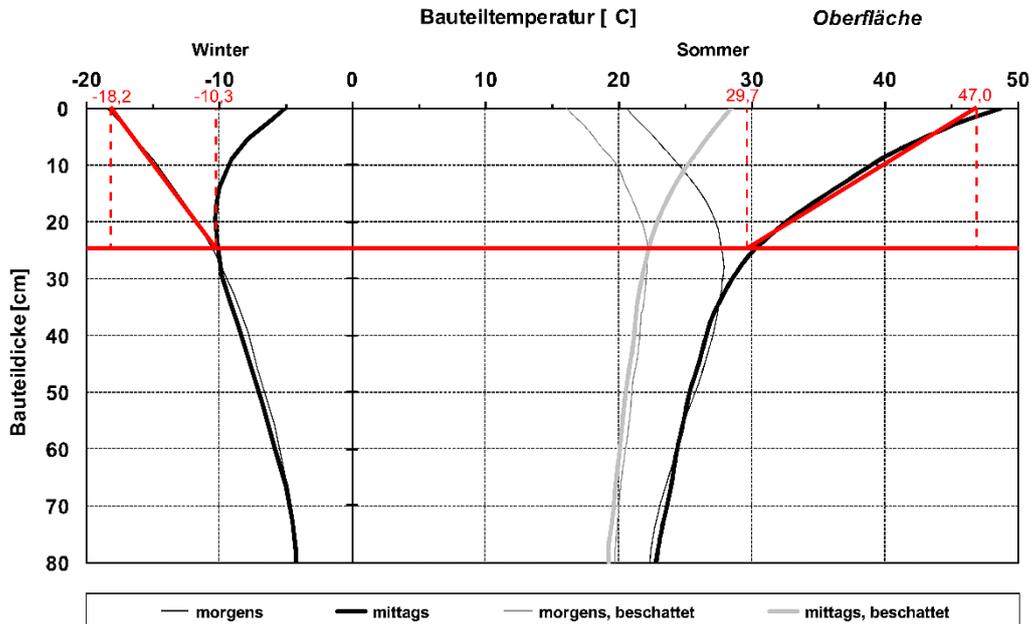


Abbildung 3.2.9-2: Diagramm zur Ermittlung der Bauteiltemperaturen

$$\text{Sommer: } \Delta T_S = 47,0 - 29,7 = 17,3 \text{ K}$$

$$\text{Winter: } \Delta T_W = -18,2 + 10,3 = -7,9 \text{ K}$$

Temperaturunterschied zwischen den Sommer- und Wintermonaten

$$\Delta T_{\text{SW,BP}} = (46,2 + 27,1) / 2 + (17,9 + 9,2) / 2 = 50,2 \text{ K}$$

$$\Delta T_{\text{SW,TBW}} = (47,0 + 29,7) / 2 + (18,2 + 10,3) / 2 = 52,6 \text{ K}$$

Die auftretende Temperaturdifferenz ist kleiner als 80 Kelvin. Die resultierende Beanspruchung der Konstruktion wird folglich bereits durch die Anordnung einer Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite unter Zwang erfasst. Der Temperaturunterschied zwischen den Sommer- und den Wintermonaten ist nicht weiter von Bedeutung.

3.2.9.2 Betriebstemperatur der Apparate A 01 + A 02

Durch die hohe Betriebstemperatur der Apparate tritt ggfs. lokal eine größere Zusatzverkrümmung durch verschiedene Temperaturen an den Bauteilaußenkanten, als unter Punkt 3.2.9.1 bereits erfasst, auf.

Die maximale Betriebstemperatur der Flachbodentanks liegt bei 50°C. Da eine genauere Berechnung der Temperaturverläufe in der Bodenplatte an dieser Stelle nicht zweckdienlich wäre, wird die Temperatur an der Bauteilunterkante mit 10°C abgeschätzt.

Die hier auftretende Temperaturdifferenz ΔT beträgt somit **40 K**, bei einer Bauteildicke von $h = 25 + 20 = 45 \text{ cm}$.

Die Betriebstemperatur führt besonders in den Wintermonaten zu einem Temperaturunterschied zwischen dem Behältersockel und der umliegenden Stahlbetonbodenplatte. An diesen Stellen treten folglich Druckspannungen auf, was zu tangential verlaufenden Querkzugspannungen führt.

Rechnerisch wird eine Temperatur des Stahlbetons unterhalb des Flachbodentanks von

$$T_{\text{m,S}} = (50 + 10) \times 0,5 = \mathbf{30 \text{ °C}}$$
 angenommen.

Die Temperatur der umliegenden Bodenplatte beträgt gemäß 3.2.9.1:

$$T_{\text{m,BP}} = (-18,2 - 10,3) / 2 = \mathbf{-14,3 \text{ °C}}$$

Es folgt eine Temperaturdifferenz von **~ 45 K**.

3.2.10 Auftrieb

Die Aufstellungsunterlagen geben keinen Grundwasserspiegel vor. Es wird die Annahme getroffen, dass die Auftriebssicherung im Bauprozess, ohne weiteren Nachweis an dieser Stelle, durch adäquate Maßnahmen gewährleistet wird, sollte anstehendes Grundwasser vorhanden sein.

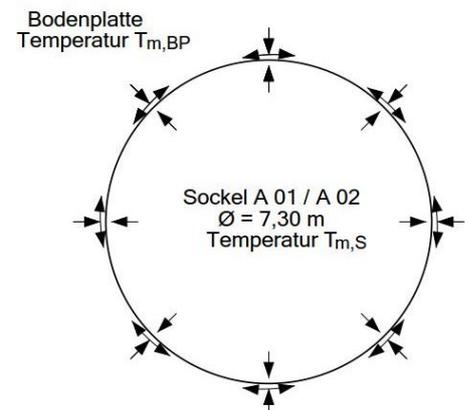


Abbildung 3.2.9-3: Schematische Darstellung des Zwangs infolge Behälterbetriebs

3.3 Vorplanung

3.3.1 Betongüte

Die Auswahl der zu verwendenden Betongüte richtet sich in Folge der vorliegenden Konstruktion nach der, aus den Umweltbedingungen resultierenden, Mindestbetongüte.

Expositions- klasse	Feuchtigkeits- klasse	Betondeckung c_{nom} [cm]	erforderliche Mindestbetongüte	gewählte Betongüte
XC4	WF	4,0	C25/30	C25/30
XF1				
XA1				

Tabelle 3.2.9.2-1: Expositionsklassen; Betongüte

3.3.2 Abdichtungskonzept/ Entwässerung/ konstruktive Maßnahmen

Die Bodenplatte wird gemäß Anlagenverordnung zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) [5] als zweite Barriere für austretende wassergefährdende Flüssigkeiten ausgelegt.

Gemäß dem Arbeitsblatt DWA-A 786 [6] ist eine Bauausführung vom Typ „Bauausführung Nr. 8: Beschichtungssysteme auf Beton“ anzuwenden. Das Beschichtungssystem muss folglich mindestens eine Rissüberbrückung von 0,1 mm – 0,5 mm, sowie Untergrundhaftung und Alters- bzw. Witterungsbeständigkeit aufweisen.

Da die Rissbreite im vorliegenden Tankbecken auf $w_{cal} = 0,20$ mm begrenzt wird, ist eine Rissüberbrückung der Abdichtung von 0,20 mm ausreichend.

Es wird die Beschichtung „StoCryl BF 700“, Zulassungsnummer Z-59.11-471“ [7], gewählt.

Die Entwässerung des Tankbeckens erfolgt über ein Gefälle in West-Ost-Richtung in eine Rinne parallel zur östlichen Tankbeckenwand. Diese leitet die anfallende Flüssigkeitsmenge in eine zentral vorgesehene Grube. Die genaue bauliche Durchbildung ist nicht Teil der Tragwerksplanung und dementsprechend nicht Gegenstand dieser Betrachtungen. In der Folge werden prinzipielle Detailzeichnungen angegeben. Der, in diesen Details, gezeigte Aufbau liegt der folgenden Tragwerksplanung zugrunde.

Darüber hinaus ist gemäß der BUMwS [4] zur Verminderung von Zwang Beanspruchungen eine ausreichend verformbare Einlage und eine Gleitschicht unter der Bodenplatte anzuordnen. Es wird eine zweilagige PE-Folie, $h_{min} =$ je 0,3 mm, sowie eine flügelgeglättete Sauberkeitsschicht, $h = 10$ cm, vorgesehen.

3.3.3 Vordimensionierung der Bodenplatte

Die erforderliche Dicke der Bodenplatte wird durch die erforderliche Lastausbreitung, zur Einhaltung der zulässigen Bodenpressung, sowie der Querkrafttragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung unter den Apparaten A 01 bzw. A 02 ermittelt.

Um die folgenden Berechnungen durchführen zu können wird die Dicke der Bodenplatte zunächst mit $h_{BP} = 25$ cm, die statische Nutzhöhe der Biegebewehrung mit $d \sim 20$ cm und der Bewehrungsgrad mit 1 %, abgeschätzt. Darüber hinaus wird das Gefälle der Bodenplatte vernachlässigt. Die Höhe des Sockels wird, gemäß den Aufstellungsunterlagen, mit $h = 20,0$ cm angesetzt.

Um die Apparate A 01 und A 02 mit den außenliegenden Ankerstangen verankern zu können, wird ein umlaufender Überstand der Sockel von 20 cm vorgesehen.

$$\text{Es folgt: } \varnothing_{\text{Sockel}} = 6,80 + 2 \times 0,20 = 7,20 \text{ m}$$

Einwirkungen

Einwirkung	$F_{z,k,i}$ [kN]	$M_{k,i}$ [kNm]
Eigengewicht	$100 + 25 \times 0,2 \times \pi \times (7,20/2)^2 + 25 \times 0,25 \times \pi \times (7,70/2)^2 = 594,6$	/
Schnee	25,97	/
Nutzlast	3.135	/
Wind	/	231,6
Erdbeben	/	1.573

Tabelle 3.2.9.2-1: Zusammenstellung der Einwirkungen

Lastfallkombinationen

LFK 1 – 1,35 x EG + 1,50 x W + 1,0 x 1,50 x NL + 0,5 x 1,5 x S

$$\begin{aligned} F_{z,Ed} &= 1,35 \times 594,6 + 1,50 \times 3.135 + 0,75 \times 25,97 &= 5.525 \text{ kN} \\ M_{x,Ed} &= 1,50 \times 231,6 &= 347,4 \text{ kNm} \\ e_y &= 347,4 / 5.525 &= 0,06 \text{ m} \end{aligned}$$

LFK 2 – 1,0 x EG + 0,8 x Q + 0,5 x S + 1,0 x AE

$$\begin{aligned} F_{z,Ed} &= 1,0 \times 594,6 + 0,80 \times 3.135 + 0,50 \times 25,97 &= 3.116 \text{ kN} \\ M_{x,Ed} &= 1,50 \times 1.573 &= 2.360 \text{ kNm} \\ e_y &= 2.360 / 3.116 &= 0,75 \text{ m} \end{aligned}$$

Ermittlung der Sohldruckspannungen

Die Ermittlung der Sohldruckspannungen erfolgt unter der Annahme einer linearen Spannungsverteilung. Vereinfacht und auf der sicheren Seite liegend wird eine Lastausbreitung unter 45° angenommen.

$$A_{\text{Sohle}} = \pi \times (7,2 + 2 \times 0,25)^2 \times 0,25 = 45,57 \text{ m}^2$$

$$W_{\text{Sohle}} = \pi \times (7,2 + 2 \times 0,25)^3 / 32 = 44,82 \text{ m}^3$$

LFK 1

$$\sigma_{\text{Rd}} = 450 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\text{Ed,max.}} = (5.525 / 45,57) + (347,4 / 44,82) = 129,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\text{Ed,min.}} = (5.525 / 45,57) - (347,4 / 44,82) = 113,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\text{Ed}} / \sigma_{\text{Rd}} = 0,29 \leq 1 \checkmark$$

LFK 2

$$\sigma_{\text{Rd}} = 450 / 1,4 = 321,4 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\text{max.}} = (3.116 / 45,57) + (2.360 / 44,82) = 121,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\text{min.}} = (3.116 / 45,57) - (2.360 / 44,82) = 15,72 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\text{Ed}} / \sigma_{\text{Rd}} = 0,38 \leq 1 \checkmark$$

Nachweis der Querkrafttragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung

System

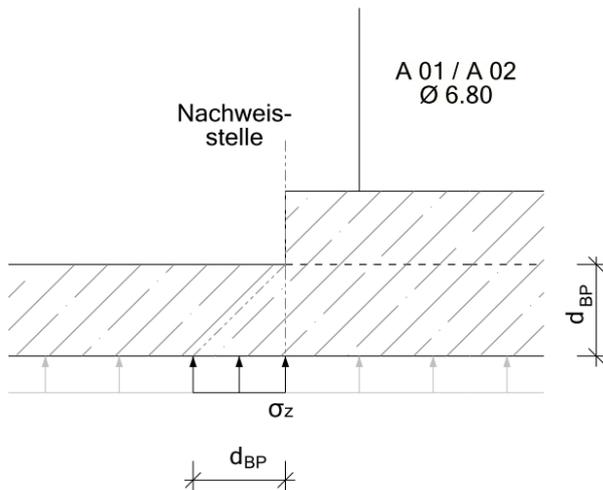


Abbildung 3.3.3-1: Systemskizze zur Ermittlung der einwirkenden Querkraft

Für die Berechnung der einwirkenden Querkraft entlang des Sockelanschnitts wird näherungsweise eine konstante Sohldruckbeanspruchung angenommen. Als statisches System wird idealisiert ein Kragträger mit der Länge d_{BP} angenommen. Dieser Ansatz ist stark vereinfacht und liegt auf der sicheren Seite, ist im Rahmen dieser überschlägigen Abschätzung allerdings vertretbar.

LFK 1

$$\sigma_z \sim 129,0 \text{ kN/m}^2$$

$$V_{Ed} \sim 129,0 \times 0,25 = 32,3 \text{ kN/m}$$

$$k = 1,0; \quad \rho = 0,01; \quad f_{ck} = 25 \text{ MN/m}^2$$

$$V_{Rd} = 0,10 \times 1 \times (0,01 \times 100 \times 25)^{1/3} \times 0,20 \times 10^3 = 58,5 \text{ kN/m}$$

$$V_{Ed} / V_{Rd} = 0,55 \leq 1 \checkmark$$

Die abgeschätzte Dicke der Bodenplatte von $h_{BP} = 25 \text{ cm}$ wird der folgenden Planung zugrunde gelegt.

3.3.4 Tankbeckenwände

Als System zur Vordimensionierung der Tankbeckenwände wird eine Winkelstützmauer in kiesigem Boden angesetzt [3].

$$H \sim 2,30 \text{ m}$$

$$h_{TW} = 0,07 \times 2,3 = 0,16 \text{ m}$$

Um die Ausführbarkeit der Tankbeckenwände zu gewährleisten und die Steifigkeit der Konstruktion zu erhöhen, wird $h_{TW} = 25 \text{ cm}$ gewählt.

3.3.5 Sockel der Apparate A 03 – A 05 (Sockel Typ 2)

Die Abmessungen der Sockel unter den Apparaten A03 – A05 sind stark abhängig von den konkret verwendeten Verbindungsmitteln. An dieser Stelle wird erfolgt die Abschätzung der Sockelabmessungen konstruktiv mit 1,0 m x 1,0 m.

Die Oberkante des Gitterrostes der Kopfbühne der Apparate A 01 bzw. A 02 befindet sich 11,115 m über der Oberkante des Sockels. Die Oberkante des Gitterrostes der Kopfbühne der Apparate A 03 – A 05 ist mit 11,0 m über der Oberkante der Sockel angegeben.

Um eine einheitliche Höhe zu gewährleisten ergibt sich eine Sockelhöhe von $h \sim 0,2 + 0,1 = 0,3 \text{ m}$ zzgl. der Höhenüberbrückung des Gefälles der Bodenplatte.

3.3.6 Sockel der Rohrbrückenstützen (Sockel Typ 3)

Die Grundrissabmessungen der Rohrbrückenstützen werden konstruktiv mit einem Überstand von 30 cm über die Stahlprofilaußenkanten vorgesehen. Es folgen Grundrissabmessungen von 100 cm x 90 cm.

Die Oberkante der Sockel wird gleich der Oberkante der Apparatesockel A 01 bzw. A 02 vorgesehen. Die Höhe beträgt somit 20 cm zzgl. dem Gefälle der Bodenplatte bis zur Position der Sockel.

3.4 Bemessung

3.4.1 Verankerung A 01 + A 02 / Socket Typ 1

3.4.1.1 statisches System und Einwirkungen

Die Apparate A 01 und A 02 werden jeweils durch zwölf gleichmäßig über den Umfang verteilte Ankerstangen in der Bodenplatte verankert. Die genaue Lage der Ankerstangen wird im Folgenden nicht angegeben, da diese sich nach Aspekten richten, die aus den Aufstellungsunterlagen nicht hervor gehen. Die Lagerpunkte müssen in der statischen Berechnung des Apparates selbst berücksichtigt werden. Infolgedessen wird auf eine Aussparung in den Betonsockeln verzichtet, die Ankerstangen werden einbetoniert.

Lastabtrag

Die Übertragung der Druckkräfte erfolgt über direkten Kontakt mit dem Sockel und wird rechnerisch nicht weiter betrachtet.

Da der Aufbau des Apparate Bodens nicht umfassend bekannt ist, wird auf der sicheren Seite liegend, der Abtrag von horizontal einwirkenden Belastungen lediglich über die Ankerstangen berechnet. Hier bleiben real vorhandene Tragreserven durch Reibung in der Scherfläche unberücksichtigt. Da der Ansatz der Horizontalkraft auf die Verankerungsstangen sehr konservativ ist, wird das entstehende Biegemoment im Anker im Rahmen dieser Betrachtungen nicht erfasst.

Darüber hinaus dienen die Ankerstangen der Aufnahme von abhebenden Belastungen.

System

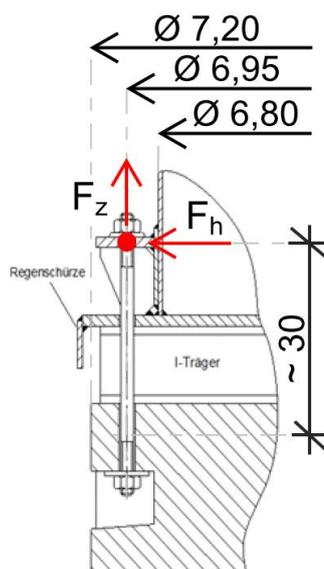


Abbildung 3.4.1-1: Systemskizze der Apparaten Verankerung

Ermittlung der maßgebenden Einwirkung

Gemäß DIN EN 14015, 12 [8] sind folgende Einwirkungskombinationen zu betrachten.

Zum einen die einwirkende Mantelzugkraft infolge des Überdrucks, kombiniert mit dem Eigengewicht der Konstruktion.

Zum anderen die Windbelastung der Flachbodentanks kombiniert mit dem Eigengewicht der Konstruktion, des Gewichts des Lagergutes und dem wirkenden Überdruck.

Darüber hinaus ist die Beanspruchung infolge der Windbelastung, lediglich überlagert mit dem Eigengewicht der Konstruktion zu betrachten.

Die zur Bemessung der Verankerung anzusetzende Windbelastung ist unter anderen Randbedingungen zu ermitteln als bereits unter 3.2.5.1 erfasst. Da die Windbelastungen gegenüber den Überdruckbeanspruchungen nicht maßgebend sind, wird auf eine erneute Ermittlung dieser verzichtet, und die Lastkombinationen, welche Windbeanspruchungen umfassen, entfallen.

Eine genauere Betrachtung einer Erdbebenbeanspruchung ist an dieser Stelle lediglich für die auftretenden Horizontalkräfte erforderlich. Die Momenten Beanspruchung durch eine Erdbebeneinwirkung, welche zu abhebenden Beanspruchung der Ankerstangen führen könnte, ist an das vertikal wirkende Gewicht des Apparates, bzw. seiner Füllung gekoppelt. Diese vertikalen Belastungen führen in jedem auftretenden Fall zu einer resultierenden Druckbeanspruchung, folglich treten in den Ankerstangen keine abhebenden Kräfte infolge einer Erdbebenbeanspruchung auf.

Einwirkungen

$$U = \pi \times 6,95 = 21,83 \text{ m}$$

$$U / 12 = 21,83 / 12 = 1,82 \text{ m}$$

Einwirkung	F _{z,k,i} [kN]	F _{h,k,i} [kN]
Eigengewicht	4,68 x 1,82 = 8,52	/
Überdruck	- 17,00 x 1,82 = - 30,94	/
Erdbeben	/	262,1 / 12 = 21,82

Tabelle 3.4.1.1-1: Zusammenstellung der Einwirkungen

Lastfallkombinationen

LFK 1 – 1,0 x EG + 1,50 x P
 F_{z,Ed} = 1,0 x 8,52 + 1,50 x (-30,94) = -37,89 kN

LFK 2 – 1,0 x EG + 0,8 x NL + 0,5 x S + 1,0 x AE
 F_{h,Ed} = = 21,82 kN

3.4.1.2 Nachweis der Zugbeanspruchung der Ankerstangen

Ankerstangen M16-10.9

$$d_0 = 18 \text{ mm}; \quad D_{\text{Scheibe}} = 30 \text{ mm}; \quad A_s = 157 \text{ mm}^2$$

$$F_{t,Ed} = 37,89 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = (0,9 \times 1.000 \times 157) / (1,25 \times 10^3) = 113,04 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} = 0,34 \leq 1,0 \checkmark$$

3.4.1.3 Nachweis der abhebenden Beanspruchungen

Die vertikalen Zugbeanspruchungen werden über die Unterlegscheiben der Ankerstangen in die Betonsockel übertragen. Bei zu hoher Belastung wäre ein Ausbrechen des Betons oberhalb der Lasteintragsstelle denkbar. Da der Aufbau des Apparatebodens nicht umfassend bekannt ist, wird an dieser Stelle auf einen Nachweis verzichtet. Es wird die Annahme getroffen das die vorgesehenen I-Profile ein Ausbrechen des Betons verhindern.

Darüber hinaus ist ein lokales Druckversagens des Betons über den Unterlegscheiben der Ankerstangen möglich. Der Nachweis wird hier überschlägig, ohne den Ansatz vorhandener Tragreserven infolge eines räumlichen Druckspannungszustandes, geführt.

Nachweis der Betondruckspannungen

$$A_{\text{eff}} = \pi \times ((30/2)^2 - (18/2)^2) = 452,4 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,Ed} = 37,89 / 4,524 = 8,38 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{c,Rd} = f_{cd} = 14,2 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{c,Ed} / \sigma_{c,Rd} = 0,59 \leq 1,0 \checkmark$$

3.4.1.4 Nachweis der horizontalen Lasteinleitung

$$F_{h,Ed} = 21,82 \text{ kN}$$

$$A_{s,erf.} = 21,82 / 43,5 = 0,5 \text{ cm}^2$$

⇒ gew. **1 x U Ø10** je Ankerstange

3.4.2 Verankerung A 03 – A 05 / Sockel Typ 2

Die Aufstellungsunterlagen definieren die Kreishohlprofile, auf die sich die Behälter aufstellen nicht. Es wird ein KHP244,5x12,5 angenommen

3.4.2.1 Statisches System und Einwirkungen

System

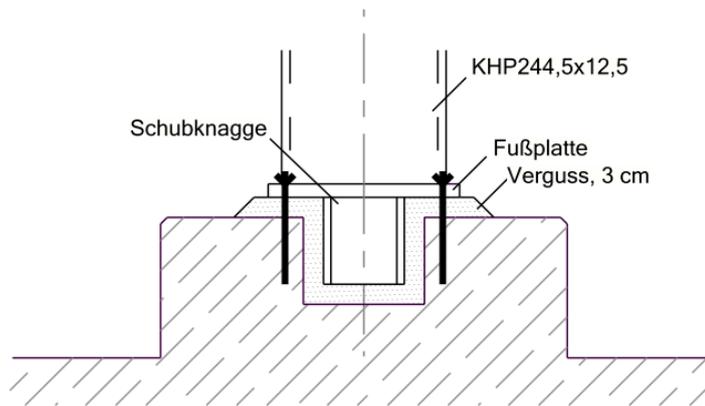


Abbildung 3.4.2-1: Systemskizze der Apparaten Verankerung

Druckbeanspruchungen werden durch Kontaktpressungen, ohne weiteren Nachweis an dieser Stelle, direkt in den Sockel eingeleitet.

Die Ankerstangen dienen der Aufnahme von auftretenden Zugbeanspruchungen. Horizontale Beanspruchungen werden über die vorgesehene Schubknagge in die Sockel übertragen.

Lastfallkombinationen

LFK 1 – 1,0 x EG + 1,50 x W (45°/ 135°/ 225°/ 315°)

$$F_{z,Ed} = -1,0 \times 25,0 + 1,50 \times 85,69 = 103,54 \text{ kN}$$

$$F_{x,Ed} = F_{y,Ed} = 1,50 \times 9,60 = 14,40 \text{ kN}$$

$$M_{x,Ed} = M_{y,Ed} = 1,50 \times 13,90 = 20,85 \text{ kNm}$$

LFK 2 – 1,0 x EG + 0,8 x Q + 0,5 x S + 1,0 x AE (45°/ 135°/ 225°/ 315°)

$$F_{z,Ed} = -1,0 \times 25,0 - 0,8 \times 275 - 0,5 \times 2,25 + 1,0 \times 108,9 = -137,22 \text{ kN}$$

$$F_{x,Ed} = F_{y,Ed} = 1,0 \times 17,13 = 17,13 \text{ kN}$$

$$M_{x,Ed} = M_{y,Ed} = 1,0 \times 24,80 = 24,80 \text{ kNm}$$

In LFK 2 tritt keine Zugbeanspruchung auf. Die Kombination ist für den Nachweis der Ankerstangen nicht weiter von Relevanz.

3.4.2.2 Nachweis der Verankerung

Es folgt der elektronisch geführte Nachweis der Verankerung, inklusive der Nachweise zur Sicherstellung der Tragfähigkeit der Fußplatte und des Sockels.

Die Nachweise werden ohne den Ansatz einer Sockelbewehrung geführt. Folglich kann die Bewehrung der Sockel konstruktiv erfolgen.



Hilti PROFIS Engineering 3.0.66

1 Anker Nachweise

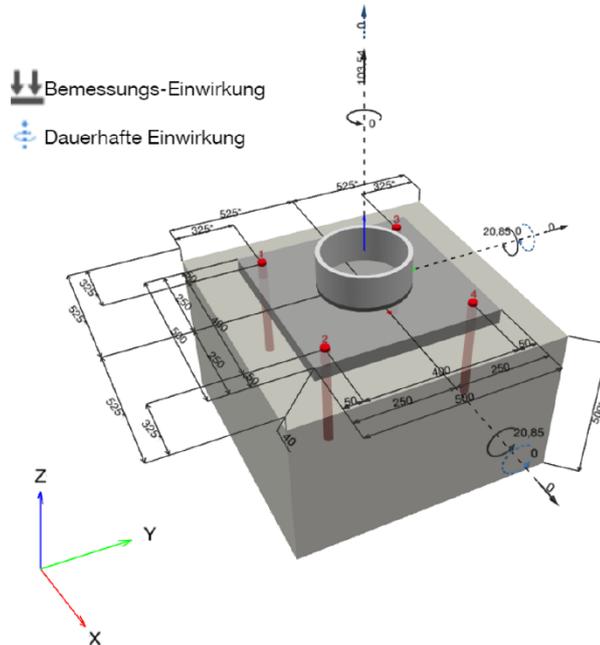
1.1 Eingabedaten

Dübeltyp und Größe:	HIT-HY 200-A + HAS-U A4 M24
Wiederkehrperiode (Lebensdauer in Jahren):	50
Artikelnummer:	2223933 HAS-U A4 M24x450 (Anker) / 2022696 HIT-HY 200-A (Mörtel)
Effektive Verankerungstiefe:	$h_{ef,act} = 250,0 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = - \text{ mm}$)
Werkstoff:	A4
Zulassungs-Nr.:	ETA 11/0493
Ausgestellt Gültig:	30.08.2019 -
Nachweis:	Bemessungsverfahren EN 1992-4, chemisch
Abstandsmontage:	$e_n = 0,0 \text{ mm}$ (Kein Abstand); $t = 40,0 \text{ mm}$
Ankerplatte ^{CBFEM} :	$l_x \times l_y \times t = 500,0 \text{ mm} \times 500,0 \text{ mm} \times 40,0 \text{ mm}$;
Profil:	Rundrohr, 244,5 x 12,5; (L x B x D) = 244,5 mm x 244,5 mm x 12,5 mm
Untergrund:	gerissener Beton, C25/30, $f_{c,cyl} = 25,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 500,0 \text{ mm}$, Temp. kurz/lang: 40/24 °C, Teilsicherheitsbeiwert für Werkstoff $\gamma_c = 1,500$
Installation:	Bohrloch: hammergebohrt, Installationsbed.: trocken
Bewehrung:	Keine Bewehrung oder Stababstand $\geq 150 \text{ mm}$ (jeder \emptyset) oder $\geq 100 \text{ mm}$ ($\emptyset \leq 10 \text{ mm}$) Keine Randlängsbewehrung



^{CBFEM} - Die Dübelberechnung basiert auf einer komponentenbasierten Finite-Elemente-Methode (CBFEM)

Geometrie [mm] & Belastungen [kN, kNm]





Hilti PROFIS Engineering 3.0.66

1.1.1 Lastkombination

Fall	Beschreibung	Kräfte [kN] / Momente [kNm]	Erdbeben	Feuer	Max. Ausnutzung [%]
1	LFK 1	N = 103,540; V _x = 0,000; V _y = 0,000; M _x = 20,850; M _y = 20,850; M _z = 0,000; N _{sus} = 0,000; M _{x,sus} = 0,000; M _{y,sus} = 0,000;	nein	nein	98

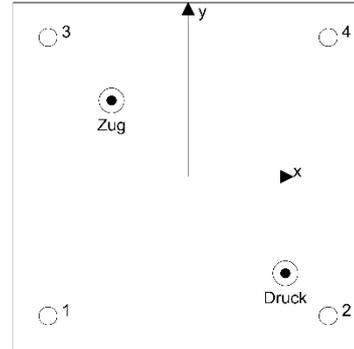
1.2 Lastfall/Resultierende Dübelkräfte

Resultierende Dübelkräfte [kN]

Normalkraft: +Zug -Druck

Dübel	Normalkraft	Querkraft	Querkraft x	Querkraft y
1	31,661	0,234	0,008	0,234
2	-0,003	0,002	-0,001	0,001
3	76,406	0,321	0,227	-0,227
4	31,673	0,234	-0,234	-0,008

resultierende Zugkraft in (x/y)=(-109,3/109,4): 139,737 [kN]
 resultierende Druckkraft in (x/y)=(138,8/-138,8): 42,411 [kN]



Die Dübelkraft wird auf Grundlage einer komponentenbasierten Finite-Elemente-Methode (CBFEM) berechnet

1.3 Zugbeanspruchung (EN 1992-4, Abschnitt 7.2.1)

	Einwirkung [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzung β _N [%]	Status
Stahlversagen*	76,406	132,139	58	OK
Kombiniertes Versagen Herausz. - Betonausbr.**	139,740	176,652	80	OK
Betonversagen**	139,740	142,666	98	OK
Spaltversagen**	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.

* ungünstigster Dübel **Dübelgruppe (Dübel unter Zug)

1.3.1 Stahlversagen

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{M,s}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

N _{Rk,s} [kN]	γ _{M,s}	N _{Rd,s} [kN]	N _{Ed} [kN]
247,100	1,870	132,139	76,406



Hilti PROFIS Engineering 3.0.66

1.3 Zugbeanspruchung (EN 1992-4, Abschnitt 7.2.1)

	Einwirkung [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzung β_N [%]	Status
Stahlversagen*	76,406	132,139	58	OK
Kombiniertes Versagen Herausz. - Betonausbr.**	139,740	176,652	80	OK
Betonversagen**	139,740	142,666	98	OK
Spaltversagen**	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.

* ungünstigster Dübel **Dübelgruppe (Dübel unter Zug)

1.3.1 Stahlversagen

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{M,s}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
247,100	1,870	132,139	76,406

1.3.2 Kombiniertes Versagen Herausz. - Betonausbr.

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{M,p}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec1,Np} \cdot \psi_{ec2,Np} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.13)}$$

$$N_{Rk,p}^0 = \psi_{sus} \cdot \tau_{Rk} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.14)}$$

$$\psi_{sus} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.14a)}$$

$$s_{cr,Np} = 7,3 \cdot d \cdot \sqrt{\psi_{sus} \cdot \tau_{Rk}} \leq 3 \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.15)}$$

$$\psi_{g,Np} = \psi_{g,Np}^0 - \left(\frac{s}{s_{cr,Np}}\right)^{0,5} \cdot (\psi_{g,Np}^0 - 1) \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.17)}$$

$$\psi_{g,Np}^0 = \sqrt{\bar{n}} - (\sqrt{\bar{n}} - 1) \cdot \left(\frac{\tau_{Rk}}{\tau_{Rk,c}}\right)^{1,5} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.18)}$$

$$\tau_{Rk,c} = \frac{k_3}{\pi \cdot d} \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ck}} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.19)}$$

$$\psi_{s,Np} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.20)}$$

$$\psi_{ec1,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c1,N}}{s_{cr,Np}}\right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.21)}$$

$$\psi_{ec2,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c2,N}}{s_{cr,Np}}\right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.21)}$$

$$h_{ef} = \max\left(\frac{c_{max}}{c_{cr,Np}}, \frac{s_{max}}{s_{cr,Np}}\right) \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.9)}$$

$A_{p,N}$ [mm ²]	$A_{p,N}^0$ [mm ²]	$\tau_{Rk,ucr,20}$ [N/mm ²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]
942.500	422.500	18,00	743,3	371,7	325,0	25,00
h_{ef} [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	$s_{cr,Np}$ [mm]				
218,6	325,0	650,0				
ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm ²]	k_3	$\tau_{Rk,c}$ [N/mm ²]	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$	
1,025	9,22	7,700	7,55	1,000	1,000	
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$	
42,7	0,884	42,7	0,884	1,000	1,000	
ψ_{sus}^0	α_{sus}	ψ_{sus}				
0,740	0,000	1,000				
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Ed} [kN]		
152,036	264,979	1,500	176,652	139,740		

Gruppe Dübel-ID
1, 3, 4



Hilti PROFIS Engineering 3.0.66

1.3.3 Betonversagen

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{M,c}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.1}$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec1,N} \cdot \psi_{ec2,N} \cdot \psi_{M,N} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.1)}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.2)}$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.3)}$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.4)}$$

$$\psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N1}}{s_{cr,N}}\right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.6)}$$

$$\psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N2}}{s_{cr,N}}\right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.6)}$$

$$\psi_{M,N} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.7)}$$

$$h_{ef} = \max\left(\frac{c_{max}}{c_{cr,N}}, \frac{s_{max}}{s_{cr,N}}\right) \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.9)}$$

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]		
942.500	422.500	375,0	750,0	25,00		
h_{ef} [mm]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]				
216,7	325,0	650,0				
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	
42,7	0,884	42,7	0,884	1,000	1,000	
z [mm]	$\psi_{M,N}$	k_1	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
350,9	1,000	7,700	122,786	1,500	142,666	139,740
Gruppe Dübel-ID						
1, 3, 4						



Hilti PROFIS Engineering 3.0.66

1.4 Querbeanspruchung (EN 1992-4, Abschnitt 7.2.2)

	Einwirkung [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzung β_v [%]	Status
Stahlversagen ohne Hebelarm*	0,321	79,231	1	OK
Stahlversagen mit Hebelarm*	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite*	0,321	106,802	1	OK
Betonkantenbruch, Richtung x-**	0,517	78,245	1	OK

* ungünstigster Dübel **Dübelgruppe (relevante Dübel)

1.4.1 Stahlversagen ohne Hebelarm

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{M,s}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.2}$$

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.35)}$$

$V_{Rk,s}^0$ [kN]	k_7	$V_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
123,600	1,000	123,600	1,560	79,231	0,321

1.4.2 Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite (Betonausbruch maßgebend)

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{M,c,p}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.2}$$

$$V_{Rk,cp} = k_3 \cdot \min\{N_{Rk,c}^0; N_{Rk,p}\} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.39c)}$$

$$N_{Rk,c}^0 = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}^0}{A_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec1,N} \cdot \psi_{ec2,N} \cdot \psi_{M,N} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.1)}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.2)}$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.3)}$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.4)}$$

$$\psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{v,1}}{s_{cr,N}}\right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.6)}$$

$$\psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{v,2}}{s_{cr,N}}\right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.6)}$$

$$\psi_{M,N} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.7)}$$

$$h_{ef}^0 = \max\left(\frac{c_{cr,N}^{\max}}{c_{cr,N}}, \frac{s_{cr,N}^{\max}}{s_{cr,N}}\right) \cdot h_{ef} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.9)}$$

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	k_3	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]	
275.625	422.500	375,0	750,0	2,000	25,00	
h_{ef} [mm]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]				
216,7	325,0	650,0				
$e_{e1,v}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{e2,v}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	$\psi_{M,N}$
9.767,2	0,032	2.932,4	0,100	1,000	1,000	1,000
k_1	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,cp}$ [kN]	V_{Ed} [kN]		
7,700	122,786	1,500	106,802	0,321		

Gruppe Dübel-ID
3



Hilti PROFIS Engineering 3.0.66

1.4.3 Betonkantenbruch, Richtung x-

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{M,c}} \quad \text{EN 1992-4, Tabelle 7.2}$$

$$V_{Rk,c} = k_T \cdot V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,v}}{A_c^0} \cdot \psi_{s,v} \cdot \psi_{h,v} \cdot \psi_{\alpha,v} \cdot \psi_{ec,v} \cdot \psi_{re,v} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.40)}$$

$$V_{Rk,c}^0 = k_g \cdot d_{nom}^\alpha \cdot l_f^\beta \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c_1^{1,5} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.41)}$$

$$\alpha = 0,1 \cdot \left(\frac{l_f}{c_1}\right)^{0,5} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.42)}$$

$$\beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1}\right)^{0,2} \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.43)}$$

$$A_{c,v}^0 = 4,5 \cdot c_1^2 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.44)}$$

$$\psi_{s,v} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5 \cdot c_1} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.45)}$$

$$\psi_{h,v} = \left(\frac{1,5 \cdot c_1}{h}\right)^{0,5} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.46)}$$

$$\psi_{ec,v} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_v}{3 \cdot c_1}\right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.47)}$$

$$\psi_{\alpha,v} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_v)^2 + (0,5 \cdot \sin \alpha_v)^2}} \geq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Gl. (7.48)}$$

l_f [mm]	d_{nom} [mm]	k_g	α	β	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]
250,0	24,00	1,700	0,088	0,059	25,00
c_1 [mm]	$A_{c,v}$ [mm ²]	$A_{c,v}^0$ [mm ²]			
325,0	511.875	475.312			
$\psi_{s,v}$	$\psi_{h,v}$	$\psi_{\alpha,v}$	$e_{c,v}$ [mm]	$\psi_{ec,v}$	$\psi_{re,v}$
0,900	1,000	1,571	90,2	0,844	1,000
$V_{Rk,c}$ [kN]	k_T	$\gamma_{M,c}$	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Ed} [kN]	
91,347	1,0	1,500	78,245	0,517	

1.5 Kombinierte Zug- und Querbeanspruchung (EN 1992-4, Abschnitt 7.2.3)

Stahlversagen

β_N	β_V	α	Ausnutzung $\beta_{N,V}$ [%]	Status
0,578	0,004	2,000	34	OK

$$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1,0$$

Betonversagen

β_N	β_V	α	Ausnutzung $\beta_{N,V}$ [%]	Status
0,979	0,007	1,000	83	OK

$$(\beta_N + \beta_V) / 1,2 \leq 1,0$$



Hilti PROFIS Engineering 3.0.66

1.6 Warnungen / Hinweise

- Die Bemessungsmethoden in PROFIS Engineering erfordern starre, unter Belastung eben bleibende Ankerplatten nach den geltenden Vorschriften (ETAG 001 / Anhang C, EOTA TR029 usw.). Dies bedeutet, dass die Lastverteilung auf die Anker aufgrund elastischer Verformungen der Ankerplatte nicht berücksichtigt wird - die Ankerplatte wird als ausreichend steif angenommen, um unter Belastung stets eben zu bleiben. PROFIS Engineering berechnet die minimal erforderliche Ankerplattenstärke mit CBFEM, um die Spannung der Ankerplatte auf der Grundlage der oben erläuterten Annahmen zu begrenzen. Der Nachweis der Gültigkeit der starren Grundplattenannahme erfolgt nicht durch PROFIS Engineering. Die Eingabedaten und Ergebnisse müssen auf Übereinstimmung mit den vorhandenen Bedingungen und auf Plausibilität geprüft werden!
- Die Lasteinleitung in den Untergrund muss gewährleistet sein gemäß EN 1992-4, Anhang A.
- Achtung! Im Falle von Druckkräften muss der Nachweis der Knicksicherheit, lokalen Druckkräfteinleitung und Kraftweiterleitung im Bauteil (inkl. Durchstanzen) zusätzlich erbracht werden.
- Die Bemessung ist nur gültig, solange der Durchmesser des Loches in der Ankerplatte kleiner ist als die Werte in Tabelle 6.1 der Norm EN 1992-4. Für größere Durchmesser der Durchgangslöcher siehe Abs. 6.2.2 der Norm EN 1992-4.
- Die Liste der Zubehörteile in diesem Bericht ist nur zur Information des Anwenders. Die Setzanweisungen, die mit dem Produkt mitgeliefert werden, sind stets zu beachten, um eine korrekte Installation zu gewährleisten.
- Für die Bestimmung des $\psi_{re,v}$ (Betonkantenversagen) wird eine Betondeckung der Randlängsbewehrung von $c = 30$ mm angenommen
- Die Reinigung ist gemäß Gebrauchsanweisung durchzuführen. (2-maliges Ausblasen mit ölfreier Druckluft (min. 6 bar), 2-maliges Ausbürsten und 2-maliges Ausblasen mit ölfreier Druckluft (min. 6 bar)).
- Die zulässigen Verbundspannungswerte sind von den vorliegenden Kurz- und Langzeittemperaturen abhängig.
- Randbewehrung zur Verhinderung des Spaltens des Betons nicht erforderlich!
- Die Dübelbemessungsverfahren in PROFIS Engineering erfordern starre Ankerplatten gemäß den geltenden Vorschriften (AS 5216:2018, ETAG 001/Anhang C, EOTA TR029 usw.). Dies bedeutet, dass die Ankerplatte ausreichend steif sein sollte, um eine Lastverteilung auf die Dübel durch elastische/plastische Verschiebungen zu verhindern. Der Anwender akzeptiert, dass die Ankerplatte durch technische Beurteilung als nahezu starr betrachtet wird."
- Die charakteristischen Verbundspannungswerte sind abhängig von der Wiederkehrperiode (Lebensdauer in Jahren): 50



Hilti PROFIS Engineering 3.0.66

1.7 Installationsdaten

Ankerplatte, Stahl: S 235; E = 210.000,00 N/mm²; f_{yk} = 235,00 N/mm²
 Profil: Rundrohr, 244,5 x 12,5; (L x B x D) = 244,5 mm x 244,5 mm x 12,5 mm

Dübeltyp und Größe: HIT-HY 200-A + HAS-U A4 M24
 Artikelnummer: 2223933 HAS-U A4 M24x450 (Anker) /
 2022696 HIT-HY 200-A (Mörtel)

Durchmesser Durchgangsloch: d_i = 26,0 mm
 Plattendicke (Eingabe): 40,0 mm

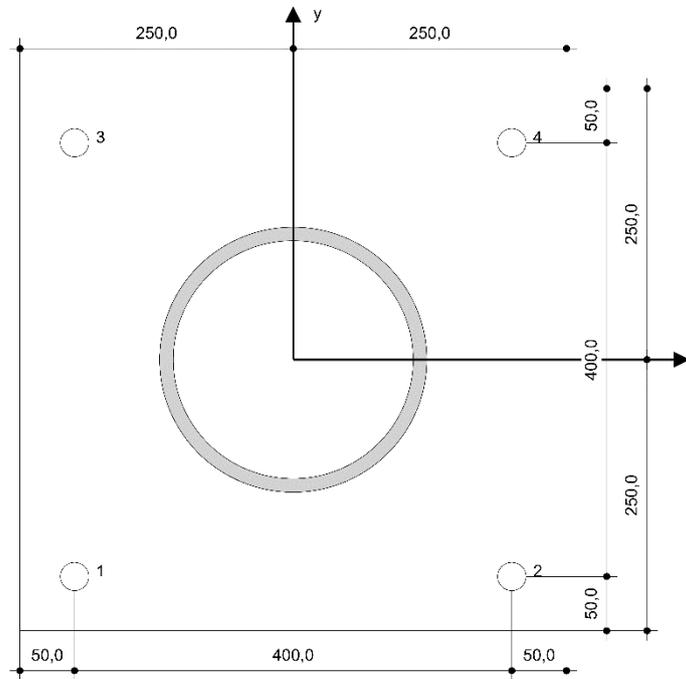
Anzugsdrehmoment: 200 Nm
 Durchmesser Bohrloch im Untergrund: 28,0 mm
 Bohrlochtiefe im Untergrund: 250,0 mm
 Minimale Bauteildicke: 306,0 mm

Bohrmethode: Hammergebohrt
 Reinigungsart: Druckluftreinigung des Bohrloches ist erforderlich

Hilti HAS-U Gewindestange mit HIT-HY 200 Injektionssystem mit 250 mm Verankerungstiefe h_{ef}, M24, Rostfreier Stahl, SAFEset –
 Automatische Reinigung Hammerbohren, Installation gemäß ETA 11/0493

1.7.1 Erforderliches Zubehör

Bohren	Reinigen	Installieren
<ul style="list-style-type: none"> • Geeigneter Hammerbohrer • Hammerbohrer geeigneten Durchmessers 	<ul style="list-style-type: none"> • Druckluft mit erforderlichen Zubehöerteilen um das Loch von unten auszublasen • Drahtbürste korrekter Durchmesser 	<ul style="list-style-type: none"> • Auspressgeräte einschließlich Kassette und Mischer • Drehmomentschlüssel



Koordinaten Dübel [mm]

Dübel	x	y	c _{-x}	c _{+x}	c _{-y}	c _{+y}
1	-200,0	-200,0	325,0	725,0	325,0	725,0
2	200,0	-200,0	725,0	325,0	325,0	725,0
3	-200,0	200,0	325,0	725,0	725,0	325,0
4	200,0	200,0	725,0	325,0	725,0	325,0



Hilti PROFIS Engineering 3.0.66

2 Bemessung der Ankerplatte

2.1 Eingabedaten

Ankerplatte: Form: Rechteck
 $l_x \times l_y \times t = 500,0 \text{ mm} \times 500,0 \text{ mm} \times 40,0 \text{ mm}$
 Berechnung: wirklichkeitsnah
 Werkstoff: S 235; $F_y = 235,00 \text{ N/mm}^2$; $\epsilon_{lim} = 5,00\%$

Dübeltyp und -größe: HIT-HY 200-A + HAS-U A4 M24, $h_{ef} = 250,0 \text{ mm}$

Dübelsteifigkeit: Der Dübel wird unter Berücksichtigung von Federsteifigkeitswerten modelliert, die anhand von einem unabhängigen Labor geprüften Lastwechselkurven ermittelt wurden. Bitte beachten Sie, dass ein einfacher Austausch des Dübels nicht möglich ist, da die Dübelsteifigkeit einen großen Einfluss auf die Lastverteilung hat.

Bemessungsverfahren: Bemessung auf EN-Basis Verwendung der Komponenten-basierten FEM
 Abstandsmontage: $e_b = 0,0 \text{ mm}$ (Keine Abstandsmontage); $t = 40,0 \text{ mm}$

Profil: $244,5 \times 12,5$; (L x W x T x FT) = $244,5 \text{ mm} \times 244,5 \text{ mm} \times 12,5 \text{ mm} \times$ -
 Werkstoff: S 235; $F_y = 235,00 \text{ N/mm}^2$; $\epsilon_{lim} = 5,00\%$
 Exzentrizität x: $0,0 \text{ mm}$
 Exzentrizität y: $0,0 \text{ mm}$

Untergrund: Gerissener Beton; C25/30; $f_{c,cyl} = 25,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 500,0 \text{ mm}$; $E = 31.000,00 \text{ N/mm}^2$; $G = 12.916,67 \text{ N/mm}^2$; $\nu = 0,20$

Schweißnähte (Profil - Ankerplatte): Art der Umverteilung: Plastisch
 Werkstoff: S 235

Netzweite: Anzahl der Elemente am Rand: 8
 Min. Größe des Elements: $10,0 \text{ mm}$
 Max. Größe des Elements: $50,0 \text{ mm}$

2.2 Zusammenfassung

	Beschreibung	Profil		Ankerplatte		Beton [%]	
		$\sigma_{Ed} [\text{N/mm}^2]$	$\epsilon_{pl} [\%]$	$\sigma_{Ed} [\text{N/mm}^2]$	$\epsilon_{pl} [\%]$	Lochleibung [%]	
1	LFK 1	190,34	0,00	124,57	0,00	1	0

2.3 Klassifizierung der Ankerplatte

Für die entscheidenden Lastkombinationen werden die Ergebnisse unten angezeigt: LFK 1

Dübel-Zugkräfte	Gleichwertige biegesteife Ankerplatte (FEM)	wirklichkeitsnahe Ankerplattenbemessung (FEM)
Dübel 1	32,657 kN	31,661 kN
Dübel 2	-0,004 kN	-0,003 kN
Dübel 3	72,342 kN	76,406 kN
Dübel 4	32,652 kN	31,673 kN

Der Anwender ist damit einverstanden, die ausgewählte Ankerplatte nach seinem technischen Urteil als biegesteif zu betrachten. Das bedeutet, dass die Bemessungsvorgaben für Dübel angewendet werden können.



Hilti PROFIS Engineering 3.0.66

2.4 Profil/Versteifungen/Platte

Profil und Versteifungen werden auf der Ebene der Stahl-Beton-Verbindung geprüft. Die Bemessung der Verbindung ersetzt nicht die Stahlbemessung bei kritischen Querschnitten, die außerhalb von PROFIS Engineering durchgeführt werden sollte.

2.4.1 Vergleichsspannung und plastische Dehnung

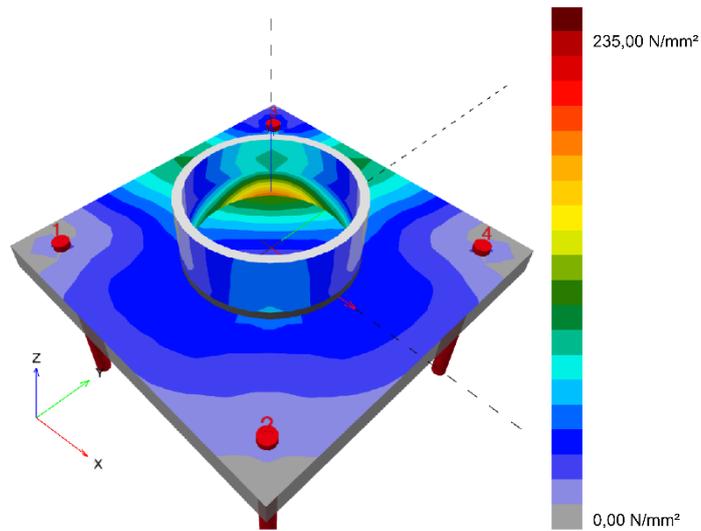
Grenzzustandskriterien gemäß EN 1993-1-5, Anhang C.8, (1) 2.

Ergebnisse

Teil	Lastkombination	Werkstoff	σ_{Ed} [N/mm ²]	ϵ_{pl} [%]	f_y [N/mm ²]	γ_{M0}	f_y/γ_{M0} [N/mm ²]	ϵ_{lim} [%]	Status
Platte	LFK 1	S 235	124,57	0,00	235,00	1,00	235,00	5,00	OK
Profil	LFK 1	S 235	190,34	0,00	235,00	1,00	235,00	5,00	OK

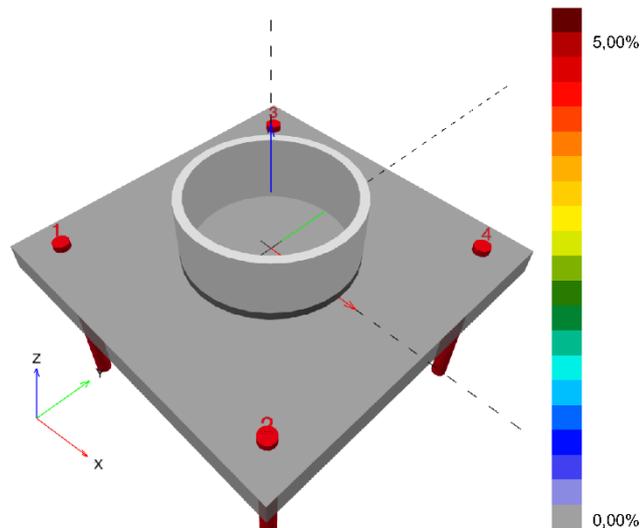
2.4.1.1 Vergleichsspannung

Für die entscheidenden Lastkombination werden die Ergebnisse unten angezeigt: 1 - LFK 1



2.4.1.2 Plastische Dehnung

Für die entscheidenden Lastkombination werden die Ergebnisse unten angezeigt: 1 - LFK 1





Hilti PROFIS Engineering 3.0.66

2.4.2 Lochleibung

Maßgebende Lastkombination: 1 - LFK 1

Lochleibungswiderstand, EN 1993-1 - 8, Abschnitt 3.6.1:

Gleichungen

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 a_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$$

$$\text{Ausnutzung} = \frac{V_{Ed}}{F_{b,Rd}}$$

Variablen

	k_1	a_b	f_u [N/mm ²]	d [mm]	t [mm]	γ_{M2}
Dübel 1	2,50	0,64	360,00	24,0	40,0	1,25
Dübel 2	2,50	1,00	360,00	24,0	40,0	1,25
Dübel 3	2,50	0,91	360,00	24,0	40,0	1,25
Dübel 4	2,50	0,64	360,00	24,0	40,0	1,25

Ergebnisse

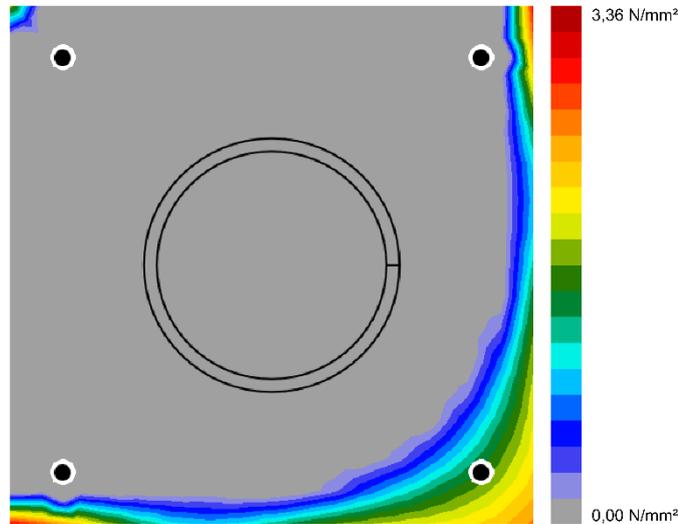
	V_{Ed} [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Ausnutzung [%]	Status
Dübel 1	0,234	443,344	1	OK
Dübel 2	0,001	691,200	1	OK
Dübel 3	0,321	625,790	1	OK
Dübel 4	0,234	443,364	1	OK

2.5 Beton

Maßgebende Lastkombination: 1 - LFK 1

Gemäß EN 1992-1-1, Abschnitt 6.7(4), sollte der Beton ausreichend bewehrt sein, um die durch die Befestigung der Vorrichtung entstehenden Zugkräfte zu berücksichtigen. Die Definition der Bewehrung im Beton liegt nicht im Anwendungsbereich von PROFIS Engineering.

2.5.1 Druckverteilung im Beton unter der Ankerplatte



2.5.2 Nachweis der Druckverteilung im Beton unter der Ankerplatte gemäß EN 1992-1, Abschnitt 6.7, und EN 1993-1-8, Abschnitt 6.2.5

Gleichungen

$$f_{jd} = \frac{\beta_j k_j \alpha_{cc} f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$\sigma = \frac{N}{A_{eff}}$$

$$\text{Ausnutzung} = \frac{\sigma}{f_{jd}}$$

Variablen

N [kN]	A_{eff} [mm ²]	β_j	k_j	α_{cc}	f_{ck} [N/mm ²]	γ_c
42,411	0	0,67	0,00	0,85	25,00	1,50

Ergebnisse

σ [N/mm ²]	f_{jd} [N/mm ²]	Ausnutzung [%]	Status
0,00	0,00	0	OK



Hilti PROFIS Engineering 3.0.66

2.6 Symbolerklärung

a_b	Faktor
α_{cc}	Langfristige Auswirkungen auf die maximale Festigkeit des Betons
A_{eff}	Wirksame Fläche
β_j	Fugenkoeffizient β_j
d	Nenndurchmesser des Bolzens
ϵ_{lim}	Grenzwert für plastische Verformung
ϵ_{pl}	Plastische Dehnung aus CBFEM-Ergebnissen
$F_{b,Rd}$	Lochleibung der Platte EN 1993-1-8 Tab. 3.4
f_{ck}	Charakteristische Betondruckfestigkeit
f_{jd}	Endgültige Tragfähigkeit des Betonblocks
f_u	Zugfestigkeit
f_y	Streckgrenze
γ_c	Betriebsfaktor - SP 16, Tabelle 41
γ_{M0}	Stahl Sicherheitsfaktor gamma M0
γ_{M2}	Stahl Sicherheitsfaktor gamma M2
k_1	Faktor für Randabstand und Schraubenabstand senkrecht zur Lastrichtung - EN 1993-1-8 - Tabelle 3.4
k_j	Konzentrationsfaktor, $\min(\sqrt{A_{c1}/A_{c0}}, 3)$
N	Resultierende Druckkraft
σ	Durchschnittliche Spannung im Beton
σ_{Ed}	Vergleichsspannung
t	Dicke der Grundplatte
V_{Ed}	Dübel-Querkraft

2.7 Warnungen / Hinweise

- Durch die Verwendung der Funktion zur wirklichkeitsnahen Berechnung in PROFIS Engineering könnten Sie außerhalb der geltenden Bemessungsregeln arbeiten wenn Ihre vorgegebene Ankerplatte nicht biegesteif zu betrachten ist. Bitte lassen Sie die Ergebnisse von einem professionellen Planer und/oder Statiker prüfen, um die Eignung und Angemessenheit für Ihre spezifischen rechtlichen und projektspezifischen Anforderungen sicherzustellen.
- Der Dübel wird unter Berücksichtigung von Federsteifigkeitswerten modelliert, die anhand von einem unabhängigen Labor geprüften Lastwechselkurven ermittelt wurden. Bitte beachten Sie, dass ein einfacher Austausch des Dübels nicht möglich ist, da die Dübelsteifigkeit einen großen Einfluss auf die Lastverteilung hat.

3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Bemessung von Ankerplatte, Dübeln, Schweißnähten und anderen Elemente auf Basis von CBFEM (komponentenbasierte Finite-Elemente-Methode) und den Eurocode-Regelungen.

	Lastkombination	Max. Auslastung	Status
Dübel	LFK 1	98%	OK
Ankerplatte	LFK 1	54%	OK
Beton	LFK 1	0%	OK
Profil	LFK 1	81%	OK

Nachweis der Verankerung: OK!

3.4.2.3 Nachweis der horizontalen Lasteinleitung

Schubknagge:	HEB120, S235		
Länge der Schubknagge:	l	$=$	10 cm
Hebelarm der horizontalen Belastung:	h	$=$	$3 + (10 - 3) / 2 = 6,5$ cm
Druckspannungsfläche:	A_c	$=$	$10 \times (10 - 3) = 70$ cm ²

Maßgebende Einwirkung: Erdbeben

LF 1 – AE (0°/ 90°/ 180°/ 270°)

$$F_{h,AE} = 24,6 \text{ kN}$$

$$M_{y,AE} = 24,6 \times 0,065 = 1,6 \text{ kNm}$$

LF 2 – AE (45°/ 135°/ 225°/ 315°)

$$F_{h,AE} = F_{y,AE} = 17,7 \text{ kN}$$

$$M_{y,AE} = M_{z,AE} = 17,7 \times 0,065 = 1,15 \text{ kNm}$$

System

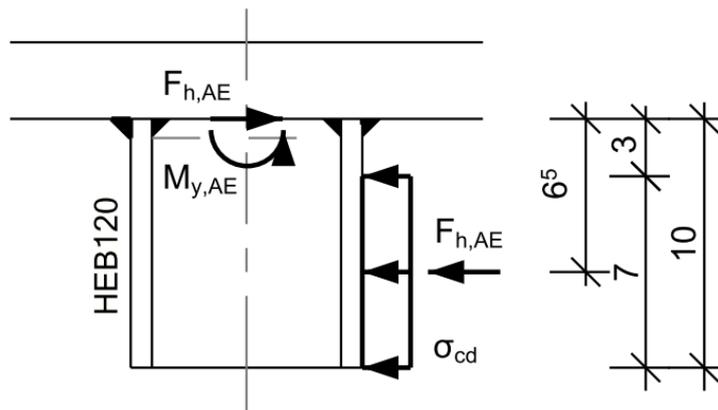


Abbildung 3.4.2-2: Systemskizze der Schubknagge

Nachweis der Betondruckspannungen

$$\sigma_{c,Rd} = f_{cd} = 1,42 \text{ kN/cm}^2$$

LF 1

$$\sigma_{c,Ed} = 24,6 / 70 = 0,35 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{c,Ed} / \sigma_{c,Rd} = 0,25 \leq 1,0 \checkmark$$

LF 2

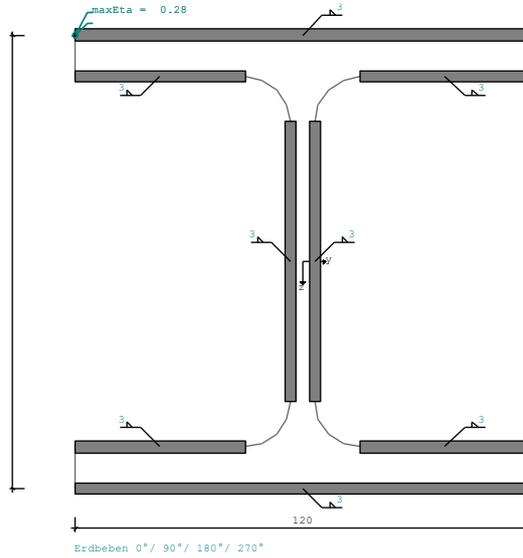
$$\sigma_{c,Ed} = 17,7 / 70 = 0,25 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{c,Ed} / \sigma_{c,Rd} = 0,18 \leq 1,0 \checkmark$$

Nachweis der Schubknagge inkl. der Schweißnähte

Schweißnaht ST5 01/2020 (Frilo R-2020-1/P08)

Maßstab 1:2



System			
Norm:	DIN EN 1993		
Profil:	HEB 120		
	A= 34,00 cm ²	I _y = 864,0 cm ⁴	I _z = 318,0 cm ⁴
	h= 120,0 mm	t _w = 6,5 mm	r = 12,0 mm
	b= 120,0 mm	t _r = 11,0 mm	
Stahl:	S235		
	f _y = 235,0 N/mm ²	f _{vwd} = 207.8 N/mm ²	β _w = 0.80
	f _u = 360,0 N/mm ²	γ _{M0} = 1.00	γ _{M2} = 1.25
τ _w wird mit V _z / A _{wz} und V _y / A _{wy} berechnet			
Geometrie der Kehlnähte			
l _w =	74,0 mm	a _w = 3,0 mm	Stegnaht beidseitig
l _w =	120,0 mm	a _w = 3,0 mm	Flanschnaht außen
l _w =	44,7 mm	a _w = 3,0 mm	Flanschnaht innen
Schweißnahtfläche		Flächenmomente 2.Grades der Schweißnähte	
A _w =	17.01 cm ²	I _{w,y} =	408.49 cm ⁴
A _{w,z} =	4.44 cm ²	I _{w,z} =	171.88 cm ⁴
A _{w,y} =	12.57 cm ²	I _{w,yz} =	0.00 cm ⁴

Anschlusschnittkräfte γ_F -fach					
Lastfall	N_d [kN]	$M_{y,d}$ [kNm]	$V_{z,d}$ [kN]	$M_{z,d}$ [kNm]	$V_{y,d}$ [kN]
1. Erdbeben 0°/ 90°/ 180°/ 270°	0	0	0	1,60	24,60
2. Erdbeben 45°/ 135°/ 225°/ 315°	0	1,15	17,70	1,15	17,70

Ergebnisse Nr. 1 Erdbeben 0°/ 90°/ 180°/ 270°
$N_d = 0,00$ kN; $M_{y,d} = 0,00$ kNm; $V_{z,d} = 0,00$ kN; $M_{z,d} = 1,60$ kNm; $V_{y,d} = 24,80$ kNm

Spannungen an den Schweißnähten					
σ_{wd}	=	-55,9 N/mm ²	Flanschnaht außen		
$T_{wd,Vy,d}$	=	24,6 kN / $A_{wy} = 12,6$ cm ²	=	19,6 N/mm ²	
σ_{wdV}	=	59,2 N/mm ²	Flanschnaht außen		
σ_{wd}	=	-55,9 N/mm ²	/	$\sigma_{w,Rd} = 207,8$ N/mm ²	$\eta = 0,27 < 1$
T_{wd}	=	19,6 N/mm ²	/	$T_{w,Rd} = 207,8$ N/mm ²	$\eta = 0,09 < 1$
σ_{wdV}	=	59,2 N/mm ²	/	$\sigma_{w,Rd} = 207,8$ N/mm ²	$\eta = 0,28 < 1$

Nachweis der Kehlnähte nach 4.5.3.3 Vereinfachtes Verfahren					
Biegung und Normalkraft					
$F_{w,Ed,N}$	=	-1,68 kN/cm	=	3,0 mm (a_w) x	-55,9 N/mm ²
$F_{w,Rd}$	=	$a_w \times f_{vw,d}$	=	3,0 mm	x 207,8 N/mm ²
$F_{w,Ed,N}$	=	-1,68 kN/cm	/	$F_{w,Rd} = 6,24$ kN/cm	$\eta = 0,27 < 1$
Schubbeanspruchung					
$F_{w,Ed,Vy}$	=	24,60 kN			
$F_{w,Rd}$	=	$A_{wy} \times f_{vw,d}$	=	1257,0 mm ² x	207,8 N/mm ²
$F_{w,Ed,Vy}$	=	24,60 kN	/	$F_{w,Rd} = 261,26$ kN	$\eta = 0,09 < 1$
Kombinierte Beanspruchung					
$F_{w,Ed}$	=	1,78 kN/cm	=	3,0 mm(a_w) x	59,2 N/mm ²
$F_{w,Rd}$	=	$a_w \times f_{vw,d}$	=	3,0 mm	x 207,8 N/mm ²
$F_{w,Ed}$	=	1,78 kN/cm	/	$F_{w,Rd} = 6,24$ kN/cm	$\eta = 0,28 < 1$

Nachweis des Profils: Querschnittsklasse	1
---	----------

Nachweis nach (6.1)					
σ_d	=	30,2 N/mm ²	/	$\sigma_{Rd} = 235,0$ N/mm ²	$\eta = 0,13 < 1$
T_d	=	13,9 N/mm ²	/	$T_{Rd} = 135,7$ N/mm ²	$\eta = 0,10 < 1$
σ_{dV}	=	39,2 N/mm ²	/	$\sigma_{Rd} = 235,0$ N/mm ²	$\eta = 0,13 < 1$

Ergebnisse Nr. 2 Erdbeben 45°/ 135°/ 225°/ 315°
$N_d = 0,00 \text{ kN}; M_{y,d} = 1,15 \text{ kNm}; V_{z,d} = 17,70 \text{ kN}; M_{z,d} = 1,15 \text{ kNm}; V_{y,d} = 17,70 \text{ kNm}$

Spannungen an den Schweißnähten			
σ_{wd}	=	57,0 N/mm ²	Flanschnaht außen
$T_{wd,Vzd}$	=	17,7 kN / $A_{wz} = 4,4 \text{ cm}^2$	= 39,9 N/mm ²
$T_{wd,Vyd}$	=	17,7 kN / $A_{wy} = 12,6 \text{ cm}^2$	= 14,1 N/mm ²
σ_{wdV}	=	58,7 N/mm ²	Flanschnaht außen
σ_{wd}	=	57,0 N/mm ²	/ $\sigma_{w,Rd} = 207,8 \text{ N/mm}^2$ $\eta = 0,27 < 1$
T_{wd}	=	39,9 N/mm ²	/ $T_{w,Rd} = 207,8 \text{ N/mm}^2$ $\eta = 0,19 < 1$
σ_{wdV}	=	58,7 N/mm ²	/ $\sigma_{w,Rd} = 207,8 \text{ N/mm}^2$ $\eta = 0,28 < 1$

Nachweis der Kehlnähte nach 4.5.3.3 Vereinfachtes Verfahren			
Biegung und Normalkraft			
$F_{w,Ed,N}$	=	1,71 kN/cm	= 3,0 mm (a_w) x 57,0 N/mm ²
$F_{w,Rd}$	=	$a_w \times f_{vw,d}$	= 3,0 mm x 207,8 N/mm ²
$F_{w,Ed,N}$	=	1,71 kN/cm	/ $F_{w,Rd} = 6,24 \text{ kN/cm}$ $\eta = 0,27 < 1$
Schubbeanspruchung			
$F_{w,Ed,Vz}$	=	17,70 kN	
$F_{w,Rd}$	=	$A_w \times f_{vw,d}$	= 444,0 mm ² x 207,8 N/mm ²
$F_{w,Ed,Vz}$	=	17,70 kN	/ $F_{w,Rd} = 92,28 \text{ kN}$ $\eta = 0,19 < 1$
$F_{w,Ed,Vy}$	=	17,70 kN	
$F_{w,Rd}$	=	$A_{wy} \times f_{vw,d}$	= 1257,0 mm ² x 207,8 N/mm ²
$F_{w,Ed,Vy}$	=	17,70 kN	/ $F_{w,Rd} = 261,26 \text{ kN}$ $\eta = 0,07 < 1$
Kombinierte Beanspruchung			
$F_{w,Ed}$	=	1,76 kN/cm	= 3,0 mm(a_w) x 58,7 N/mm ²
$F_{w,Rd}$	=	$a_w \times f_{vw,d}$	= 3,0 mm x 207,8 N/mm ²
$F_{w,Ed}$	=	1,76 kN/cm	/ $F_{w,Rd} = 6,24 \text{ kN/cm}$ $\eta = 0,28 < 1$

Nachweis des Profils: Querschnittsklasse	1
---	----------

Nachweis nach (6.1)			
σ_d	=	29,7 N/mm ²	/ $\sigma_{Rd} = 235,0 \text{ N/mm}^2$ $\eta = 0,13 < 1$
T_d	=	25,7 N/mm ²	/ $T_{Rd} = 135,7 \text{ N/mm}^2$ $\eta = 0,19 < 1$
σ_{dV}	=	44,6 N/mm ²	/ $\sigma_{Rd} = 235,0 \text{ N/mm}^2$ $\eta = 0,19 < 1$

3.4.3 Verankerung der Rohrbrückenstützen / Sockel Typ 3

3.4.3.1 Statisches System und Einwirkungen

System

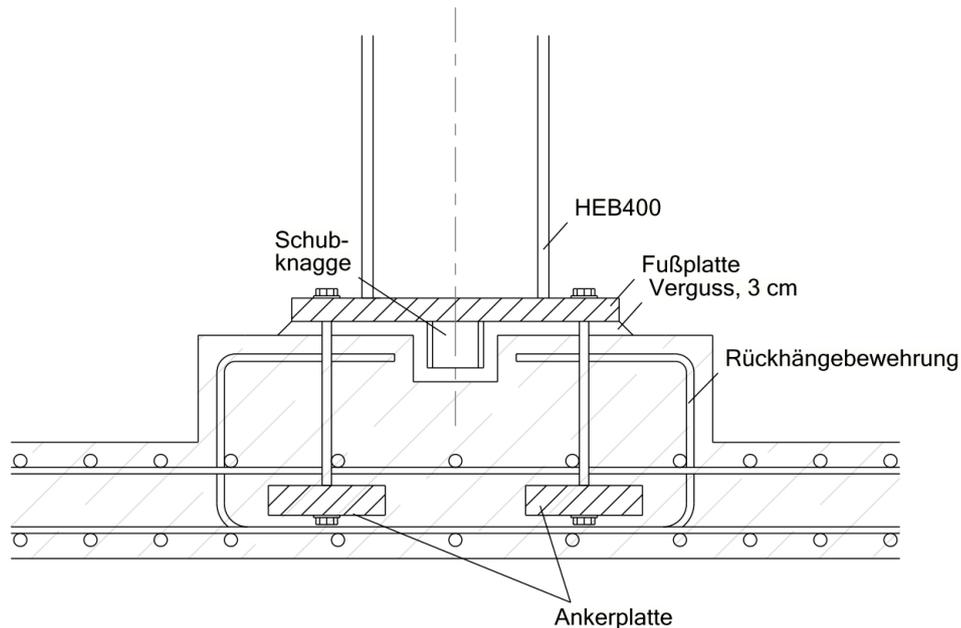


Abbildung 3.4.3-1: Systemskizze der Stützenverankerung

Druckbeanspruchungen werden durch Kontaktpressungen, ohne weiteren Nachweis an dieser Stelle, direkt in den Sockel eingeleitet.

Die Ankerstangen dienen der Aufnahme von auftretenden Zugbeanspruchungen, infolge der einwirkenden Momenten-Belastung. Die Zugkräfte werden zunächst in die Ankerstangen übertragen, welche diese in einbetonierte Ankerplatten weiterleiten. Die so in die Stahlbetonsockel eingeleitete Zugbeanspruchung wird anschließend durch vorgesehene Rückhängebewehrung in die Bodenplatte überführt.

Horizontale Beanspruchungen werden über die vorgesehene Schubknagge in die Sockel übertragen.

Sockel Typ 3: $a = 1,10 \text{ m}$ $h \sim 0,25 \text{ m}$
 $b = 0,8 \text{ m}$

Schubknagge: HEB120, S235
 Länge der Schubknagge: $l = 10 \text{ cm}$
 Hebelarm der horizontalen Belastung: $h = 3 + (10 - 3) / 2 = 6,5 \text{ cm}$
 Druckspannungsfläche: $A_c = 10 \times (10 - 3) = 70 \text{ cm}^2$

Einwirkungen

Maßgebende Einwirkung: Wind

$F_{h,w} = 30,78 \text{ kN}$
 $M_{w,k,TRAS320} = 338,0 \text{ kNm}$

3.4.3.2 Lasteinleitung in die Ankerstangen + horizontaler Lastabtrag

Es folgt der programm-basierte Nachweis der Lasteinleitung in die Ankerstangen, inklusive des Nachweises der horizontalen Lasteinleitung, über die vorgesehene Schubknagge, in die Sockel.

Stahlstütze - Fußplatte ST3 01/2020 (Frilo R-2020-1/P08)

Maßstab 1:10

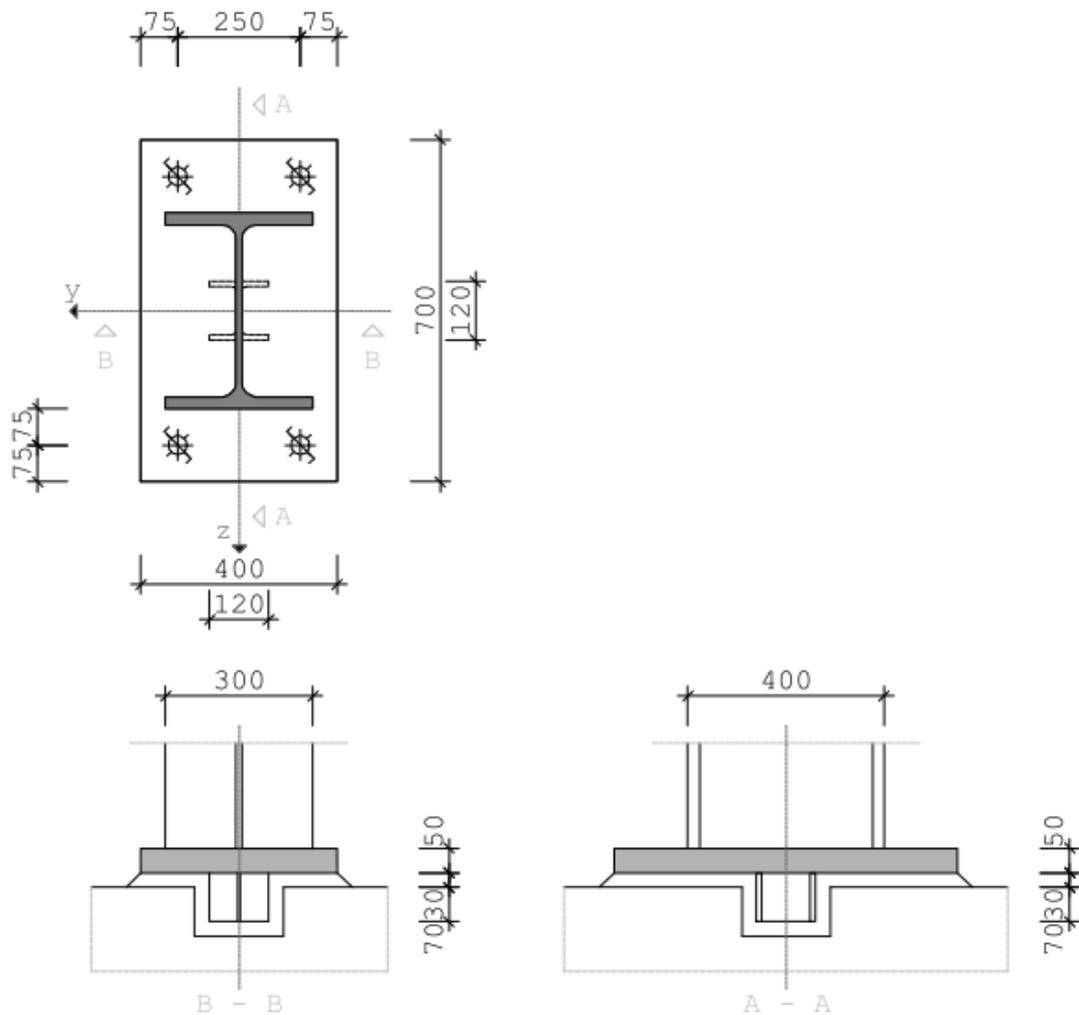


Abbildung 3.4.3-2: System der Fußplattenbemessung

Kennwerte

Nachweisführung nach DIN EN 1993

Stütze	A cm ²	I _y cm ⁴	I _z cm ⁴	h mm	t _w mm	b mm	t _f mm	r mm			
HEB400	198	57.680	10.820	400	13,5	300	24	27			
Fußplatte	Länge	Breite	Dicke	Fugendicke	a _w Steg	a _w Flansch					
[mm]	650	400	50	30	12	12					
Stahl	f _v N/mm ²	f _u N/mm ²	γ _{M0}	γ _{M2}	β _w	f _{vwd} N/mm ²	Beton	α _c	γ _c	f _{cd} N/mm ²	EModul N/mm ²
S235	235	360	1,00	1,25	0,8	207,8	C 25/30	0,85	1,5	14,2	31.000
Anker	Anzahl	f _{yb} N/mm ²	f _{ub} N/mm ²								
M 36 - 10.9 HV	2 x 2 = 4	900	1000								
Schaft in Fuge											

Ankerabstände bezogen auf die Außenkante der Fußplatte in Richtung

Steg	e ₁	e ₃	e ₁	w ₃	w ₁	w ₃
	75	500	75	125	150	125

Schubübertragung Fußplatte-Fundament

Profildübel	A cm ²	I _y cm ⁴	I _z cm ⁴	h mm	t _w mm	b mm	t _f mm	r mm	a _w mm	t _E mm
HEB120	34	864	318	120	6,5	120	11	12	5	70
Nachweis	Berechnungsoptionen (Vorgaben)									
Querkraft	Es wird kein Querkraftnachweis über Anker geführt									

Lasten

charakteristische Lasten

Nr	Bezeichnung	N _k [kN]	M _{yk} [kNm]	V _{zk} [kN]	V _{yk} [kN]	Ewg	Zus	Alt
1	Last 1	0	338	30,78	0	9	0	0

Einwirkungen

Ew	Bezeichnung	Situation	γ _{sup}	γ _{inf}	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂
9	Windlasten	P/T	1,50	0	0,60	0,20	0

Ergebnisse

Nr	Bezeichnung	N _d [kN]	M _{yd} [kNm]	V _{zd} [kN]	V _{yd} [kN]
1		0	507	46,17	0

Nachweis des Stützenprofils nach Abs.6.2

M _{vpl}	=	760,9	M _{vRd}	=	760,9	M _{vd}	=	507,0	kNm	M _{vd} /M _{vRd}	=	0,67	< 1	
V _{zpl}	=	952,5	V _{zRd}	=	952,5	V _{zd}	=	46,2	kN	V _{zd} /V _{zRd}	=	0,05	< 1	
											max E _d /F _{Rd}	=	0,67	< 1
QKL 1														

Nachweis der Fußplatte mit dem Komponentenmodell

Tragfähigkeit $M_{ARd} = 515,3 \text{ kNm}$ Zug $\eta = 0,98 < 1$

Druckkomponente

Tragfähigkeit $N_{Rd} = 1.380,4 \text{ kN}$ $e = 0$
 wirksame Fläche $A_{eff} = 973,9 \text{ cm}^2$ $c = 112,4 \text{ mm}$

Nachweis der Schweißnähte aus Teilschnittgrößen

Querschnittsteil	σ_{wd}		erf. a_w	vorh. a_w		η
Steg	6,5	N/mm ²	0,4	12,0	mm	0,03
Druckgurt	-181,1	N/mm ²	10,4	12,0	mm	0,87

Nachweis der Schubübertragung zwischen Fußplatte und Fundament mit HEB120

Nachweis nach Abs.6.2

$M_{ypl} = 38,9$	$M_{yRd} = 38,9$	$M_{yd} = 3,0 \text{ kNm}$	$M_{yRd} = 38,9$	$M_{yRd} = 38,9$	$M_{yd}/M_{yRd} = 0,08 < 1$
$V_{zpl} = 148,6$	$V_{zRd} = 148,6$	$V_{zd} = 46,2 \text{ kN}$	$V_{zRd} = 148,6$	$V_{zRd} = 148,6$	$V_{zd}/V_{zRd} = 0,31 < 1$
					$\max E_d/F_{Rd} = 0,31 < 1$
$M_{yd} = 300,1 \text{ kNcm}$					
$V_{zd} = 46,2 \text{ kN}$					

Anschluss Profildübel – Fußplatte $a_w = 5,0 \text{ mm}$

$T_{wd} = 43,6$	N/mm^2	$T_{wRd} = 207,8$	N/mm^2	$\eta = 0,21 < 1$
$T_{wd} = 26,4$	N/mm^2	$T_{wRd} = 207,8$	N/mm^2	$\eta = 0,13 < 1$
$\sigma_{wdV} = 43,6$	N/mm^2	$\sigma_{wRd} = 207,8$	N/mm^2	$\eta = 0,21 < 1$
$A_w = 28,3 \text{ cm}^2; I_{wy} = 681,1 \text{ cm}^4$				

Nachweis für $V_{zd} = 46,17 \text{ kN}$

Tragfähigkeit $V_{DzRd} = 62,8 \text{ kN}$ $\eta = 0,49 < 1$

Festigkeit Beton $f_{jd} = 10,4 \text{ N/mm}^2$

Anschlussbeiwert $\beta_j = 0,67$

Faktor $sqA1A0 = 1,10$

Ausbreitungsbreite $c = 39,7 \text{ mm}$

Dicke $t = 11,0 \text{ mm}$

effektive Breite $b_{eff} = 86,0 \text{ mm}$

$A_v = 7,6 \text{ cm}^2$ $\eta = 1.2$

$h_w/t_w = 15,08 < \epsilon \cdot 72/\eta = 60,00$

$F_{CRd} = 62,82 \text{ kN}$ Druckbeanspruchbarkeit des Flansches

$V_{dFlansch} = 30,78 \text{ kN}$ $= 2/3 \cdot V_d$ ($1/3 \cdot V_d$ Flansch innen)

$V_{cRd} = 148,63 \text{ kN}$ Tragfähigkeit des Stegs

$V_{w1Rd} = 203,69 \text{ kN}$ Schweißnaht zwischen Dübelsteg und Fußplatte

Maximale Auslastung $\eta = 0,98 < 1$

3.4.3.3 Nachweis der Zugbeanspruchung der Ankerstangen

Ankerstangen M36-10.9

$$d_0 = 39 \text{ mm}; \quad D_{\text{Scheibe}} = 66 \text{ mm}; \quad A_s = 817 \text{ mm}^2$$

$$F_{t,Ed} = 507 / 0,5 = 1.014,0 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = (2 \times 0,9 \times 1.000 \times 817) / (1,25 \times 10^3) = 1.176,5 \text{ kN}$$

$$F_{t,Ed} / F_{t,Rd} = 0,86 \leq 1,0 \checkmark$$

3.4.3.4 Nachweis der einbetonierten Ankerplatte

$$F_{t,Ed} = 1.014 / 2 = 507 \text{ kN}$$

$$A_{\text{eff}} = \pi \times ((66 / 2)^2 - (39 / 2)^2) = 2.226 \text{ mm}^2$$

$$q_{z,Ed} = 507.000 / 2.226 = 227,8 \text{ N/mm}^2$$

Bettungsmodul C25/30 [9]

$$k_s = (1,33 \times 31.000 / 500) \times 10^6 = 8,25 \times 10^7 \text{ kN/m}^3$$

Es folgt der programmgestützt geführte Nachweis der einbetonierten Ankerplatte.

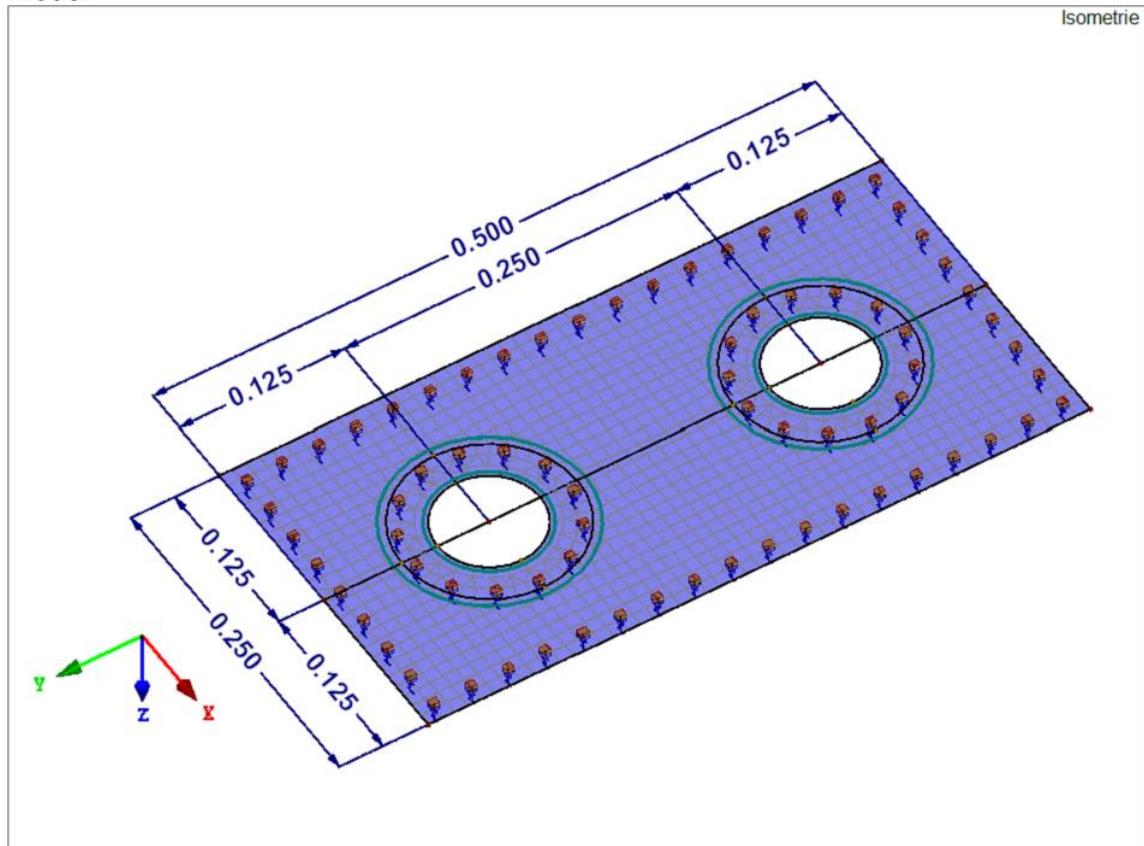
Modell-Basisangaben

Allgemein	Modellname	:	3.4.3.4 Nachweis der einbetonierten Ankerplatte
	Projektname	:	BA
	Projektbezeichnung	:	Neubau eines Tanklagers und eines Silogerüstes
	Modelltyp	:	3D
	Positive Richtung der globalen Z-Achse	:	Nach unten
	Klassifizierung der Lastfälle und Kombinationen	:	Nach Norm: EN 1990 Nationaler Anhang: DIN - Deutschland
	Optionen	Erdbeschleunigung g	:

FE-Netz-Einstellungen

Allgemein	Angestrebte Länge der Finiten Elemente	l_{FE}	:	0.010 m
	Maximaler Abstand zwischen Knoten und Linie um in die Linie zu integrieren	e	:	0.001 m
	Maximale Anzahl der FE-Netz-Knoten (in Tausenden)		:	500
Stäbe	Anzahl Teilungen von Stäben mit Seil, Bettung, Voute oder plastischer Charakteristik		:	10
	x Stäbe bei Theorie III. Ordnung bzw. Durchschlagproblem intern teilen			
	x Teilung der Stäbe durch den Knoten, der auf den Stäben liegt			
Flächen	Maximales Verhältnis der FE-Viereck-Diagonalen	D_D	:	1.800
	Maximale Neigung von zwei Finiten Elementen aus der Ebene	a	:	0.50 °
	Form der Finiten Elemente:		:	Drei- und Vierecke
				X Gleiche Quadrate generieren, wo möglich

Modell



Knoten

Knoten Nr.	Knotentyp	Bezugs-Knoten	Koordinaten-System	Knotenkoordinaten			Kommentar
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
1	Standard	-	Kartesisch	-0.050	-0.050	0.000	
2	Standard	-	Kartesisch	-0.050	0.450	0.000	
3	Standard	-	Kartesisch	0.200	-0.050	0.000	
4	Standard	-	Kartesisch	0.200	0.450	0.000	
5	Standard	-	Kartesisch	0.075	-0.050	0.000	
6	Standard	-	Kartesisch	0.075	0.450	0.000	
7	Standard	-	Kartesisch	0.075	0.325	0.000	
8	Standard	-	Kartesisch	0.075	0.075	0.000	
9	Standard	-	Kartesisch	0.141	0.325	0.000	Generiert von Linie Nr. 10
10	Standard	-	Kartesisch	0.009	0.325	0.000	Generiert von Linie Nr. 10
11	Standard	-	Kartesisch	0.075	0.391	0.000	Generiert von Linie Nr. 10
12	Standard	-	Kartesisch	0.141	0.075	0.000	Generiert von Linie Nr. 11
13	Standard	-	Kartesisch	0.009	0.075	0.000	Generiert von Linie Nr. 11
14	Standard	-	Kartesisch	0.075	0.141	0.000	Generiert von Linie Nr. 11
15	Standard	-	Kartesisch	0.114	0.325	0.000	Generiert von Linie Nr. 12
16	Standard	-	Kartesisch	0.036	0.325	0.000	Generiert von Linie Nr. 12
17	Standard	-	Kartesisch	0.075	0.364	0.000	Generiert von Linie Nr. 12
18	Standard	-	Kartesisch	0.114	0.075	0.000	Generiert von Linie Nr. 13
19	Standard	-	Kartesisch	0.036	0.075	0.000	Generiert von Linie Nr. 13
20	Standard	-	Kartesisch	0.075	0.114	0.000	Generiert von Linie Nr. 13
21	Standard	-	Kartesisch	-0.050	0.450	0.000	
22	Standard	-	Kartesisch	-0.050	0.450	0.000	

Linien

Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge L [m]		Kommentar
1	Polylinie	1,2	0.500	Y	
2	Polylinie	3,4	0.500	Y	
3	Polylinie	2,6	0.125	X	
4	Polylinie	1,5	0.125	X	
5	Polylinie	5,3	0.125	X	
6	Polylinie	6,4	0.125	X	
7	Polylinie	6,7	0.125	Y	
8	Polylinie	7,8	0.250	Y	
9	Polylinie	8,5	0.125	Y	
10	Kreis	9,11,10	0.415	XY	
11	Kreis	12,14,13	0.415	XY	
12	Kreis	15,17,16	0.245	XY	
13	Kreis	18,20,19	0.245	XY	

Materialien

Mat. Nr.	Modul E [kN/cm ²]	Modul G [kN/cm ²]	Querdehnzahl n [-]	Spez. Gewicht g [kN/m ³]	Wärmedehnz. a [1/°C]	Teilsich.-Beiwert g _M [-]	Material-Modell
1	Baustahl S 235 JR EN 10025-2:2004-11						
	21000.00	8076.92	0.300	78.50	1.20E-05	1.00	Isotrop linear elastisch

Flächen

Fläche Nr.	Flächentyp		Begrenzungslinien Nr.	Mat. Nr.	Dicke		Fläche A [m ²]	Gewicht G [kg]
	Geometrie	Steifigkeit			Typ	d [mm]		
1	Eben	Standard	1,3,6,2,5,4	1	Konstant	100.0	0.098	76.71
2	Eben	Standard	10	1	Konstant	100.0	0.009	7.00
3	Eben	Standard	11	1	Konstant	100.0	0.009	7.00

Öffnungen

Öffnung Nr.	Begrenzungslinien Nr.	In Fläche Nr.	Fläche A [m ²]	Kommentar
1	10	1	0.014	
2	11	1	0.014	
3	12	2	0.005	
4	13	3	0.005	

Flächenlager

Bettung Nr.	Flächen Nr.	Federkonstanten RF-SOILIN	Stützung bzw. Feder [kN/m ³]			Schubfeder [kN/m]	
			u _x	u _y	u _z	V _{xz}	V _{yz}
1	1-3	-	x	x	82500000.0	-	-

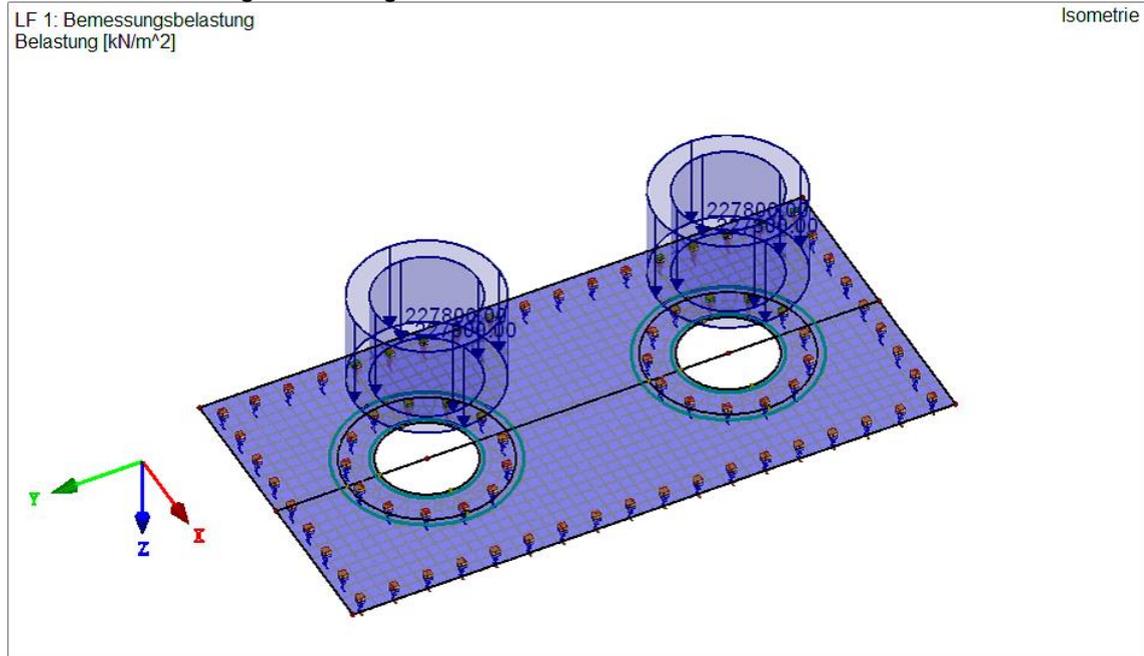
Lastfälle

Lastfall	LF-Bezeichnung	EN 1990 DIN Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung			
			Aktiv	X	Y	Z
LF1	Bemessungsbelastung	Andere	x	0.000	0.000	1.350

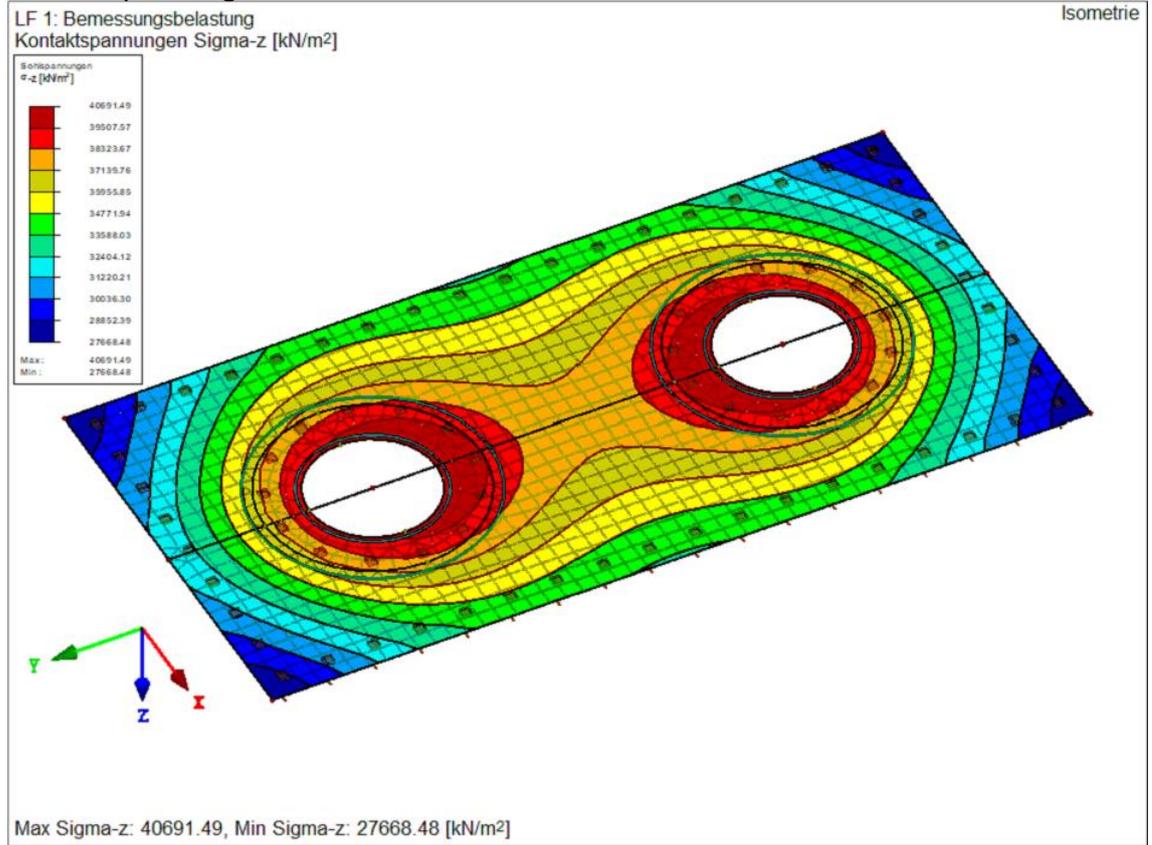
LF1 – Bemessungsbelastung

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Lastparameter		
					Symbol	Wert	Einheit
1	2,3	Kraft	Konstant	ZL	p	227800.00	kN/m ²

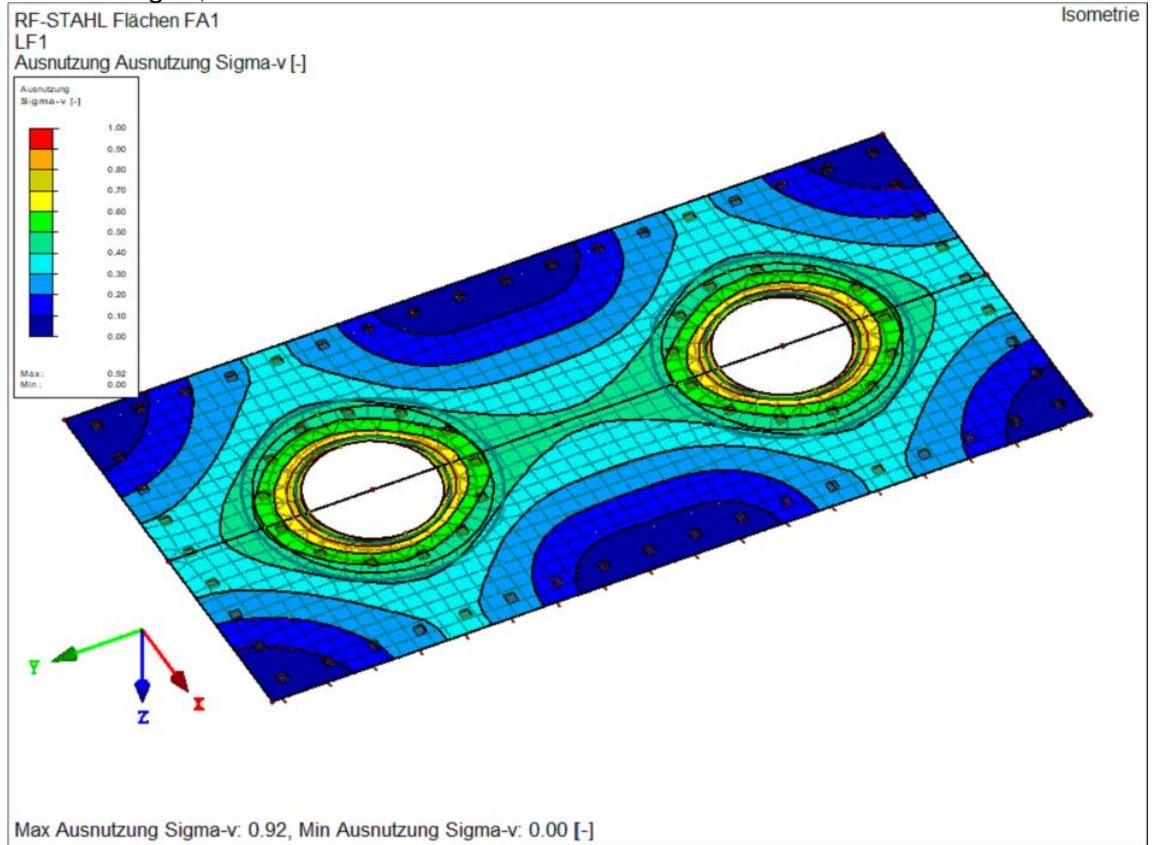
LF 1 – Bemessungsbelastung



Kontaktspannungen σ_z



Ausnutzung $\sigma_{v,max}$



Nachweis der Teilflächenpressung

Die ermittelten Kontaktspannungen treten real nicht auf, da die andrückende Auflast der Stütze diesen entgegenwirkt. Auf der sicheren Seite liegend werden diese jedoch nicht miteinander verrechnet.

Die Sockel werden so ausgeführt, dass ein räumlicher Druckspannungszustand, sowie eine radiale Lastausbreitung, bis zur vorgeschriebenen maximalen Belastungsfläche, vorliegt.

Diese Vorgaben werden durch den vorhandenen Überstand der Sockel über die Ankerstangenachse hinaus, sowie die Bewehrungsführung, welche die Ankerplatten einschnürt, konstruktiv umgesetzt.

$$\sigma_{c,Ed} = 40,7 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{c,Rd} = 3,0 \times 14,2 = 42,6 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{c,Ed} / \sigma_{c,Rd} = 0,96 \leq 1,0 \checkmark$$

3.4.3.5 Rückhängebewehrung

$$F_{t,Ed} = 1.014 \text{ kN}$$

$$A_{s,erf.} = 1.014 / 43,5 = 23,3 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow \text{gew. } 12 \times \text{Ø } 16 \text{ je Seite, } A_{s,vorh.} = 24,0 \text{ cm}^2$$

Verankerungslänge

$$l_{b,rqd}^* = 65 \text{ cm}$$

$$A_{s,vorh.} / A_{s,erf.} = 1,0$$

$$\alpha_1 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1,0$$

$$l_{bd} = 65 \text{ cm}$$

3.4.4 Tankbecken

3.4.4.1 Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite

Der Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite wird zentrischer Zug infolge frühen Zwangs zugrunde gelegt. Es folgt die Vorgabe, dass der zur Ausführung verwendete Beton im Alter von 3 – 5 Tagen maximal eine Zugfestigkeit von $0,65 \times f_{ctm}$ aufweist.

Tankbeckenwände

Anforderung

Rechenwert der Rissbreite $w_{cal} = 0,20$ mm

Baustoffe, Geometrie

Rechteckquerschnitt:	$b/h = 100/25$ cm
Betonfestigkeitsklasse:	C25/30
Betondeckung:	$c_v = 4,0$ cm
Stabdurchmesser:	$\varnothing_s = d_{s,vorh.} = 12$ mm
Einwirkung:	zentrischer Zug infolge inneren Zwangs
Betonalter zum Zeitpunkt der Rissbildung:	3 – 5 Tage

Nachweis der Mindestbewehrung

$$a_{s,min.} \times \sigma_s = k_c \times k \times f_{ct,eff} \times a_{ct}$$

mit: $k = 1,00$ $k_c = 0,80$ $f_{ct,eff} = 1,69$ N/mm²
 $a_{ct} = 2.500$ cm²/m $\sigma_s =$ gem. nachfolgender Berechnung

$$\varnothing_s = (\varnothing_s^* \times k_c \times k \times h_{cr} \times f_{ct,eff}) / (8 \times (h - d) \times 2,9) \geq \varnothing_s^* \times f_{ct,eff} / 2,9$$

mit: $k = 1,00$ $k_c = 0,80$ $f_{ct,eff} = 1,69$ N/mm²
 $h = 25$ cm $h_{cr} = 25$ cm $d = 20,4$ cm

$$\Rightarrow \varnothing_s = \varnothing_s^* \times 0,32 \geq \varnothing_s^* \times 0,58$$

$$\Rightarrow \varnothing_s^* = 20,5$$
 mm

$$\Rightarrow \sigma_s = (3,48 \times 10^6 \times 0,2 / 20,6)^{0,5} = 180,6$$
 N/mm²

$$a_{s,min} = 0,5 \times 1,0 \times 0,80 \times 1,69 \times 2.500 / 184,3 = 9,2$$
 cm²/m je Lage

$$\Rightarrow \text{gew. } 2 \times \varnothing 12 - 10, a_{s,vorh.} = 11,31$$
 cm²/m je Lage

Bodenplatte

Auf eine Reduzierung des angesetzten Zwangs in Folge der vorgesehenen Gleitschicht wird an dieser Stelle, auf der sicheren Seite liegend, verzichtet.

Anforderung

Rechenwert der Rissbreite $w_{\text{cal}} = 0,20 \text{ mm}$

Baustoffe, Geometrie

Rechteckquerschnitt:	$b/h = 100/25 \text{ cm}$
Betonfestigkeitsklasse:	C25/30
Betondeckung:	$c_v = 4,0 \text{ cm}$
Stabdurchmesser:	$\varnothing_s = d_{s,\text{vorh.}} = 14 \text{ mm}$
Einwirkung:	zentrischer Zug infolge inneren Zwangs
Betonalter zum Zeitpunkt der Rissbildung:	3 – 5 Tage

Nachweis der Mindestbewehrung

$$a_{s,\text{min.}} \times \sigma_s = k_c \times k \times f_{\text{ct,eff}} \times a_{\text{ct}}$$

$$\begin{aligned} \text{mit: } k &= 1,00 & k_c &= 0,80 & f_{\text{ct,eff}} &= 1,69 \text{ N/mm}^2 \\ a_{\text{ct}} &= 2.500 \text{ cm}^2/\text{m} & \sigma_s &= \text{gem. nachfolgender Berechnung} \end{aligned}$$

$$\varnothing_s = (\varnothing_s^* \times k_c \times k \times h_{\text{cr}} \times f_{\text{ct,eff}}) / (8 \times (h - d) \times 2,9) \geq \varnothing_s^* \times f_{\text{ct,eff}} / 2,9$$

$$\begin{aligned} \text{mit: } k &= 1,00 & k_c &= 0,80 & f_{\text{ct,eff}} &= 1,69 \text{ N/mm}^2 \\ h &= 25 \text{ cm} & h_{\text{cr}} &= 25 \text{ cm} & d &= 20,3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \varnothing_s = \varnothing_s^* \times 0,32 \geq \varnothing_s^* \times 0,58$$

$$\Rightarrow \varnothing_s^* = 24,1 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \sigma_s = (3,48 \times 10^6 \times 0,2 / 24,1)^{0,5} = 170,0 \text{ N/mm}^2$$

$$a_{s,\text{min}} = 0,5 \times 1,0 \times 0,80 \times 1,69 \times 2.500 / 170,0 = 9,9 \text{ cm}^2/\text{m je Lage}$$

$$\Rightarrow \text{gew. } 2 \times \varnothing 14 - 10, a_{s,\text{vorh.}} = 15,40 \text{ cm}^2/\text{m je Lage}$$

3.4.4.2 Berechnung des Tankbeckens als räumliches Finite-Elemente-Modell

3.4.4.2.1 Modelleingabe

Der Modelleingabe des räumlichen Finite-Elemente-Modells liegen Idealisierungen zugrunde.

Das Gefälle der Bodenplatte wird vernachlässigt, die auftretende horizontale Beanspruchungen der Sohle werden, im Folgenden, separat betrachtet.

Auf der sicheren Seite liegend werden sämtliche Tankbeckenwände mit der höchsten auftretenden Höhe, $h_{TW} \sim 2,30$ m, modelliert. In den Eckbereichen werden in horizontaler Richtung Rahmenecken ausgebildet, um die auftretenden Zugkräfte von der einen, auf die andere Tankbeckenwand zu übertragen. Da dies im Modell nicht erfasst wird, ist ggfs. erforderliche Bewehrung im Rechenmodell an diesen Stellen real nicht erforderlich.

Da die vorhandenen Sockel bereits bemessen sind, wird auf eine Modellierung dieser verzichtet. Die auftretenden Belastungen werden, zzgl. der jeweiligen Eigengewichte der Sockel und unter Berücksichtigung der Lastausbreitung innerhalb der Sockel, direkt auf die Bodenplatte angesetzt. Vereinfachend werden die Sockelauflasten auf die Sockelgrundfläche bezogen. Die reine Scherbeanspruchung der Sockel wird als nicht bemessungsrelevant eingestuft und nicht weiter berücksichtigt. Die resultierende Momentenbeanspruchung aus diesen Kräften wird allerdings verrechnet.

Die vorhandene Grube innerhalb des Tankbeckens wird durch eine 1,0 m x 1,0 m große Aussparung der Bodenplatte erfasst. Unstetigkeiten den Bereichen der Grube und der Rinne werden nicht im Modell erfasst und im Folgenden separat betrachtet.

Auftretende Schnittgrößen infolge der Betriebstemperatur der Apparate A 01 und A 02 werden ebenfalls im Folgenden separat betrachtet.

Die vorliegende Konstruktion wird als nicht verformungsempfindlich eingestuft. Ein Nachweis der auftretenden Verformungen ist nicht erforderlich.

3.4.4.2.2 Grundbewehrung

Im Bereich der Bodenplatte sind unter den Apparaten bzw. der Rohrbrücke hohe Bewehrungsmengen zu erwarten.

In der Bodenplatte werden, in x- und y-Richtung, $\emptyset 14-10$, $A_s = 15,4$ cm²/m als Grundbewehrung eingelegt.

In den Tankbeckenwänden werden in Längsrichtung $\emptyset 12-10$, $A_s = 11,31$ cm²/m vorgesehen. In vertikaler Richtung wird konstruktiv eine Grundbewehrung von $\emptyset 12-10$ gewählt. Diese wird maßgeblich für den Nachweis der Rissbreiten unter Lastbeanspruchung benötigt.

Die jeweils erforderliche Mindestbewehrung der Bauteile ist in Folge der gewählten Grundbewehrung abgegolten.

3.4.4.2.3 Modelleingabe – Lastfälle

Den angesetzten Belastungen liegt Kap. 3.2 zugrunde.

Eigengewicht

LF 1: EG – Eigengewicht

Das Eigengewicht des Tankbeckens wird programmintern ermittelt.

Der Ansatz der Eigengewichte der Apparate A 01 und A 02 erfolgt gemäß 3.2.5.1.

Auf der sicheren Seite liegend erfolgt keine Umrechnung auf den Umfang des Sockels.

Sockel Typ 1:

$$q_{z,k,S1} \sim 25 \times (0,20 + 0,02 \times 6,8) = 8,40 \text{ kN/m}^2$$

Sockel Typ 2:

$$A_{S1} = 1,05 \times 1,05 = 1,10 \text{ m}^2$$

$$W_{S1} = 1,05^3 / 6 = 0,19 \text{ m}^3$$

$$W_{S1,45^\circ} = = 0,14 \text{ m}^3$$

$$q_{z,k,S2} \sim 25 \times (0,3 + 0,02 \times 11,5) + 25 / 1,1 = 35,95 \text{ kN/m}^2$$

Sockel Typ 3:

$$A_{S2} = 1,1 \times 0,8 = 0,88 \text{ m}^2$$

$$W_{S2} = (0,8 \times 1,1^2) / 6 = 0,16 \text{ m}^3$$

$$q_{z,k,S3} \sim 25 \times (0,2 + 0,02 \times 7,9) + 67,07 / 0,88 = 85,17 \text{ kN/m}^2$$

Darüber hinaus wird die, aus dem Eigengewicht des Bodens resultierende, Erddruckbelastung auf die Tankbeckenwände angesetzt.

$$q_{agh,k} = 0,25 \times 19,5 \times (2,30 - 1,10) = 5,85 \text{ kN/m}^2$$

Nutzlast

LF 2: NL – A 01

Die Belastung der Apparate wird auf die Grundfläche der Sockel bezogen.

$$q_{z,k,NL} = (3.235 - 100) / (\pi \times 3,6^2) = 77,00 \text{ kN/m}^2$$

LF 3: NL – A 02

Belastung analog zu LF 2, an die Lage des Apparates angepasst.

LF 4: NL – A 03

$$q_{z,k,NL} = 275 / 1,05^2 = 249,43 \text{ kN/m}^2$$

LF 5: NL – A 04

Belastung analog zu LF 4, an die Lage des Apparates angepasst.

LF 6: NL – A 05

Belastung analog zu LF 4, an die Lage des Apparates angepasst.

LF 7: NL – RB 01

Vereinfachend werden die Belastungen infolge der Nutzlastbeanspruchung der Rohrbrücke in einem Lastfall erfasst.

$$q_{z,k,NL} = 42,75 / 0,88 = 48,58 \text{ kN/m}^2$$

LF 8: NL – SLW 60

Es wird die aus Nutzlast resultierende Erddruckbeanspruchung der Tankbeckenwände angesetzt. Vereinfachend und auf der sicheren Seite liegend wird die Nutzlastbeanspruchung in die Nutzlastkategorie „E“ eingeordnet. Auf eine Aufteilung der Beanspruchungen auf mehrere Lastfälle wird an dieser Stelle verzichtet, da sich infolgedessen keine ungünstigeren Laststellungen ergeben.

$$q_{aph} = 0,25 \times 33,33 = 8,33 \text{ kN/m}^2$$

Schnee

LF 9: S – Schnee

Die Schneebelastung des Tankbeckens wird idealisiert vollflächig, ohne die Konzentrierung zu den Rohrbrücken- bzw. Apparatesockeln hin, aufgebracht.

Die Schneebelastung der Tankbeckenwände ergibt sich zu:

$$q_{z,k,s} = 0,715 \times 0,25 = 0,18 \text{ kN/m}$$

Wind

LF 10: W – Wind 0°

Belastungen der Apparate A 01 und A 02 gemäß 3.2.5.1

Infolge der Windbelastungen der Apparate A 03 – A 05 treten neben Vertikalkräften auch Momenten Beanspruchungen der Sockel auf. Darüber hinaus erzeugt die horizontale Belastung der Sockel ebenfalls ein Moment, bezogen auf die Bodenplatte. Idealisiert wird eine trapezförmige flächige Belastung der Sockel, in vertikaler Richtung, bestimmt.

$$q_{z,k,W} = \pm 60,6 / 1,10 \pm (20,0 + 13,8 \times 0,53) / 0,19 = \pm 55,09 \pm 143,8 \text{ kN/m}^2$$

Da der Festpunkt der Rohrbrücke nicht im Tankbecken liegt, treten in der Einwirkungsrichtung 0° keine Beanspruchungen der Rohrbrückenstützen auf.

LF 11: W – Wind 90°

Belastung analog zu LF 10, zzgl. einer Windbelastung der Bodenplatte unter den Rohrbrückenstützen und an die Einwirkungsrichtung angepasst. Diese wird als trapezförmige Belastungen auf die Grundfläche der Sockel bezogen eingegeben.

$$q_{z,k,W} = \pm (338,0 + 30,78 \times 0,36) / 0,16 = \pm 2.181,8 \text{ kN/m}^2$$

LF 12: W – Wind 180°

Belastung analog zu LF 10, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

LF 13: W – Wind 270°

Belastung analog zu LF 11, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

LF 14: W – Wind 45°

Belastung analog zu LF 11, an die Einwirkungsrichtung angepasst. Infolgedessen ändern sich die Belastungsordinaten der flächigen Belastungen der Sockel unter den Apparaten A 03 – A05 (Sockel Typ 2), da die Sockelachsen bezogen auf die Einwirkungsrichtungen verdreht sind. Es ergeben sich folglich andere Widerstandsmomente. Darüber hinaus erfahren nun lediglich je zwei, der vier vorhandenen, Sockel eine Belastung.

Das aufzunehmende Lagermoment der Rohrbrückenstützen verringert sich. Vereinfachend wird das auftretende Lagermoment unter der Einwirkungsrichtung 90°/ 270° durch den Faktor $2^{-0,5}$ verringert.

$$q_{z,k,W,S2} = \pm 85,69 / 1,1 \pm ((14,37+9,6 \times 0,53)^2 \times 2)^{0,5} / 0,14 = \pm 77,9 \pm 196,6 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{z,k,W,S3} = \pm (338,0 + 30,78 \times 0,36) \times 2^{-0,5} / 0,16 = \pm 1.542,7 \text{ kN/m}^2$$

LF 15: W – Wind 135°

Belastung analog zu LF 14, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

LF 16: W – Wind 225°

Belastung analog zu LF 14, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

LF 17: W – Wind 315°

Belastung analog zu LF 14, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

Erdbeben

LF 18: AE – Erdbeben 0°

Belastungen der Apparate A 01 und A 02 gemäß 3.2.5.1

Infolge der Erdbebenbeanspruchung der Apparate A 03 – A 05 treten neben Vertikalkräften auch Momenten Beanspruchungen der Sockel auf. Darüber hinaus erzeugt die horizontale Belastung der Sockel ebenfalls ein Moment, bezogen auf die Bodenplatte. Idealisiert wird eine trapezförmige flächige Belastung der Sockel, in vertikaler Richtung, bestimmt.

$$q_{z,k,W} = \pm 108,1 / 1,10 \pm (35,66 + 24,6 \times 0,53) / 0,19 = \pm 98,27 \pm 256,3 \text{ kN/m}^2$$

Da der Festpunkt der Rohrbrücke nicht im Tankbecken liegt, treten in der Einwirkungsrichtung 0° keine Beanspruchungen der Rohrbrückenstützen auf.

LF 19: AE – Erdbeben 90°

Belastung analog zu LF 18, zzgl. einer Erdbebenbelastung der Bodenplatte unter den Rohrbrückenstützen und an die Einwirkungsrichtung angepasst. Diese wird als trapezförmige Belastungen auf die Grundfläche der Sockel bezogen eingegeben.

$$q_{z,k,W} = \pm (113,2 + 10,37 \times 0,36) / 0,016 = \pm 730,8 \text{ kN/m}^2$$

LF 20: AE – Erdbeben 180°

Belastung analog zu LF 18, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

LF 21: AE – Erdbeben 270°

Belastung analog zu LF 18, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

LF 22: AE – Erdbeben 45°

Belastung analog zu LF 18, analog wie LF 14 an LF 10, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

$$q_{z,k,W,S2} = \pm 152,87 / 1,1 \pm ((25,63 + 17,7 \times 0,53)^2 \times 2)^{0,5} / 0,14 = \pm 139,0 \pm 353,7 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{z,k,W,S3} = \pm (113,2 + 10,37 \times 0,36) \times 2^{-0,5} / 0,16 = \pm 516,8 \text{ kN/m}^2$$

LF 23: AE – Erdbeben 135°

Belastung analog zu LF 22, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

LF 24: AE – Erdbeben 225°

Belastung analog zu LF 22, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

LF 25: AE – Erdbeben 315°

Belastung analog zu LF 22, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

Havarie

LF 26: A – Flüssigkeitsanstauung

Idealisiert wird auf jede Tankbeckenwand eine, zur Sohle hin, linear steigende Belastung in horizontaler Richtung mit der Lastordinate $q_{k,w,max.} = 23,00 \text{ kN/m}^2$ angesetzt. Darüber hinaus wird $q_{k,w,max.}$ als vertikale Belastung vollflächig auf das Tankbecken angesetzt.

Temperatur

LF 27: T – Sommer

$$\Delta T_S = 17,3 \text{ K}$$

Die Modellierung der Belastung erfolgt so, dass die Bauteiloberkanten, Bauteilkanten in das Tankbecken gerichtet, wärmer sind als die Bauteilunterkanten.

LF 28: T – Winter

$$\Delta T_{S,TB} = -7,9 \text{ K}$$

Die Modellierung der Belastung erfolgt so, dass die Bauteiloberkanten, Bauteilkanten in das Tankbecken gerichtet, kälter sind als die Bauteilunterkanten.

3.4.4.2.4 Bemessung des Tankbeckens

Es folgt die programmgestützte Bemessung des Tankbeckens als räumliches Finite-Elemente-Modell.

Modell – Basisangaben

Allgemein	Modellname	:	3.4.4.2.3 Bemessung des Tankbeckens
	Projektname	:	BA
	Projektbezeichnung	:	Neubau eines Tanklagers und eines Silogerüsts
	Modelltyp	:	3D
	Positive Richtung der globalen Z-Achse	:	Nach unten
	Klassifizierung der Lastfälle und Kombinationen	:	Nach Norm: EN 1990 Nationaler Anhang: DIN – Deutschland
	x Kombinationen automatisch erzeugen	:	x Lastkombinationen
Optionen	Erdbeschleunigung g	:	10.00 m/s ²

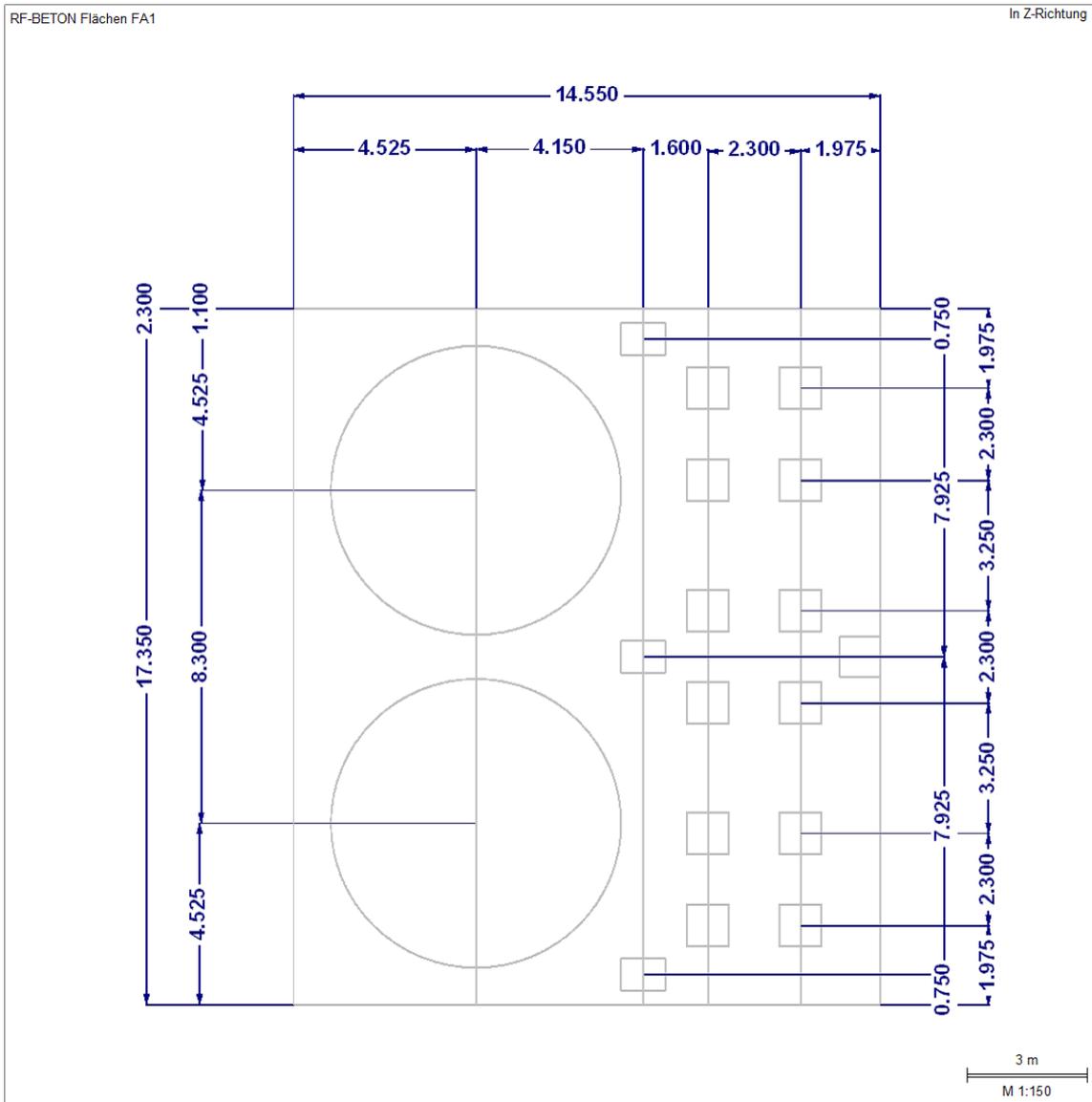
FE-Netz-Einstellungen

Allgemein	Angestrebte Länge der Finiten Elemente	l_{FE}	:	0.500 m
	Maximaler Abstand zwischen Knoten und Linie um in die Linie zu integrieren	e	:	0.001 m
	Maximale Anzahl der FE-Netz-Knoten (in Tausenden)		:	500
Stäbe	Anzahl Teilungen von Stäben mit Seil, Bettung, Voute oder plastischer Charakteristik	x	:	10
	Stäbe bei Theorie III. Ordnung bzw. Durchschlagproblem intern teilen Teilung der Stäbe durch den Knoten, der auf den Stäben liegt	x	:	
Flächen	Maximales Verhältnis der FE-Viereck-Diagonalen	D_D	:	1.800
	Maximale Neigung von zwei Finiten Elementen aus der Ebene	a	:	0.50 °
	Form der Finiten Elemente:		:	Drei- und Vierecke X Gleiche Quadrate generieren, wo möglich

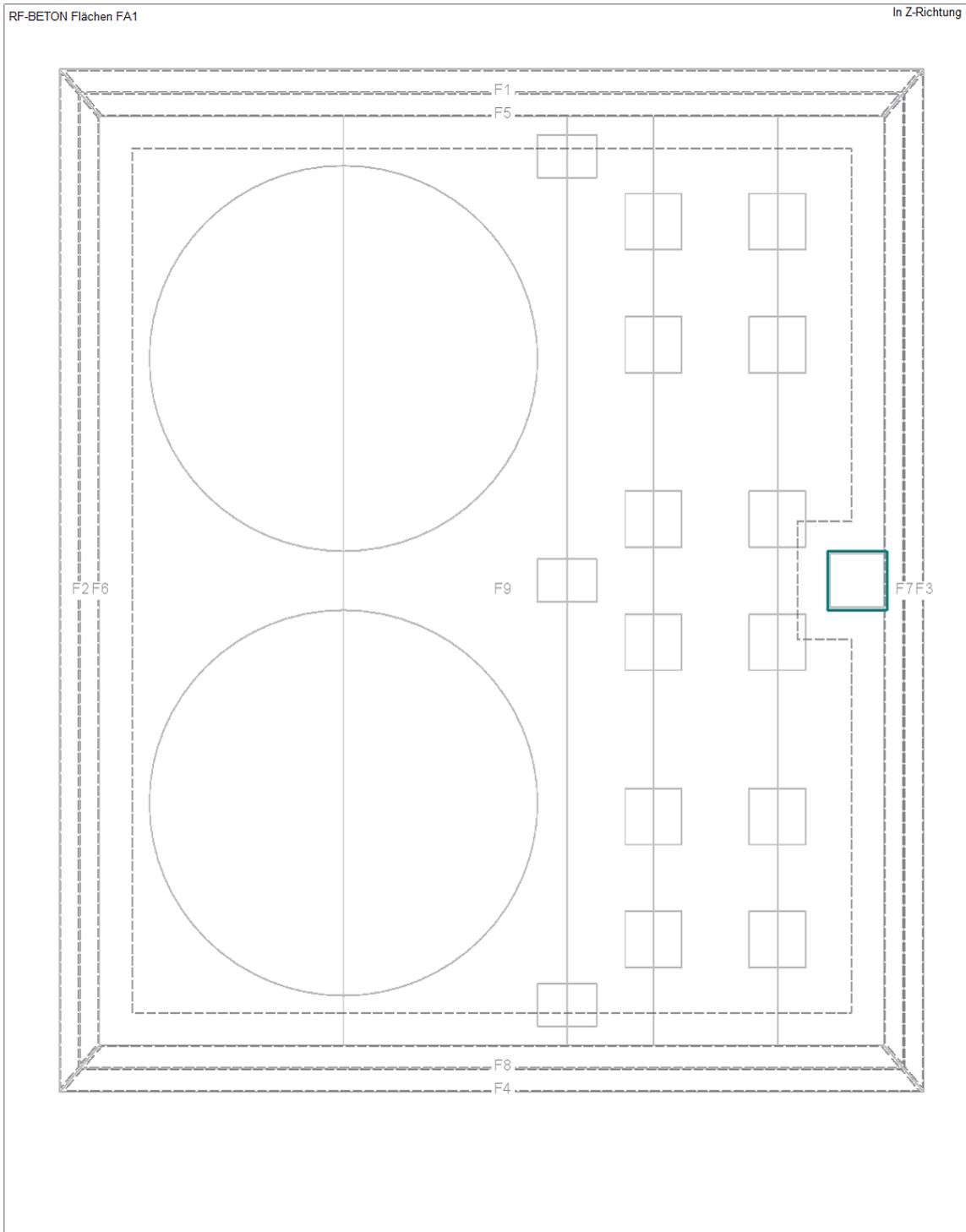
Materialien

Mat. Nr.	Modul E [kN/cm ²]	Modul G [kN/cm ²]	Querdehnzahl n [-]	Spez. Gewicht g [kN/m ³]	Wärmedehnz. a [1/°C]	Teilsich.-Beiwert γ_M [-]	Material-Modell
1	Beton C25/30 3100.00	EN 1992-1-1:2004/A1:2014 1291.67	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Isotrop linear elastisch

Modell – Abmessungen: Draufsicht



Modell – Flächen: Perspektive



Knoten

Knoten Nr.	Knotentyp	Bezugs-Knoten	Koordinaten-System	Knotenkoordinaten			Kommentar
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
1	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	-2.300	
2	Standard	-	Kartesisch	14.550	0.000	-2.300	
3	Standard	-	Kartesisch	0.000	17.350	-2.300	
4	Standard	-	Kartesisch	14.550	17.350	-2.300	
5	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	-1.200	
6	Standard	-	Kartesisch	14.550	0.000	-1.200	
7	Standard	-	Kartesisch	0.000	17.350	-1.200	
8	Standard	-	Kartesisch	14.550	17.350	-1.200	
9	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	0.000	
10	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	0.000	
11	Standard	-	Kartesisch	4.525	0.000	0.000	
12	Standard	-	Kartesisch	8.675	0.000	0.000	
13	Standard	-	Kartesisch	10.275	0.000	0.000	
14	Standard	-	Kartesisch	12.575	0.000	0.000	
15	Standard	-	Kartesisch	14.550	0.000	0.000	
16	Standard	-	Kartesisch	8.125	0.350	0.000	
17	Standard	-	Kartesisch	9.225	0.350	0.000	
18	Standard	-	Kartesisch	8.675	0.750	0.000	
19	Standard	-	Kartesisch	4.525	0.925	0.000	
20	Standard	-	Kartesisch	8.125	1.150	0.000	
21	Standard	-	Kartesisch	9.225	1.150	0.000	
22	Standard	-	Kartesisch	3.147	1.199	0.000	
23	Standard	-	Kartesisch	5.903	1.199	0.000	
24	Standard	-	Kartesisch	9.750	1.450	0.000	
25	Standard	-	Kartesisch	10.800	1.450	0.000	
26	Standard	-	Kartesisch	12.050	1.450	0.000	
27	Standard	-	Kartesisch	13.100	1.450	0.000	
28	Standard	-	Kartesisch	10.275	1.975	0.000	
29	Standard	-	Kartesisch	12.575	1.975	0.000	
30	Standard	-	Kartesisch	1.979	1.979	0.000	
31	Standard	-	Kartesisch	7.071	1.979	0.000	
32	Standard	-	Kartesisch	9.750	2.500	0.000	
33	Standard	-	Kartesisch	10.800	2.500	0.000	
34	Standard	-	Kartesisch	12.050	2.500	0.000	
35	Standard	-	Kartesisch	13.100	2.500	0.000	
36	Standard	-	Kartesisch	1.199	3.147	0.000	
37	Standard	-	Kartesisch	7.851	3.147	0.000	
38	Standard	-	Kartesisch	9.750	3.750	0.000	
39	Standard	-	Kartesisch	10.800	3.750	0.000	
40	Standard	-	Kartesisch	12.050	3.750	0.000	
41	Standard	-	Kartesisch	13.100	3.750	0.000	
42	Standard	-	Kartesisch	10.275	4.275	0.000	
43	Standard	-	Kartesisch	12.575	4.275	0.000	
44	Standard	-	Kartesisch	0.925	4.525	0.000	
45	Standard	-	Kartesisch	4.525	4.525	0.000	
46	Standard	-	Kartesisch	8.125	4.525	0.000	
47	Standard	-	Kartesisch	9.750	4.800	0.000	
48	Standard	-	Kartesisch	10.800	4.800	0.000	
49	Standard	-	Kartesisch	12.050	4.800	0.000	
50	Standard	-	Kartesisch	13.100	4.800	0.000	
51	Standard	-	Kartesisch	1.199	5.903	0.000	
52	Standard	-	Kartesisch	7.851	5.903	0.000	
53	Standard	-	Kartesisch	9.750	7.000	0.000	
54	Standard	-	Kartesisch	10.800	7.000	0.000	
55	Standard	-	Kartesisch	12.050	7.000	0.000	
56	Standard	-	Kartesisch	13.100	7.000	0.000	
57	Standard	-	Kartesisch	1.979	7.071	0.000	
58	Standard	-	Kartesisch	7.071	7.071	0.000	
59	Standard	-	Kartesisch	10.275	7.525	0.000	
60	Standard	-	Kartesisch	12.575	7.525	0.000	
61	Standard	-	Kartesisch	3.147	7.851	0.000	
62	Standard	-	Kartesisch	5.903	7.851	0.000	
63	Standard	-	Kartesisch	9.750	8.050	0.000	
64	Standard	-	Kartesisch	10.800	8.050	0.000	
65	Standard	-	Kartesisch	12.050	8.050	0.000	
66	Standard	-	Kartesisch	13.100	8.050	0.000	
67	Standard	-	Kartesisch	4.525	8.125	0.000	

Knoten Nr.	Knotentyp	Bezugs-Knoten	Koordinaten-System	Knotenkoordinaten			Kommentar
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
68	Standard	-	Kartesisch	13.550	8.175	0.000	
69	Standard	-	Kartesisch	14.550	8.175	0.000	
70	Standard	-	Kartesisch	8.125	8.275	0.000	
71	Standard	-	Kartesisch	9.225	8.275	0.000	
72	Standard	-	Kartesisch	8.675	8.675	0.000	
73	Standard	-	Kartesisch	8.125	9.075	0.000	
74	Standard	-	Kartesisch	9.225	9.075	0.000	
75	Standard	-	Kartesisch	13.550	9.175	0.000	
76	Standard	-	Kartesisch	14.550	9.175	0.000	
77	Standard	-	Kartesisch	4.525	9.225	0.000	
78	Standard	-	Kartesisch	9.750	9.300	0.000	
79	Standard	-	Kartesisch	10.800	9.300	0.000	
80	Standard	-	Kartesisch	12.050	9.300	0.000	
81	Standard	-	Kartesisch	13.100	9.300	0.000	
82	Standard	-	Kartesisch	3.147	9.499	0.000	
83	Standard	-	Kartesisch	5.903	9.499	0.000	
84	Standard	-	Kartesisch	10.275	9.825	0.000	
85	Standard	-	Kartesisch	12.575	9.825	0.000	
86	Standard	-	Kartesisch	1.979	10.279	0.000	
87	Standard	-	Kartesisch	7.071	10.279	0.000	
88	Standard	-	Kartesisch	9.750	10.350	0.000	
89	Standard	-	Kartesisch	10.800	10.350	0.000	
90	Standard	-	Kartesisch	12.050	10.350	0.000	
91	Standard	-	Kartesisch	13.100	10.350	0.000	
92	Standard	-	Kartesisch	1.199	11.447	0.000	
93	Standard	-	Kartesisch	7.851	11.447	0.000	
94	Standard	-	Kartesisch	9.750	12.550	0.000	
95	Standard	-	Kartesisch	10.800	12.550	0.000	
96	Standard	-	Kartesisch	12.050	12.550	0.000	
97	Standard	-	Kartesisch	13.100	12.550	0.000	
98	Standard	-	Kartesisch	0.925	12.825	0.000	
99	Standard	-	Kartesisch	4.525	12.825	0.000	
100	Standard	-	Kartesisch	8.125	12.825	0.000	
101	Standard	-	Kartesisch	10.275	13.075	0.000	
102	Standard	-	Kartesisch	12.575	13.075	0.000	
103	Standard	-	Kartesisch	9.750	13.600	0.000	
104	Standard	-	Kartesisch	10.800	13.600	0.000	
105	Standard	-	Kartesisch	12.050	13.600	0.000	
106	Standard	-	Kartesisch	13.100	13.600	0.000	
107	Standard	-	Kartesisch	1.199	14.203	0.000	
108	Standard	-	Kartesisch	7.851	14.203	0.000	
109	Standard	-	Kartesisch	9.750	14.850	0.000	
110	Standard	-	Kartesisch	10.800	14.850	0.000	
111	Standard	-	Kartesisch	12.050	14.850	0.000	
112	Standard	-	Kartesisch	13.100	14.850	0.000	
113	Standard	-	Kartesisch	1.979	15.371	0.000	
114	Standard	-	Kartesisch	7.071	15.371	0.000	
115	Standard	-	Kartesisch	10.275	15.375	0.000	
116	Standard	-	Kartesisch	12.575	15.375	0.000	
117	Standard	-	Kartesisch	9.750	15.900	0.000	
118	Standard	-	Kartesisch	10.800	15.900	0.000	
119	Standard	-	Kartesisch	12.050	15.900	0.000	
120	Standard	-	Kartesisch	13.100	15.900	0.000	
121	Standard	-	Kartesisch	3.147	16.151	0.000	
122	Standard	-	Kartesisch	5.903	16.151	0.000	
123	Standard	-	Kartesisch	8.125	16.200	0.000	
124	Standard	-	Kartesisch	9.225	16.200	0.000	
125	Standard	-	Kartesisch	4.525	16.425	0.000	
126	Standard	-	Kartesisch	8.675	16.600	0.000	
127	Standard	-	Kartesisch	8.125	17.000	0.000	
128	Standard	-	Kartesisch	9.225	17.000	0.000	
129	Standard	-	Kartesisch	0.000	17.350	0.000	
130	Standard	-	Kartesisch	0.000	17.350	0.000	
131	Standard	-	Kartesisch	4.525	17.350	0.000	
132	Standard	-	Kartesisch	8.675	17.350	0.000	
133	Standard	-	Kartesisch	10.275	17.350	0.000	
134	Standard	-	Kartesisch	12.575	17.350	0.000	
135	Standard	-	Kartesisch	12.575	17.350	0.000	

Knoten Nr.	Knotentyp	Bezugs-Knoten	Koordinaten-System	Knotenkoordinaten			Kommentar
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
136	Standard	-	Kartesisch	14.550	17.350	0.000	

Linien

Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge L [m]		Kommentar
1	Polylinie	1,2	14.550	X	
2	Polylinie	1,3	17.350	Y	
3	Polylinie	2,4	17.350	Y	
4	Polylinie	3,4	14.550	X	
5	Polylinie	5,1	1.100	Z	
6	Polylinie	6,2	1.100	Z	
7	Polylinie	7,3	1.100	Z	
8	Polylinie	8,4	1.100	Z	
9	Polylinie	5,6	14.550	X	
10	Polylinie	5,7	17.350	Y	
11	Polylinie	6,8	17.350	Y	
12	Polylinie	7,8	14.550	X	
13	Polylinie	9,5	1.200	Z	
14	Polylinie	15,6	1.200	Z	
15	Polylinie	129,7	1.200	Z	
16	Polylinie	136,8	1.200	Z	
17	Polylinie	9,11	4.525	X	
18	Polylinie	11,12	4.150	X	
19	Polylinie	12,13	1.600	X	
20	Polylinie	13,14	2.300	X	
21	Polylinie	14,15	1.975	X	
22	Polylinie	16,17	1.100	X	
23	Polylinie	12,18	0.750	Y	
24	Polylinie	16,20	0.800	Y	
25	Polylinie	17,21	0.800	Y	
26	Polylinie	28,13	1.975	Y	
27	Polylinie	14,29	1.975	Y	
28	Polylinie	20,21	1.100	X	
29	Bogen	30,22,19	2.827	XY	
30	Bogen	19,23,31	2.827	XY	
31	Polylinie	24,25	1.050	X	
32	Polylinie	26,27	1.050	X	
33	Polylinie	32,24	1.050	Y	
34	Polylinie	33,25	1.050	Y	
35	Polylinie	34,26	1.050	Y	
36	Polylinie	35,27	1.050	Y	
37	Polylinie	11,45	4.525	Y	
38	Polylinie	32,33	1.050	X	
39	Polylinie	34,35	1.050	X	
40	Polylinie	42,28	2.300	Y	
41	Polylinie	29,43	2.300	Y	
42	Bogen	44,36,30	2.827	XY	
43	Bogen	31,37,46	2.827	XY	
44	Polylinie	38,39	1.050	X	
45	Polylinie	40,41	1.050	X	
46	Polylinie	15,69	8.175	Y	
47	Polylinie	47,38	1.050	Y	
48	Polylinie	48,39	1.050	Y	
49	Polylinie	49,40	1.050	Y	
50	Polylinie	50,41	1.050	Y	
51	Polylinie	18,72	7.925	Y	
52	Polylinie	47,48	1.050	X	
53	Polylinie	49,50	1.050	X	
54	Polylinie	59,42	3.250	Y	
55	Polylinie	43,60	3.250	Y	
56	Bogen	57,51,44	2.827	XY	
57	Bogen	46,52,58	2.827	XY	
58	Polylinie	53,54	1.050	X	
59	Polylinie	55,56	1.050	X	
60	Polylinie	63,53	1.050	Y	
61	Polylinie	64,54	1.050	Y	
62	Polylinie	65,55	1.050	Y	

Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge L [m]		Kommentar
63	Polylinie	66,56	1.050	Y	
64	Bogen	67,61,57	2.827	XY	
65	Bogen	58,62,67	2.827	XY	
66	Polylinie	63,64	1.050	X	
67	Polylinie	65,66	1.050	X	
68	Polylinie	68,69	1.000	X	
69	Polylinie	70,71	1.100	X	
70	Polylinie	9,129	17.350	Y	
71	Polylinie	45,99	8.300	Y	
72	Polylinie	70,73	0.800	Y	
73	Polylinie	71,74	0.800	Y	
74	Polylinie	84,59	2.300	Y	
75	Polylinie	60,85	2.300	Y	
76	Polylinie	75,68	1.000	Y	
77	Polylinie	76,69	1.000	Y	
78	Polylinie	73,74	1.100	X	
79	Polylinie	75,76	1.000	X	
80	Polylinie	78,79	1.050	X	
81	Polylinie	80,81	1.050	X	
82	Bogen	86,82,77	2.827	XY	
83	Bogen	77,83,87	2.827	XY	
84	Polylinie	88,78	1.050	Y	
85	Polylinie	89,79	1.050	Y	
86	Polylinie	90,80	1.050	Y	
87	Polylinie	91,81	1.050	Y	
88	Polylinie	88,89	1.050	X	
89	Polylinie	90,91	1.050	X	
90	Bogen	98,92,86	2.827	XY	
91	Bogen	87,93,100	2.827	XY	
92	Polylinie	101,84	3.250	Y	
93	Polylinie	85,102	3.250	Y	
94	Polylinie	94,95	1.050	X	
95	Polylinie	96,97	1.050	X	
96	Polylinie	72,126	7.925	Y	
97	Polylinie	103,94	1.050	Y	
98	Polylinie	104,95	1.050	Y	
99	Polylinie	105,96	1.050	Y	
100	Polylinie	106,97	1.050	Y	
101	Polylinie	76,136	8.175	Y	
102	Polylinie	103,104	1.050	X	
103	Polylinie	105,106	1.050	X	
104	Bogen	113,107,98	2.827	XY	
105	Bogen	100,108,114	2.827	XY	
106	Polylinie	115,101	2.300	Y	
107	Polylinie	102,116	2.300	Y	
108	Polylinie	109,110	1.050	X	
109	Polylinie	111,112	1.050	X	
110	Polylinie	99,131	4.525	Y	
111	Polylinie	117,109	1.050	Y	
112	Polylinie	118,110	1.050	Y	
113	Polylinie	119,111	1.050	Y	
114	Polylinie	120,112	1.050	Y	
115	Polylinie	117,118	1.050	X	
116	Polylinie	119,120	1.050	X	
117	Bogen	125,121,113	2.827	XY	
118	Bogen	114,122,125	2.827	XY	
119	Polylinie	123,124	1.100	X	
120	Polylinie	133,115	1.975	Y	
121	Polylinie	116,135	1.975	Y	
122	Polylinie	123,127	0.800	Y	
123	Polylinie	124,128	0.800	Y	
124	Polylinie	126,132	0.750	Y	
125	Polylinie	127,128	1.100	X	
126	Polylinie	129,131	4.525	X	
127	Polylinie	131,132	4.150	X	
128	Polylinie	132,133	1.600	X	
129	Polylinie	133,135	2.300	X	
130	Polylinie	135,136	1.975	X	

Flächen

Fläche Nr.	Flächentyp		Begrenzungslinien Nr.	Mat. Nr.	Dicke		Fläche A [m ²]	Gewicht G [kg]
	Geometrie	Steifigkeit			Typ	d [mm]		
1	Eben	Standard	1,6,9,5	1	Konstant	250.0	16.005	10003.10
2	Eben	Standard	2,7,10,5	1	Konstant	250.0	19.085	11928.10
3	Eben	Standard	3,8,11,6	1	Konstant	250.0	19.085	11928.10
4	Eben	Standard	4,8,12,7	1	Konstant	250.0	16.005	10003.10
5	Eben	Standard	13,17-21,14,9	1	Konstant	250.0	17.460	10912.50
6	Eben	Standard	13,70,15,10	1	Konstant	250.0	20.820	13012.50
7	Eben	Standard	14,46,77,101,16,11	1	Konstant	250.0	20.820	13012.50
8	Eben	Standard	15,126-130,16,12	1	Konstant	250.0	17.460	10912.50
9	Eben	Standard	126-130,101,77,46,21-17,70	1	Konstant	250.0	251.443	157152.00

Flächen – integrierte Objekte

Fläche Nr.	Integrierte Objekte Nr.			Öffnungen	Kommentar
	Knoten	Linien			
5	10				
6	10,130				
8	130,134				
9	10,130,134	22-45,47-67,69,71-75,78,80-100,102-125		1	

Öffnungen

Öffnung Nr.	Begrenzungslinien Nr.	In Fläche Nr.	Fläche A [m ²]	Kommentar
1	76,68,77,79	9	1.000	

Flächenlager

Bettung Nr.	Flächen Nr.	Federkonstanten RF-SOILIN	Stützung bzw. Feder [kN/m ³]			Schubfeder [kN/m]	
			u _x	u _y	u _z	v _{xz}	v _{yz}
1	5-22	-	x	x	5000.000	-	-

Anmerkung

Korrekt wäre einen Zugausfall des Flächenlagers in das Modell zu implementieren. Die Linearität des Modells wäre dann nicht mehr gegeben. Infolgedessen wird an dieser Stelle auf einen Zugausfall des Lagers verzichtet.

Die Ergebnisse der Bemessung liegen auf der sicheren Seite. Eine Kippgefahr der Konstruktion besteht nicht. Die Modellierung der Lagerung ohne Zugausfall ist an dieser Stelle vertretbar.

Lastfälle

Lastfall	LF-Bezeichnung	EN 1990 DIN Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung			
			Aktiv	X	Y	Z
LF1	EG - Eigengewicht	Ständig	x	0.000	0.000	1.000
LF2	NL - Apparat A 01	Nutzlasten - Kategorie E: Lagerräume	-			
LF3	NL - Apparat A 02	Nutzlasten - Kategorie E: Lagerräume	-			
LF4	NL - Apparat A 03	Nutzlasten - Kategorie E: Lagerräume	-			
LF5	NL - Apparat A 04	Nutzlasten - Kategorie E: Lagerräume	-			
LF6	NL - Apparat A 05	Nutzlasten - Kategorie E: Lagerräume	-			
LF7	NL - RB 01	Nutzlasten - Kategorie E: Lagerräume	-			
LF8	NL - SLW 60	Nutzlasten - Kategorie E: Lagerräume	-			
LF9	S - Schnee	Schnee (H £ 1000 m über NN)	-			
LF10	W - Wind 0°	Wind	-			
LF11	W - Wind 90°	Wind	-			
LF12	W - Wind 180°	Wind	-			
LF13	W - Wind 270°	Wind	-			
LF14	W - Wind 45°	Wind	-			
LF15	W - Wind 135°	Wind	-			
LF16	W - Wind 225°	Wind	-			
LF17	W - Wind 315°	Wind	-			
LF18	AE - Erdbeben 0°	Erdbeben	-			
LF19	AE - Erdbeben 90°	Erdbeben	-			
LF20	AE - Erdbeben 180°	Erdbeben	-			
LF21	AE - Erdbeben 270°	Erdbeben	-			
LF22	AE - Erdbeben 45°	Erdbeben	-			
LF23	AE - Erdbeben 135°	Erdbeben	-			
LF24	AE - Erdbeben 225°	Erdbeben	-			
LF25	AE - Erdbeben 315°	Erdbeben	-			
LF26	A - Flüssigkeitsanstauung	Außergewöhnlich	-			
LF27	T - Sommer	Temperatur (ohne Brand)	-			
LF28	T - Winter	Temperatur (ohne Brand)	-			

Einwirkungen

Einwirkung	Einwirkung Bezeichnung	EN 1990 DIN Einwirkungskategorie	Wirkung	Lastfälle in Einwirkung	
				Einwirkung	Lastfälle
E1	Ständig	Ständig	Gleichzeitig	LF1	EG - Eigengewicht
E2	Nutzlasten	Nutzlasten - Kategorie E: Lagerräume		LF2	NL - Apparat A 01
				LF3	NL - Apparat A 02
				LF4	NL - Apparat A 03
				LF5	NL - Apparat A 04
				LF6	NL - Apparat A 05
				LF7	NL - RB 01
				LF8	NL - SLW 60
E3	Schnee	Schnee (H £ 1000 m über NN)	Alternativ	LF9	S - Schnee
E4	Wind	Wind		LF10	W - Wind 0°
				LF11	W - Wind 90°
				LF12	W - Wind 180°
				LF13	W - Wind 270°
				LF14	W - Wind 45°
				LF15	W - Wind 135°
				LF16	W - Wind 225°
				LF17	W - Wind 315°
E5	Erdbeben	Erdbeben		Alternativ	LF18
			LF19		AE - Erdbeben 90°
			LF20		AE - Erdbeben 180°
			LF21		AE - Erdbeben 270°
			LF22		AE - Erdbeben 45°
			LF23		AE - Erdbeben 135°
			LF24		AE - Erdbeben 225°
			LF25		AE - Erdbeben 315°
E6	Außergewöhnlich	Außergewöhnlich	Alternativ	LF26	A - Flüssigkeitsanstauung
E7	Temperatur	Temperatur (ohne Brand)		LF27	T - Sommer
				LF28	T - Winter

Kombinationsregeln

Kombin. Regel	Bezeichnung	EN 1990 DIN	
		Bemessungssituation	Kombinationsgleichung
KR1	GZT	Grenzzustand der Tragfähigkeit (STR/GEO)	GZT (STR/GEO) - Ständig / Vorübergehend- Gl. 6.10
KR2	GZT – AE	Grenzzustand der Tragfähigkeit – Erdbeben	GZT (STR/GEO) - Erdbeben
KR3	GZT – A	Grenzzustand der Tragfähigkeit – Außergewöhnlich	GZT (STR/GEO) - Außergewöhnlich - psi-2,1 - Gl. 6.11e
KR4	GZG	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit – Quasi-ständig	GZG – Quasi ständig

Anmerkung

Die Kombinationsregel KR 2 berücksichtigt die Schneeeinwirkungen nicht mit dem, für den Erdbebenfall, korrekten Kombinationsbeiwert $\psi = 0,5$. Diese Ungenauigkeit ist in Folge der geringen Schneeeinwirkung nicht weiter von Bedeutung.

Einwirkungskombinationen

Einwirk.-Kombin.	Einwirkungskombination Bezeichnung	EN 1990 DIN		Nr.	Faktor	Einwirkung	
		Bemessungssituation					
EW1	1.50Qs/s + 1.50QiE + 0.90QT + 1.35G/s + 0.90Qw +	GZT (STR/GEO) - Ständig / Vorübergehend- Gl. 6.10		1	1.50	E3	Schnee
				2	1.35	E1	Ständig
				3	1.50	E2	Nutzlasten
				4	0.90	E4	Wind
				5	0.90	E7	Temperatur
EW2	0.75Qs + 1.50QiE/s + 0.90QT + 1.35G/s + 0.90Qw +	GZT (STR/GEO) - Ständig / Vorübergehend- Gl. 6.10		1	0.75	E3	Schnee
				2	1.35	E1	Ständig
				3	1.50	E2	Nutzlasten
				4	0.90	E4	Wind
				5	0.90	E7	Temperatur
EW3	0.75Qs + 1.50QiE + 0.90QT + 1.35G/s + 1.50Qw/s +	GZT (STR/GEO) - Ständig / Vorübergehend- Gl. 6.10		1	0.75	E3	Schnee
				2	1.35	E1	Ständig
				3	1.50	E2	Nutzlasten
				4	1.50	E4	Wind
				5	0.90	E7	Temperatur
EW4	0.75Qs + 1.50QiE + 1.50QT/s + 1.35G/s + 0.90Qw +	GZT (STR/GEO) - Ständig / Vorübergehend- Gl. 6.10		1	0.75	E3	Schnee
				2	1.35	E1	Ständig
				3	1.50	E2	Nutzlasten
				4	0.90	E4	Wind
				5	1.50	E7	Temperatur
EW5	1.50Qs/s + 1.50QiE + 0.90QT + 1.00G/s + 0.90Qw +	GZT (STR/GEO) - Ständig / Vorübergehend- Gl. 6.10		1	1.50	E3	Schnee
				2	1.00	E1	Ständig
				3	1.50	E2	Nutzlasten
				4	0.90	E4	Wind
				5	0.90	E7	Temperatur
EW6	0.75Qs + 1.50QiE/s + 0.90QT + 1.00G/s + 0.90Qw +	GZT (STR/GEO) - Ständig / Vorübergehend- Gl. 6.10		1	0.75	E3	Schnee
				2	1.00	E1	Ständig
				3	1.50	E2	Nutzlasten
				4	0.90	E4	Wind
				5	0.90	E7	Temperatur

Einwirk.- Kombin.	Einwirkungskombination Bezeichnung	EN 1990 DIN Bemessungssituation	Nr	Faktor	Einwirkung	
EW7	0.75Qs + 1.00G/s + 1.50QiE + 1.50Qw/s + 0.90QT	GZT (STR/GEO) - Ständig / Vorübergehend- Gl. 6.10	1	0.75	E3	Schnee
			2	1.00	E1	Ständig
			3	1.50	E2	Nutzlasten
			4	1.50	E4	Wind
			5	0.90	E7	Temperatur
EW8	0.75Qs + 1.00G/s + 1.50QiE + 0.90Qw + 1.50QT/s	GZT (STR/GEO) - Ständig / Vorübergehend- Gl. 6.10	1	0.75	E3	Schnee
			2	1.00	E1	Ständig
			3	1.50	E2	Nutzlasten
			4	0.90	E4	Wind
			5	1.50	E7	Temperatur
EW9	0.00Qs + 1.00G/s + 0.80QiE + 0.00Qw + 1.00AE/s + 0.00QT	GZT (STR/GEO) - Erdbeben	1	0.00	E3	Schnee
			2	1.00	E1	Ständig
			3	0.80	E2	Nutzlasten
			4	0.00	E4	Wind
			5	1.00	E5	Erdbeben
			6	0.00	E7	Temperatur
EW10	0.00Qs + 1.00G/s + 0.80QiE + 0.00Qw + 1.00A/s + 0.00QT	GZT (STR/GEO) - Außergewöhnlich - psi-2,1 - Gl. 6.11e	1	0.00	E3	Schnee
			2	1.00	E1	Ständig
			3	0.80	E2	Nutzlasten
			4	0.00	E4	Wind
			5	1.00	E6	Außergewöhnlich
			6	0.00	E7	Temperatur
EW11	0.00Qs + 1.00G/s + 0.80QiE + 0.00Qw + 0.00QT	GZG - Quasi-ständig	1	0.00	E3	Schnee
			2	1.00	E1	Ständig
			3	0.80	E2	Nutzlasten
			4	0.00	E4	Wind
			5	0.00	E7	Temperatur

Ergebniskombinationen

Ergebn.- kombin.	Bezeichnung	Belastung
EK1	1.00*LF9	LF9
EK2	1.00*LF1/s	LF1/s
EK3	1.00*LF2 + 1.00*LF3 + 1.00*LF4 + 1.00*LF5 + 1.00*LF6 + 1.00*LF7 + 1.00*LF8	LF2 + LF3 + LF4 + LF5 + LF6 + LF7 + LF8
EK4	1.00*LF10 oder 1.00*LF11 oder 1.00*LF12 oder 1.00*LF13 oder 1.00*LF14 oder 1.00*LF15 oder 1.00*LF16 oder 1.00*LF17	LF10 oder bis LF17
EK5	1.00*LF27 oder 1.00*LF28	LF27 oder LF28
EK6		1.5*EK1/s + 1.35*EK2/s + 1.5*EK3 + 0.9*EK4 + 0.9*EK5
EK7		0.75*EK1 + 1.35*EK2/s + 1.5*EK3/s + 0.9*EK4 + 0.9*EK5
EK8		0.75*EK1 + 1.35*EK2/s + 1.5*EK3 + 1.5*EK4/s + 0.9*EK5
EK9		0.75*EK1 + 1.35*EK2/s + 1.5*EK3 + 0.9*EK4 + 1.5*EK5/s
EK10		1.5*EK1/s + EK2/s + 1.5*EK3 + 0.9*EK4 + 0.9*EK5
EK11		0.75*EK1 + EK2/s + 1.5*EK3/s + 0.9*EK4 + 0.9*EK5
EK12		0.75*EK1 + EK2/s + 1.5*EK3 + 1.5*EK4/s + 0.9*EK5
EK13		0.75*EK1 + EK2/s + 1.5*EK3 + 0.9*EK4 + 1.5*EK5/s
EK14	1.00*LF10 oder 1.00*LF11 oder 1.00*LF12 oder 1.00*LF13 oder 1.00*LF14 oder 1.00*LF15 oder 1.00*LF16 oder 1.00*LF17	LF10 oder bis LF17
EK15	1.00*LF18 oder 1.00*LF19 oder 1.00*LF20 oder 1.00*LF21 oder 1.00*LF22 oder 1.00*LF23 oder 1.00*LF24 oder 1.00*LF25	LF18 oder bis LF25
EK16		0*EK1 + EK2/s + 0.8*EK3 + 0*EK14 + EK15/s + 0*EK5
EK17	1.00*LF10 oder 1.00*LF11 oder 1.00*LF12 oder 1.00*LF13 oder 1.00*LF14 oder 1.00*LF15 oder 1.00*LF16 oder 1.00*LF17	LF10 oder bis LF17
EK18	1.00*LF26	LF26
EK19		0*EK1 + EK2/s + 0.8*EK3 + 0*EK17 + EK18/s + 0*EK5
EK20	1.00*LF10 oder 1.00*LF11 oder 1.00*LF12 oder 1.00*LF13 oder 1.00*LF14 oder 1.00*LF15 oder 1.00*LF16 oder 1.00*LF17	LF10 oder bis LF17
EK21		0*EK1 + EK2/s + 0.8*EK3 + 0*EK20 + 0*EK5
EK22	GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10	EK6/s oder bis EK13
EK23	GZT (STR/GEO) - Erdbeben	EK16/s
EK24	GZT (STR/GEO) - Außergewöhnlich - psi-2,1 - Gl. 6.11e	EK19/s
EK25	GZG - Quasi-ständig	EK21/s

Einwirkungen/ Lastfälle

E 1: Ständig

LF 1: EG – Eigengewicht: Flächenlasten

Nr.	An Flächen Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastparameter			An Knoten Nr.
					Symbol	Wert	Einheit	
1	5-8	Kraft	Linear in Z	z	p ₁	0.00	kN/m ²	7
					p ₂	-5.85	kN/m ²	129

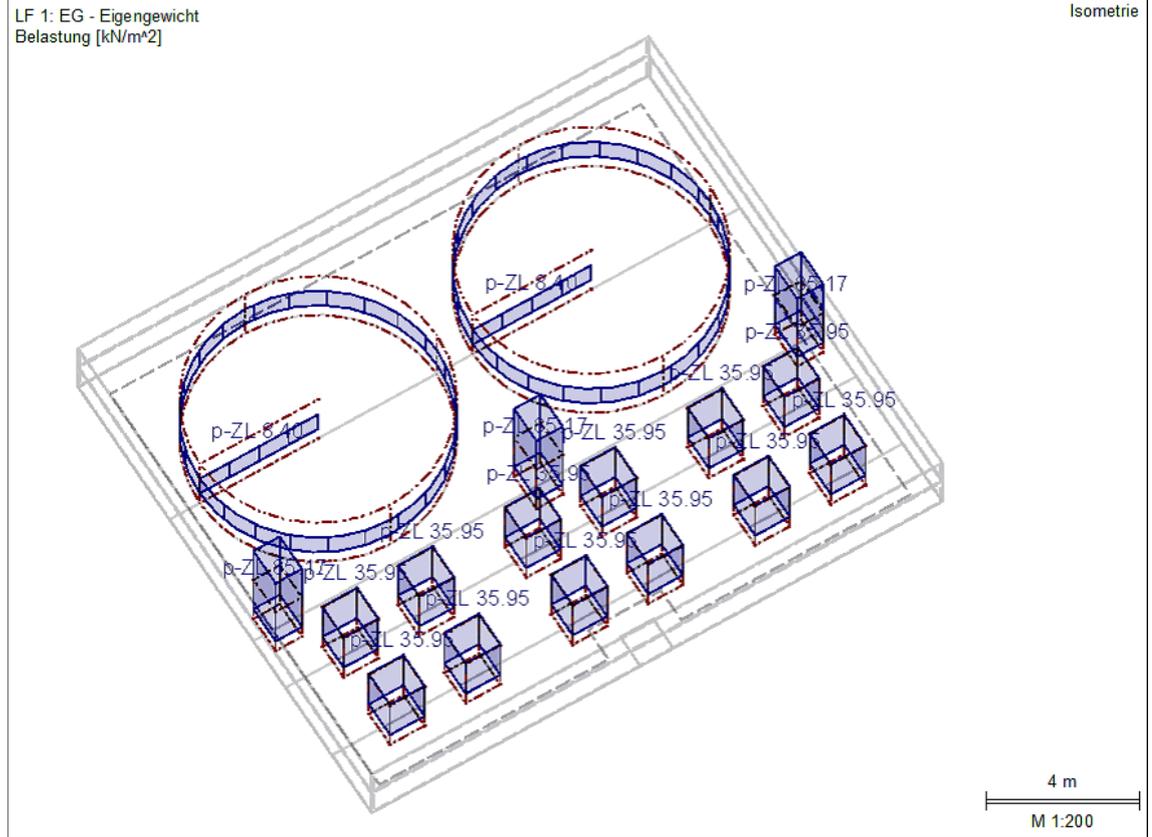
LF 1: EG – Eigengewicht: Freie Rechtecklasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Konstant	ZL	p	35.95	kN/m ²	9.750	12.550	
2	9	XY	Konstant	ZL	p	35.95	kN/m ²	10.800	13.600	
								9.750	14.850	
3	9	XY	Konstant	ZL	p	35.95	kN/m ²	10.800	15.900	
								12.050	14.850	
5	9	XY	Konstant	ZL	p	35.95	kN/m ²	13.100	15.900	
								12.050	12.550	
6	9	XY	Konstant	ZL	p	35.95	kN/m ²	13.100	13.600	
								9.750	9.300	
7	9	XY	Konstant	ZL	p	35.95	kN/m ²	10.800	10.350	
								9.750	7.000	
8	9	XY	Konstant	ZL	p	35.95	kN/m ²	10.800	8.050	
								12.050	9.300	
9	9	XY	Konstant	ZL	p	35.95	kN/m ²	13.100	10.350	
								12.050	7.000	
11	9	XY	Konstant	ZL	p	35.95	kN/m ²	13.100	8.050	
								9.750	3.750	
12	9	XY	Konstant	ZL	p	35.95	kN/m ²	10.800	4.800	
								12.050	3.750	
13	9	XY	Konstant	ZL	p	35.95	kN/m ²	13.100	4.800	
								9.750	1.450	
14	9	XY	Konstant	ZL	p	35.95	kN/m ²	10.800	2.500	
								12.050	1.450	
15	9	XY	Konstant	ZL	p	85.17	kN/m ²	13.100	2.500	
								9.225	17.000	
16	9	XY	Konstant	ZL	p	85.17	kN/m ²	8.125	16.200	
								9.225	9.075	
17	9	XY	Konstant	ZL	p	85.17	kN/m ²	8.125	8.275	
								9.225	1.150	
								8.125	0.350	

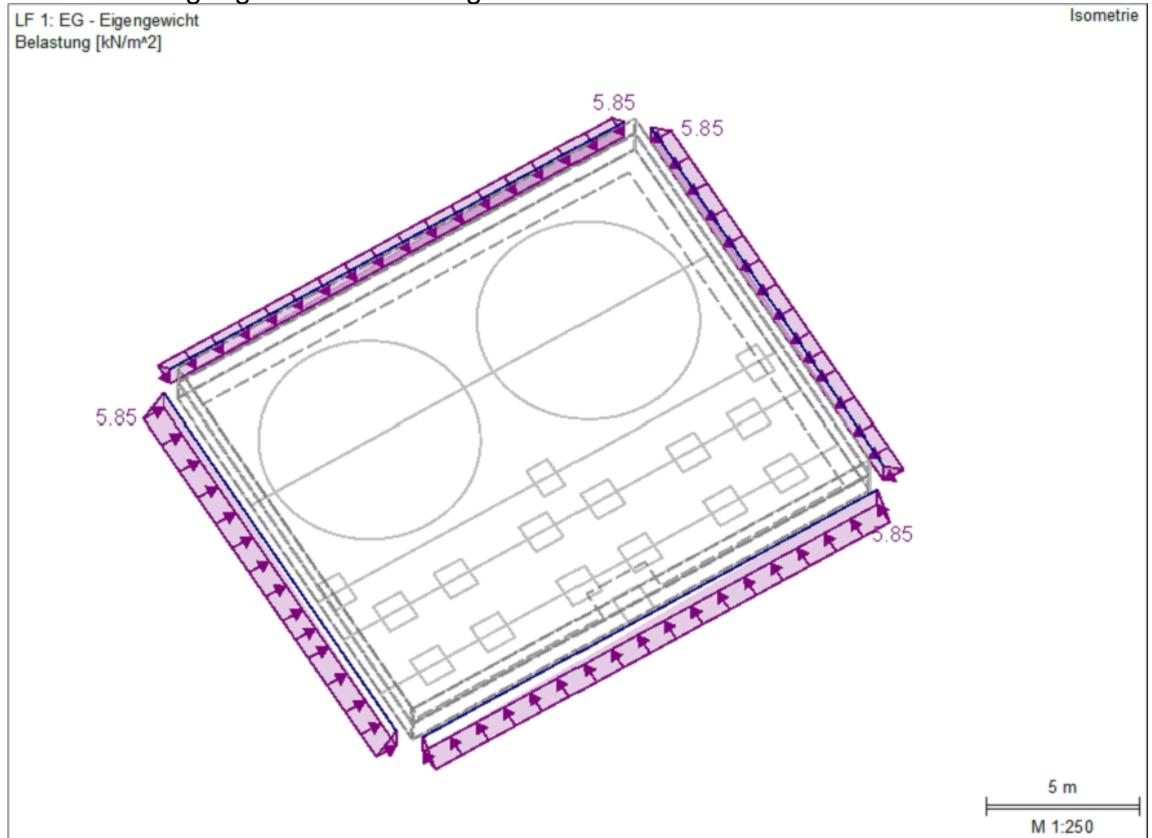
LF 1: EG – Eigengewicht: Freie Kreislasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastposition				Lastgröße		
					XYZ [m]	XYZ [m]	R [m]	p _c [kN/m ²]	p _R [kN/m ²]		
1	Alles	XY	Konstant	ZL	x	4.525	y	4.525	3.600	8.400	
2	Alles	XY	Konstant	ZL	x	4.525	y	12.825	3.600	8.400	

LF 1: EG – Eigengewicht: Belastung Bodenplatte



LF 1: EG – Eigengewicht: Belastung Tankbeckenwände

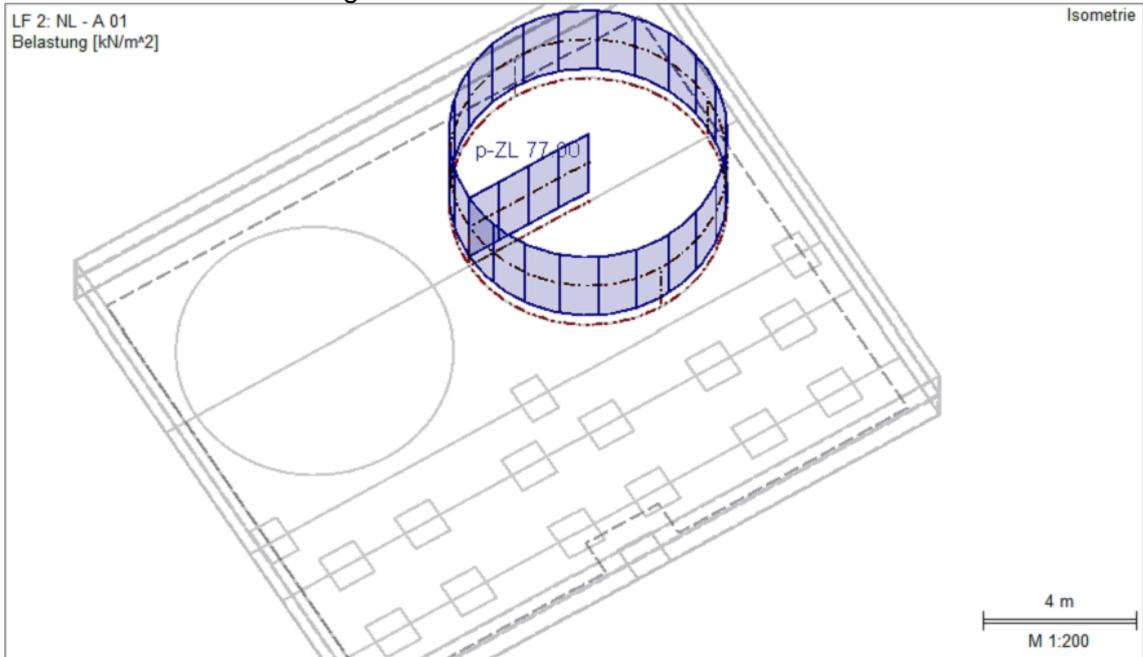


E 2: Nutzlasten

LF 2: NL – A 01: Freie Kreislasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Lastverteilung	Last-Richtung	Lastposition			Lastgröße			
					XYZ [m]	XYZ [m]	R [m]	p_c [kN/m ²]	p_R [kN/m ²]		
1	Alles	XY	Konstant	ZL	x	4.525	y	4.525	3.600	77.000	

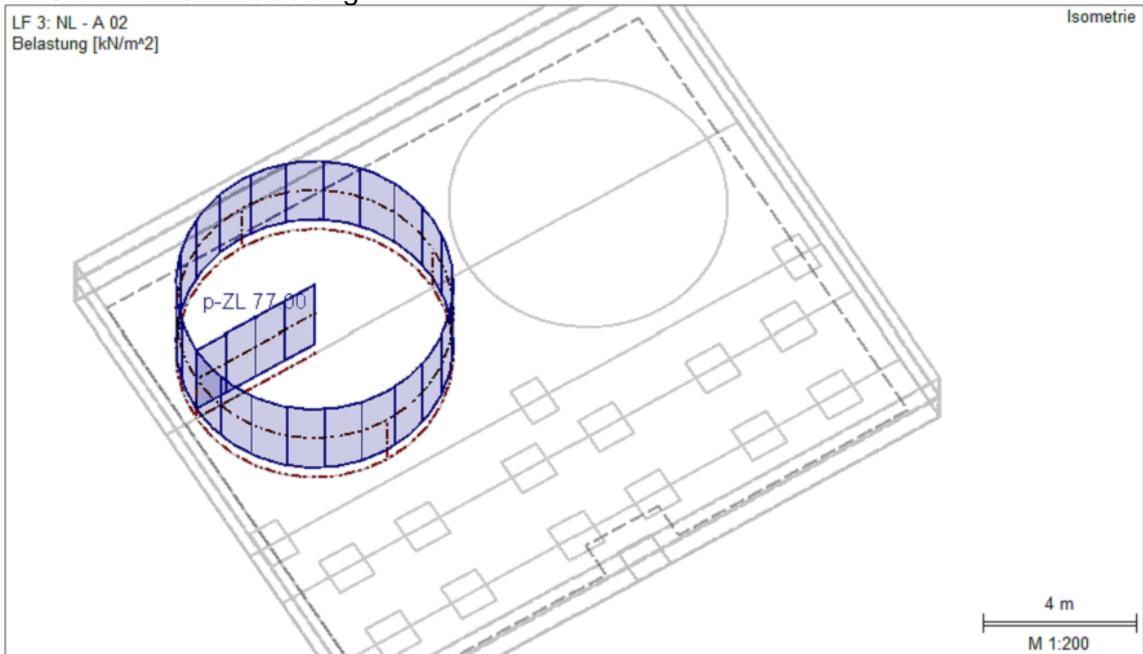
LF 2: NL – A 01: Belastung



LF 3: NL – A 02: Freie Kreislasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Lastverteilung	Last-Richtung	Lastposition			Lastgröße			
					XYZ [m]	XYZ [m]	R [m]	p_c [kN/m ²]	p_R [kN/m ²]		
1	Alles	XY	Konstant	ZL	x	4.525	y	12.825	3.600	77.000	

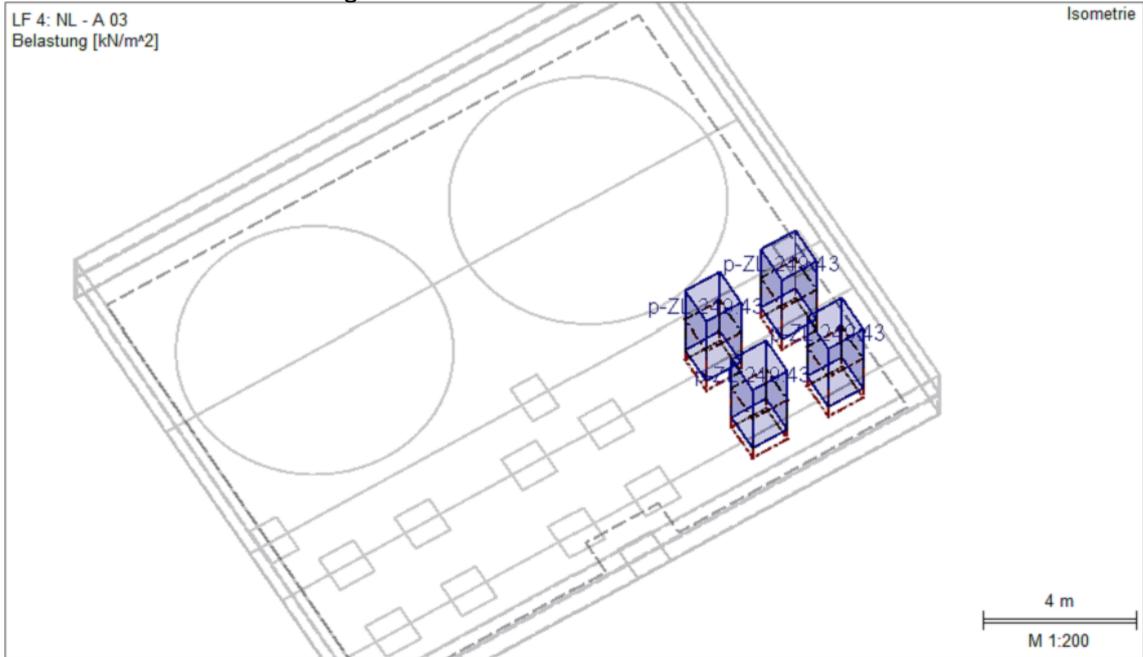
LF 3: NL – A 02: Belastung



LF 4: NL – A 03: Freie Rechtecklasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Konstant	ZL	p	249.43	kN/m ²	10.800	2.500	
								9.750	1.450	
2	9	XY	Konstant	ZL	p	249.43	kN/m ²	10.800	4.800	
								9.750	3.750	
3	9	XY	Konstant	ZL	p	249.43	kN/m ²	13.100	4.800	
								12.050	3.750	
4	9	XY	Konstant	ZL	p	249.43	kN/m ²	13.100	2.500	
								12.050	1.450	

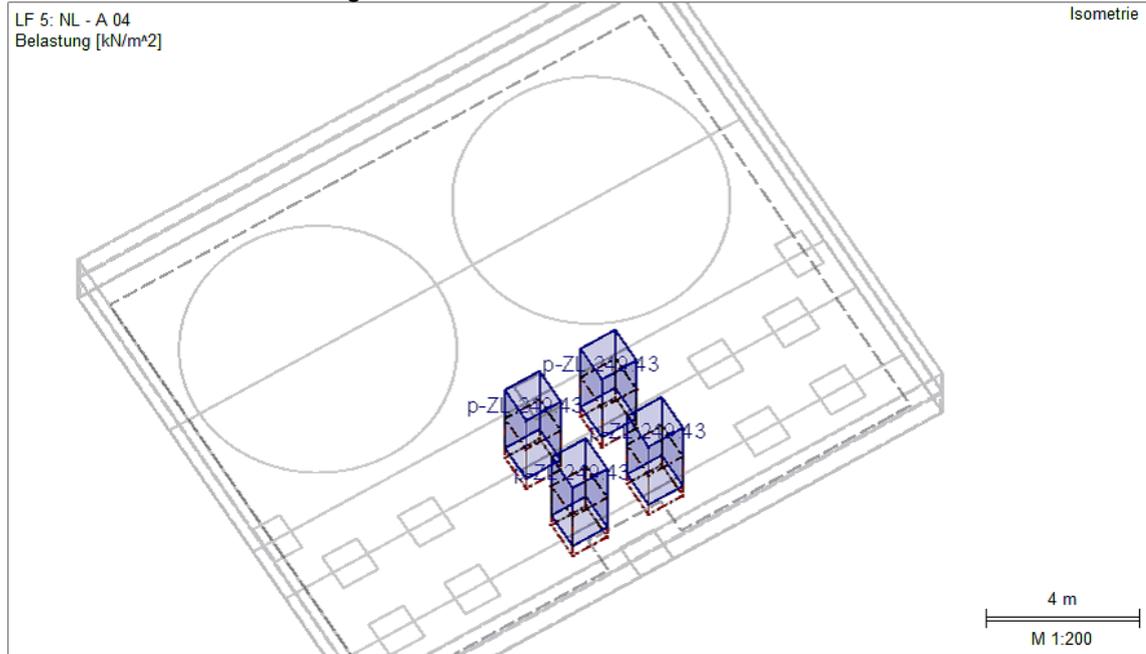
LF 4: NL – A 03: Belastung



LF 5: NL – A 04: Freie Rechtecklasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
2	9	XY	Konstant	ZL	p	249.43	kN/m ²	13.100	10.350	
								12.050	9.300	
3	9	XY	Konstant	ZL	p	249.43	kN/m ²	10.800	10.350	
								9.750	9.300	
4	9	XY	Konstant	ZL	p	249.43	kN/m ²	13.100	8.050	
								12.050	7.000	
5	9	XY	Konstant	ZL	p	249.43	kN/m ²	10.800	8.050	
								9.750	7.000	

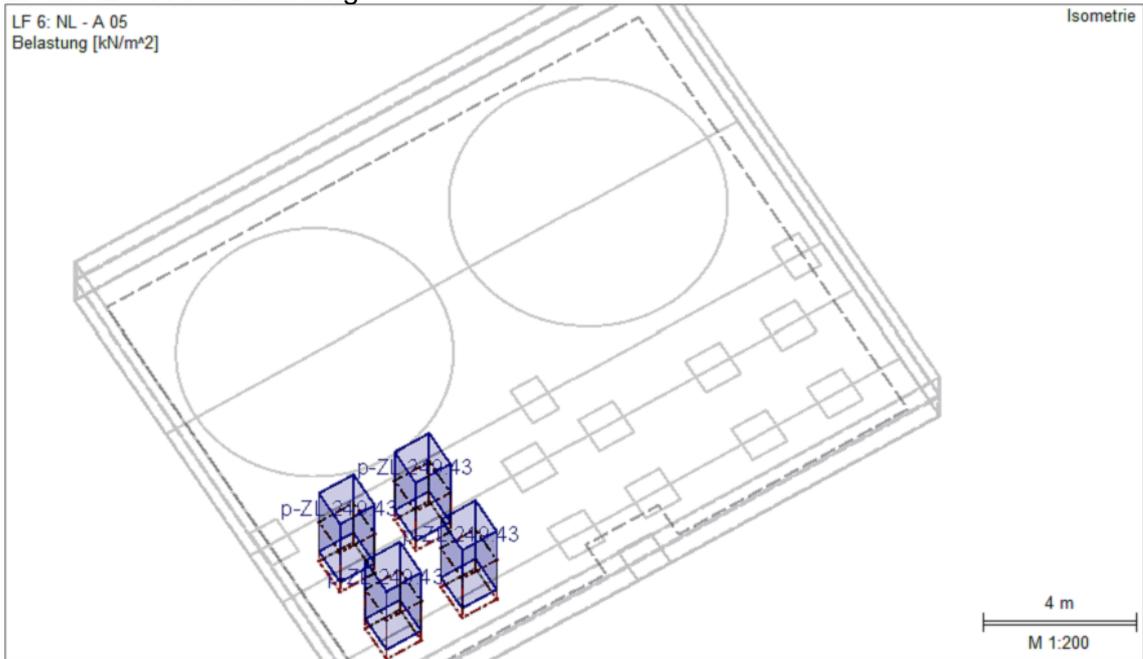
LF 5: NL – A 04: Belastung



LF 6: NL – A 05: Freie Rechtecklasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Konstant	ZL	p	249.43	kN/m ²	10.800	15.900	
2	9	XY	Konstant	ZL	p	249.43	kN/m ²	9.750	14.850	
3	9	XY	Konstant	ZL	p	249.43	kN/m ²	10.800	13.600	
4	9	XY	Konstant	ZL	p	249.43	kN/m ²	9.750	12.550	
								13.100	15.900	
								12.050	14.850	
								13.100	13.600	
								12.050	12.550	

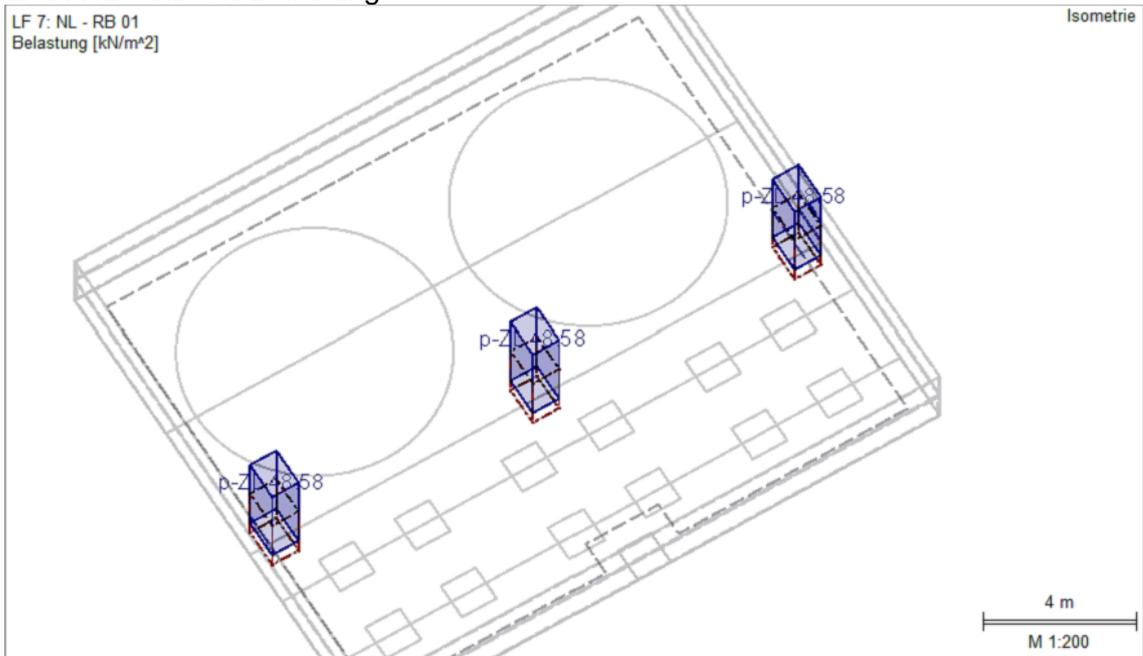
LF 6: NL – A 05: Belastung



LF 7: NL – RB 01: Freie Rechtecklasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Konstant	ZL	p	48.58	kN/m ²	9.225	17.000	
								8.125	16.200	
2	9	XY	Konstant	ZL	p	48.58	kN/m ²	9.225	9.075	
								8.125	8.275	
3	9	XY	Konstant	ZL	p	48.58	kN/m ²	9.225	1.150	
								8.125	0.350	

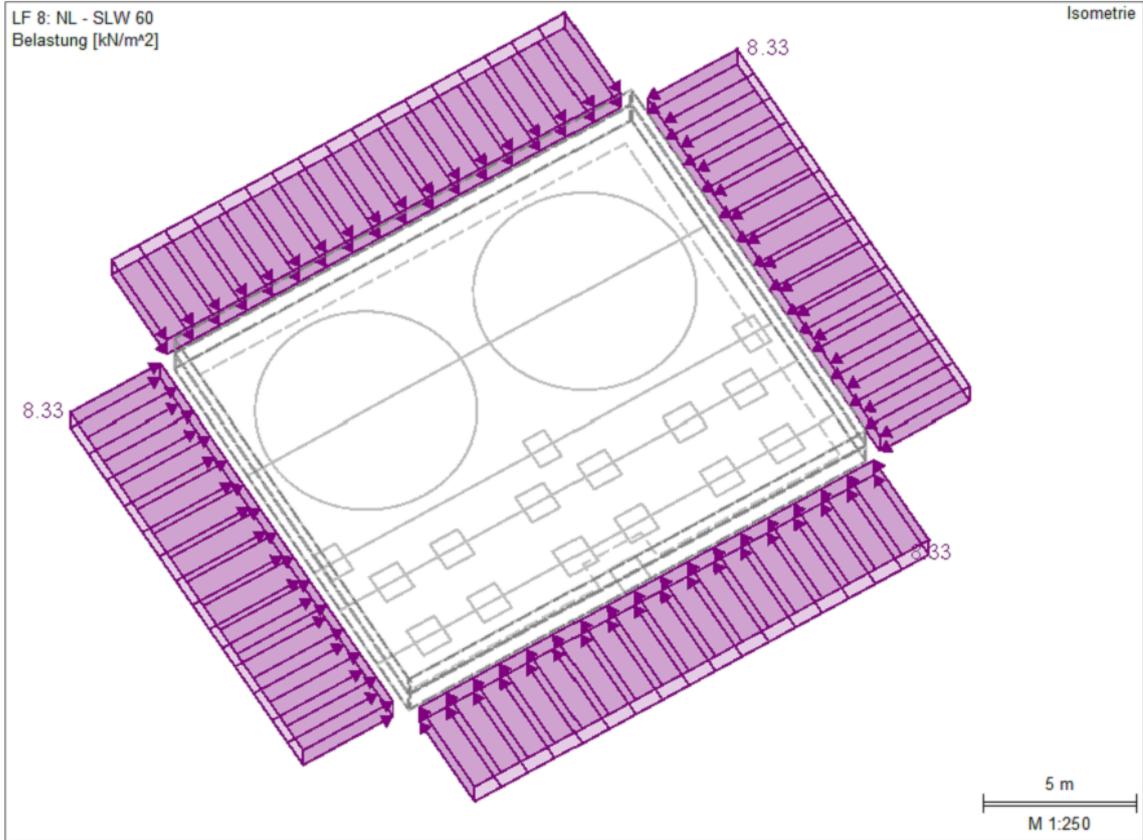
LF 7: NL – RB 01: Belastung



LF 8: NL – SLW 60: Flächenlasten

Nr.	An Flächen Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastparameter			An Knoten Nr.
					Symbol	Wert	Einheit	
1	5-8	Kraft	Konstant	z	p	-8.33	kN/m ²	

LF8: NL – SLW 60: Belastung



E 3: Schnee

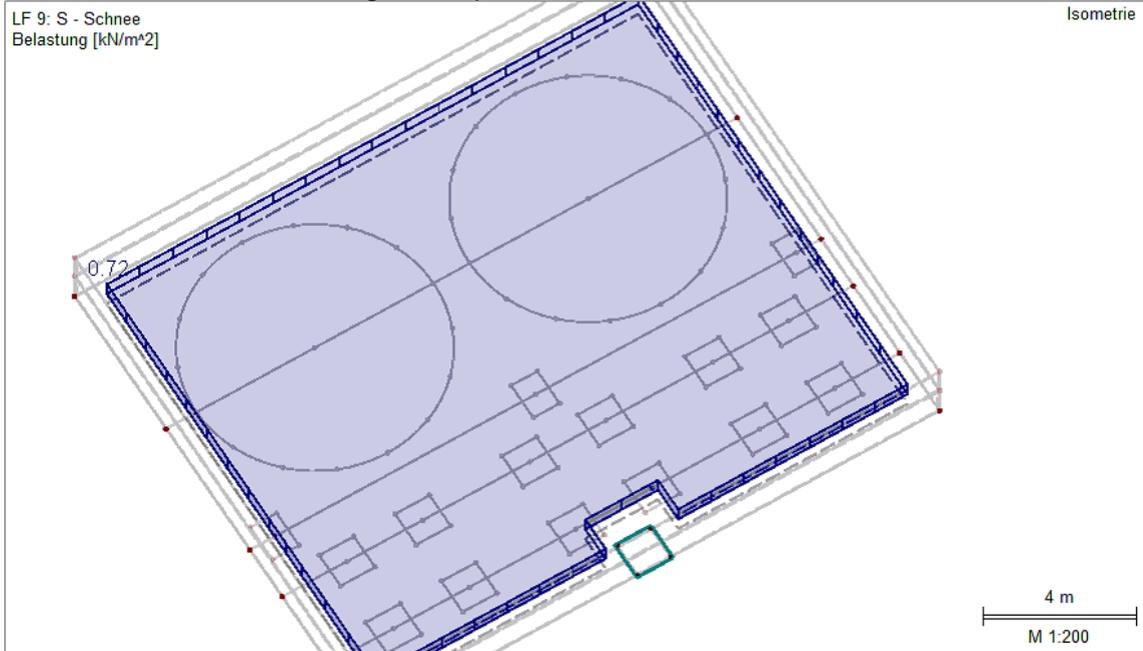
LF 9: S – Schnee: Linienlasten

Nr.	Beziehen Auf	An Linien Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Lastparameter		
						Symbol	Wert	Einheit
1	Linien	1-4	Kraft	Konstant	ZL	p	0.180	kN/m

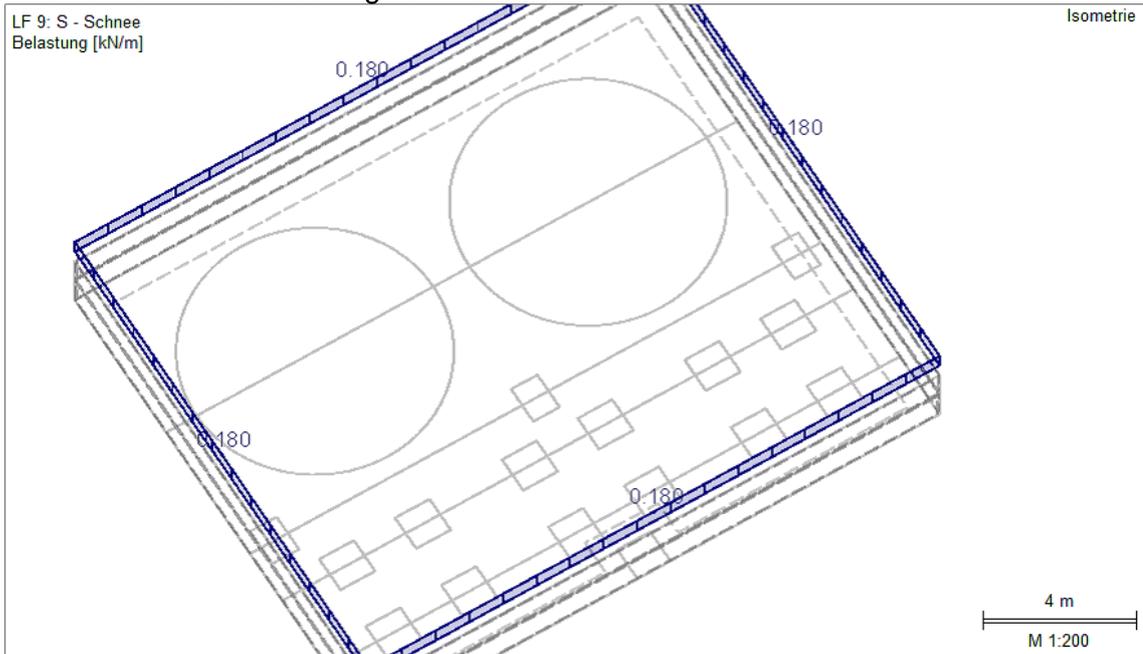
LF 9: S – Schnee: Flächenlasten

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Lastparameter			An Knoten Nr.
					Symbol	Wert	Einheit	
1	9	Kraft	Konstant	z	p	0.71	kN/m ²	

LF 9: S – Schnee: Belastung Bodenplatte



LF 9: S – Schnee: Belastung Tankbeckenwände



E 4: Wind

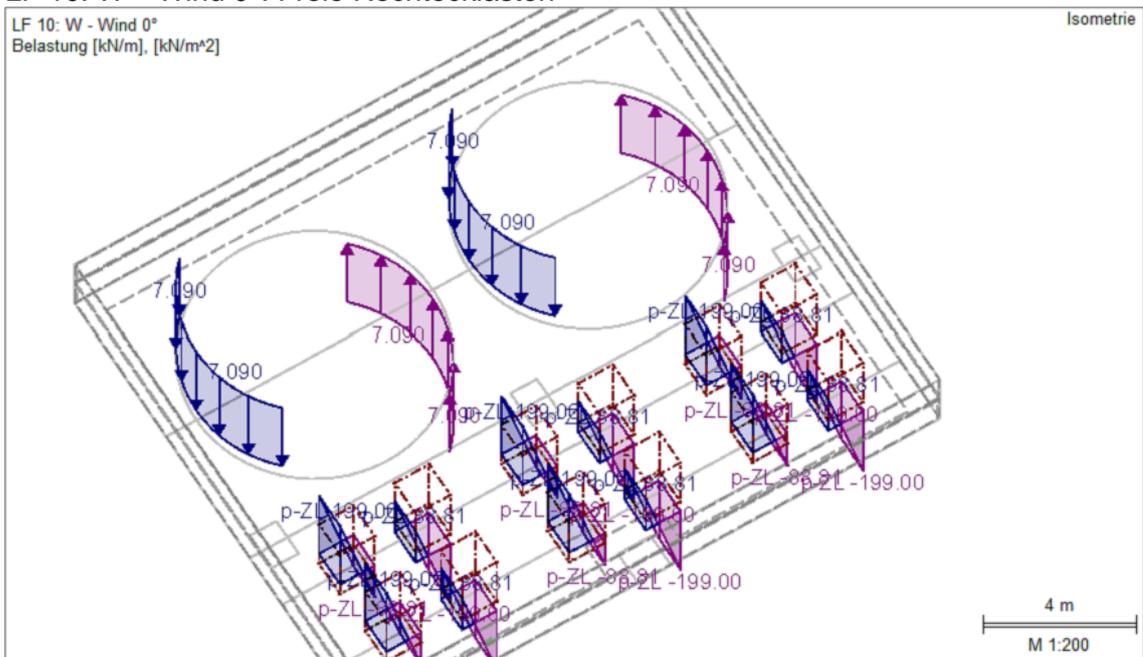
LF 10: W – Wind 0°: Linienlasten

Nr.	Beziehen auf	An Linien Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Lastparameter		
						Symbol	Wert	Einheit
1	Linien	64,65,117,118	Kraft	Konstant	ZL	p	7.090	kN/m
2	Linien	29,39,82,83	Kraft	Konstant	ZL	p	-7.090	kN/m

LF 10: W – Wind 0°: Freie Rechtecklasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last-verteilung	Last-Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	199.00	kN/m ²	10.800	4.800	
					p ₂	-88.81	kN/m ²	9.750	3.750	
2	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	199.00	kN/m ²	13.100	4.800	
					p ₂	-88.81	kN/m ²	12.050	3.750	
3	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	88.81	kN/m ²	10.800	2.500	
					p ₂	-199.00	kN/m ²	9.750	1.450	
4	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	88.81	kN/m ²	13.100	2.500	
					p ₂	-199.00	kN/m ²	12.050	1.450	
5	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	88.81	kN/m ²	13.100	8.050	
					p ₂	-199.00	kN/m ²	12.050	7.000	
6	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	88.81	kN/m ²	10.800	8.050	
					p ₂	-199.00	kN/m ²	9.750	7.000	
7	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	88.81	kN/m ²	13.100	13.600	
					p ₂	-199.00	kN/m ²	12.050	12.550	
8	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	88.81	kN/m ²	10.800	13.600	
					p ₂	-199.00	kN/m ²	9.750	12.550	
9	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	199.00	kN/m ²	10.800	15.900	
					p ₂	-88.81	kN/m ²	9.750	14.850	
10	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	199.00	kN/m ²	13.100	15.900	
					p ₂	-88.81	kN/m ²	12.050	14.850	
11	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	199.00	kN/m ²	10.800	10.350	
					p ₂	-88.81	kN/m ²	9.750	9.300	
12	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	199.00	kN/m ²	13.100	10.350	
					p ₂	-88.81	kN/m ²	12.050	9.300	

LF 10: W – Wind 0°: Freie Rechtecklasten



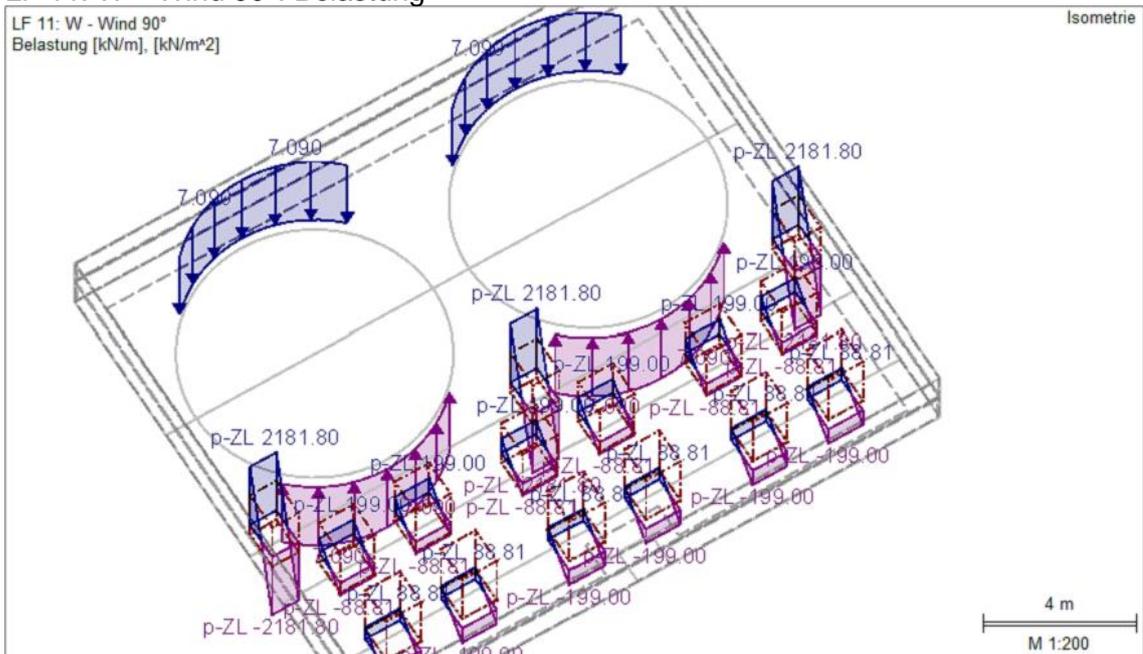
LF 11: W – Wind 90°: Linienlasten

Nr.	Beziehen auf	An Linien Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Symbol	Wert	Einheit
2	Linien	42,56,90,104	Kraft	Konstant	ZL	p	7.090	kN/m
3	Linien	43,57,91,105	Kraft	Konstant	ZL	p	-7.090	kN/m

LF 11: W – Wind 90°: Freie Rechtecklasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last-verteilung	Last-Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	199.00	kN/m ²	9.750	12.550	
					p ₂	-88.81	kN/m ²	10.800	13.600	
2	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	199.00	kN/m ²	9.750	14.850	
					p ₂	-88.81	kN/m ²	10.800	15.900	
3	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	199.00	kN/m ²	9.750	9.300	
					p ₂	-88.81	kN/m ²	10.800	10.350	
4	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	199.00	kN/m ²	9.750	7.000	
					p ₂	-88.81	kN/m ²	10.800	8.050	
5	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	199.00	kN/m ²	9.750	3.750	
					p ₂	-88.81	kN/m ²	10.800	4.800	
6	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	199.00	kN/m ²	9.750	1.450	
					p ₂	-88.81	kN/m ²	10.800	2.500	
8	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-199.00	kN/m ²	13.100	15.900	
					p ₂	88.81	kN/m ²	12.050	14.850	
9	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-199.00	kN/m ²	13.100	13.600	
					p ₂	88.81	kN/m ²	12.050	12.550	
10	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-199.00	kN/m ²	13.100	10.350	
					p ₂	88.81	kN/m ²	12.050	9.300	
11	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-199.00	kN/m ²	13.100	8.050	
					p ₂	88.81	kN/m ²	12.050	7.000	
12	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-199.00	kN/m ²	13.100	4.800	
					p ₂	88.81	kN/m ²	12.050	3.750	
13	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-199.00	kN/m ²	13.100	2.500	
					p ₂	88.81	kN/m ²	12.050	1.450	
14	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	2181.80	kN/m ²	8.125	8.275	
					p ₂	-2181.80	kN/m ²	9.225	9.075	
15	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	2181.80	kN/m ²	8.125	0.350	
					p ₂	-2181.80	kN/m ²	9.225	1.150	
16	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	2181.80	kN/m ²	8.125	16.200	
					p ₂	-2181.80	kN/m ²	9.225	17.000	

LF 11: W – Wind 90°: Belastung



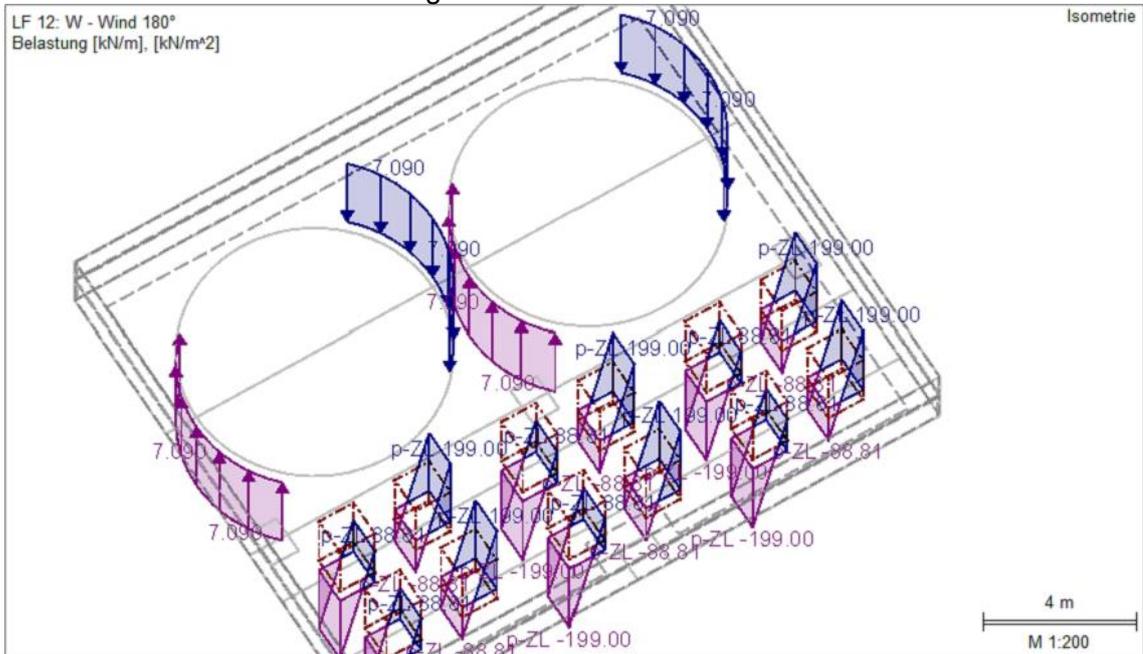
LF 12: W – Wind 180°: Linienlasten

Nr.	Beziehen auf	An Linien Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Lastparameter		
						Symbol	Wert	Einheit
1	Linien	64,65,117,118	Kraft	Konstant	ZL	p	-7.090	kN/m
2	Linien	29,30,82,83	Kraft	Konstant	ZL	p	7.090	kN/m

LF 12: W – Wind 180°: Freie Rechtecklasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last-Verteilung	Last-Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-88.81	kN/m ²	10.800	2.500	
					p ₂	199.00	kN/m ²	9.750	1.450	
2	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-88.81	kN/m ²	13.100	2.500	
					p ₂	199.00	kN/m ²	12.050	1.450	
3	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-88.81	kN/m ²	10.800	8.050	
					p ₂	199.00	kN/m ²	9.750	7.000	
4	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-88.81	kN/m ²	13.100	8.050	
					p ₂	199.00	kN/m ²	12.050	7.000	
5	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-88.81	kN/m ²	10.800	13.600	
					p ₂	199.00	kN/m ²	9.750	12.550	
6	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-88.81	kN/m ²	13.100	13.600	
					p ₂	199.00	kN/m ²	12.050	12.550	
7	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-199.00	kN/m ²	10.800	15.900	
					p ₂	88.81	kN/m ²	9.750	14.850	
8	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-199.00	kN/m ²	13.100	15.900	
					p ₂	88.81	kN/m ²	12.050	14.850	
9	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-199.00	kN/m ²	10.800	10.350	
					p ₂	88.81	kN/m ²	9.750	9.300	
10	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-199.00	kN/m ²	13.100	10.350	
					p ₂	88.81	kN/m ²	12.050	9.300	
11	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-199.00	kN/m ²	10.800	4.800	
					p ₂	88.81	kN/m ²	9.750	3.750	
12	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-199.00	kN/m ²	13.100	4.800	
					p ₂	88.81	kN/m ²	12.050	3.750	

LF 12: W – Wind 180°: Belastung



LF 13: W – Wind 270°: Linienlasten

Nr.	Beziehen auf	An Linien Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastparameter		
						Symbol	Wert	Einheit
1	Linien	42,56,90,104	Kraft	Konstant	ZL	p	-7.090	kN/m
2	Linien	43,57,91,105	Kraft	Konstant	ZL	p	7.090	kN/m

LF 13: W – Wind 270°: Freie Rechtecklasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	2181.80	kN/m ²	9.225	8.275	
					p ₂	-2181.80	kN/m ²	8.125	9.075	
2	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	2181.80	kN/m ²	9.225	0.350	
					p ₂	-2181.80	kN/m ²	8.125	1.150	
3	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	2181.80	kN/m ²	9.225	16.200	
					p ₂	-2181.80	kN/m ²	8.125	17.000	
4	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-199.00	kN/m ²	9.750	15.900	
					p ₂	88.81	kN/m ²	10.800	14.850	
5	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-199.00	kN/m ²	9.750	13.600	
					p ₂	88.81	kN/m ²	10.800	12.550	
6	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-199.00	kN/m ²	9.750	10.350	
					p ₂	88.81	kN/m ²	10.800	9.300	
7	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-199.00	kN/m ²	9.750	8.050	
					p ₂	88.81	kN/m ²	10.800	7.000	
8	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-199.00	kN/m ²	9.750	4.800	
					p ₂	88.81	kN/m ²	10.800	3.750	
9	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-199.00	kN/m ²	9.750	2.500	
					p ₂	88.81	kN/m ²	10.800	1.450	
10	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	199.00	kN/m ²	13.100	1.450	
					p ₂	-88.81	kN/m ²	12.050	2.500	
11	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	199.00	kN/m ²	13.100	3.750	
					p ₂	-88.81	kN/m ²	12.050	4.800	
12	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	199.00	kN/m ²	13.100	7.000	
					p ₂	-88.81	kN/m ²	12.050	8.050	
13	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	199.00	kN/m ²	13.100	9.300	
					p ₂	-88.81	kN/m ²	12.050	10.350	
14	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	199.00	kN/m ²	13.100	12.550	
					p ₂	-88.81	kN/m ²	12.050	13.600	

LF 13: W – Wind 270°: Belastung



LF 14: W – Wind 45°: Linienlasten

Nr.	Beziehen auf	An Linien Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Lastparameter		
						Symbol	Wert	Einheit
2	Linien	56,64,104,117	Kraft	Konstant	ZL	p	7.090	kN/m
3	Linien	30,43,83,91	Kraft	Konstant	ZL	p	-7.090	kN/m

LF 14: W – Wind 45°: Freie Rechtecklasten / Freie Polygonlasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last-verteilung	Last-Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	1542.70	kN/m ²	8.125	16.200	
					p ₂	-1542.70	kN/m ²	9.225	17.000	
2	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	1542.70	kN/m ²	8.125	8.275	
					p ₂	-1542.70	kN/m ²	9.225	9.075	
3	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	1542.70	kN/m ²	8.125	0.350	
					p ₂	-1542.70	kN/m ²	9.225	1.150	
4	9	XY	Linear	ZL	p1	274.50	kN/m ²	9.750	15.900	0.000
					p2	77.90	kN/m ²	9.750	14.850	0.000
					p3	-118.70	kN/m ²	10.800	14.850	0.000
5	9	XY	Linear	ZL	p1	118.70	kN/m ²	12.050	13.600	0.000
					p2	-77.90	kN/m ²	13.100	13.600	0.000
					p3	-274.50	kN/m ²	13.100	12.550	0.000
6	9	XY	Linear	ZL	p1	118.70	kN/m ²	12.050	8.050	0.000
					p2	-77.90	kN/m ²	13.100	8.050	0.000
					p3	-274.50	kN/m ²	13.100	7.000	0.000
7	9	XY	Linear	ZL	p1	118.70	kN/m ²	12.050	2.500	0.000
					p2	-77.90	kN/m ²	13.100	2.500	0.000
					p3	-274.50	kN/m ²	13.100	1.450	0.000
8	9	XY	Linear	ZL	p1	274.50	kN/m ²	9.750	10.350	0.000
					p2	77.90	kN/m ²	10.800	10.350	0.000
					p3	-118.70	kN/m ²	10.800	9.300	0.000
9	9	XY	Linear	ZL	p1	274.50	kN/m ²	9.750	9.300	0.000
					p2	77.90	kN/m ²	9.750	4.800	0.000
					p3	-118.70	kN/m ²	10.800	4.800	0.000
								9.750	3.750	0.000

LF 14: W – Wind 45°: Belastung



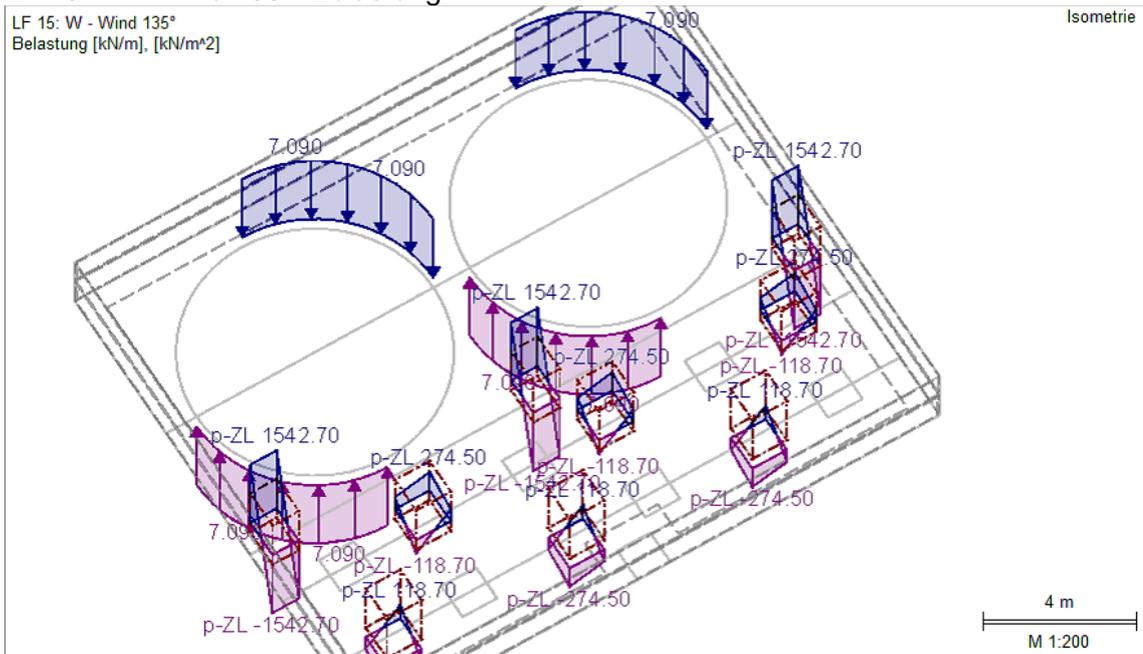
LF 15: W – Wind 135°: Linienlasten

Nr.	Beziehen Auf	An Linien Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastparameter		
						Symbol	Wert	Einheit
4	Linien	57,65,105,118	Kraft	Konstant	ZL	p	-7.090	kN/m
5	Linien	29,42,82,90	Kraft	Konstant	ZL	p	7.090	kN/m

LF 15: W – Wind 135°: Freie Rechtecklasten / Freie Polygonlasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	1542.70	kN/m ²	8.125	0.350	
					p ₂	-1542.70	kN/m ²	9.225	1.150	
2	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	1542.70	kN/m ²	8.125	8.275	
					p ₂	-1542.70	kN/m ²	9.225	9.075	
3	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	1542.70	kN/m ²	8.125	16.200	
					p ₂	-1542.70	kN/m ²	9.225	17.000	
4	9	XY	Linear	ZL	p1	274.50	kN/m ²	9.750	2.500	0.000
					p2	77.90	kN/m ²	9.750	1.450	0.000
					p3	-118.70	kN/m ²	10.800	1.450	0.000
5	9	XY	Linear	ZL	p1	274.50	kN/m ²	10.800	2.500	0.000
					p2	77.90	kN/m ²	10.800	7.000	0.000
					p3	-118.70	kN/m ²	10.800	7.000	0.000
6	9	XY	Linear	ZL	p1	274.50	kN/m ²	9.750	8.050	0.000
					p2	77.90	kN/m ²	9.750	12.550	0.000
					p3	-118.70	kN/m ²	10.800	12.550	0.000
7	9	XY	Linear	ZL	p1	-274.50	kN/m ²	10.800	13.600	0.000
					p2	-77.90	kN/m ²	9.750	13.600	0.000
					p3	118.70	kN/m ²	12.050	14.850	0.000
8	9	XY	Linear	ZL	p1	-274.50	kN/m ²	13.100	14.850	0.000
					p2	-77.90	kN/m ²	13.100	15.900	0.000
					p3	118.70	kN/m ²	12.050	15.900	0.000
9	9	XY	Linear	ZL	p1	-274.50	kN/m ²	12.050	13.100	0.000
					p2	-77.90	kN/m ²	13.100	4.800	0.000
					p3	118.70	kN/m ²	12.050	4.800	0.000

LF 15: W – Wind 135°: Belastung



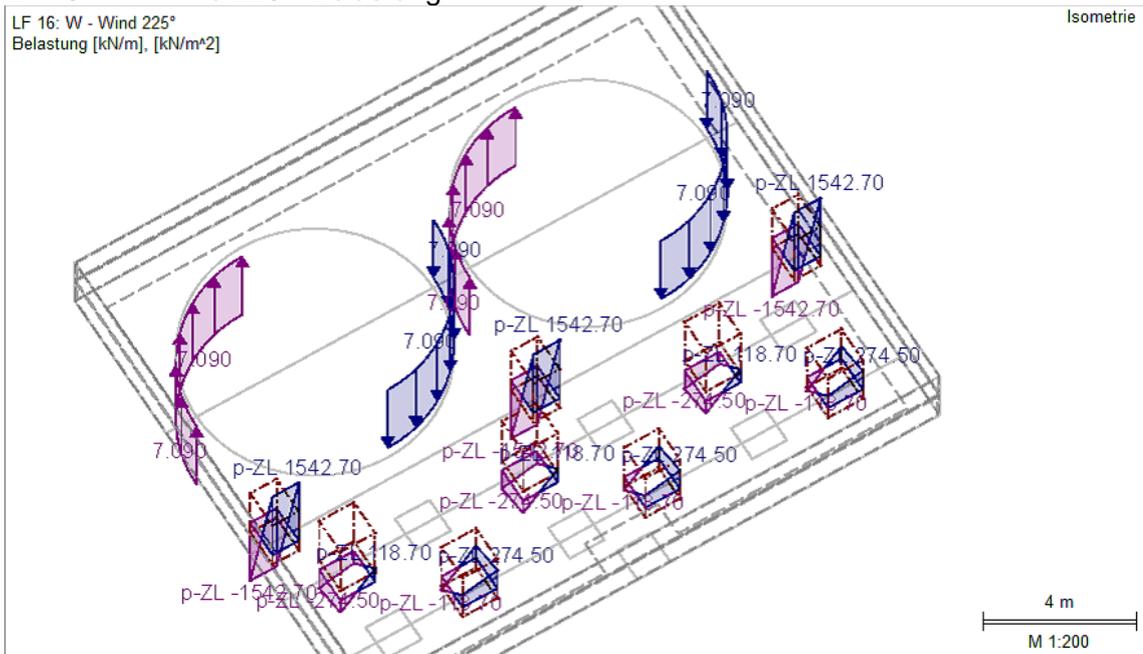
LF 16: W – Wind 225°: Linienlasten

Nr.	Beziehen auf	An Linien Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Lastparameter		
						Symbol	Wert	Einheit
1	Linien	56,64,104,117	Kraft	Konstant	ZL	p	-7.090	kN/m
2	Linien	30,43,83,91	Kraft	Konstant	ZL	p	7.090	kN/m

LF 16: W – Wind 225°: Freie Rechtecklasten / Freie Polygonlasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last-Verteilung	Last-Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	1542.70	kN/m ²	9.225	8.275	
					p ₂	-1542.70	kN/m ²	8.125	9.075	
2	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	1542.70	kN/m ²	9.225	16.200	
					p ₂	-1542.70	kN/m ²	8.125	17.000	
3	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	1542.70	kN/m ²	9.225	0.350	
					p ₂	-1542.70	kN/m ²	8.125	1.150	
4	9	XY	Linear	ZL	p1	-274.50	kN/m ²	10.800	15.900	0.000
					p2	-77.90	kN/m ²	9.750	15.900	0.000
					p3	118.70	kN/m ²	9.750	14.850	0.000
5	9	XY	Linear	ZL	p1	-274.50	kN/m ²	10.800	10.350	0.000
					p2	-77.90	kN/m ²	9.750	10.350	0.000
					p3	118.70	kN/m ²	9.750	9.300	0.000
6	9	XY	Linear	ZL	p1	-274.50	kN/m ²	10.800	9.300	0.000
					p2	-77.90	kN/m ²	9.750	4.800	0.000
					p3	118.70	kN/m ²	10.800	4.800	0.000
7	9	XY	Linear	ZL	p1	274.50	kN/m ²	12.050	13.600	0.000
					p2	77.90	kN/m ²	13.100	13.600	0.000
					p3	-118.70	kN/m ²	13.100	12.550	0.000
8	9	XY	Linear	ZL	p1	274.50	kN/m ²	12.050	8.050	0.000
					p2	77.90	kN/m ²	13.100	8.050	0.000
					p3	-118.70	kN/m ²	13.100	7.000	0.000
9	9	XY	Linear	ZL	p1	274.50	kN/m ²	12.050	7.000	0.000
					p2	77.90	kN/m ²	13.100	2.500	0.000
					p3	-118.70	kN/m ²	12.050	1.450	0.000

LF 16: W – Wind 225°: Belastung



LF 17: W – Wind 315°: Linienlasten

Nr.	Beziehen auf	An Linien Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastparameter		
						Symbol	Wert	Einheit
1	Linien	57,65,105,118	Kraft	Konstant	ZL	p	7.090	kN/m
2	Linien	29,42,82,90	Kraft	Konstant	ZL	p	-7.090	kN/m

LF 17: W – Wind 315°: Freie Rechtecklasten / Freie Polygonlasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	1542.70	kN/m ²	9.225	0.350	
					p ₂	-1542.70	kN/m ²	8.125	1.150	
2	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	1542.70	kN/m ²	9.225	9.075	
					p ₂	-1542.70	kN/m ²	8.125	8.275	
3	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	1542.70	kN/m ²	9.225	17.000	
					p ₂	-1542.70	kN/m ²	8.125	16.200	
4	9	XY	Linear	ZL	p1	274.50	kN/m ²	12.050	15.900	0.000
					p2	77.90	kN/m ²	12.050	14.850	0.000
					p3	-118.70	kN/m ²	13.100	14.850	0.000
5	9	XY	Linear	ZL	p1	274.50	kN/m ²	13.100	10.350	0.000
					p2	77.90	kN/m ²	12.050	10.350	0.000
					p3	-118.70	kN/m ²	12.050	9.300	0.000
6	9	XY	Linear	ZL	p1	274.50	kN/m ²	13.100	4.800	0.000
					p2	77.90	kN/m ²	13.100	3.750	0.000
					p3	-118.70	kN/m ²	12.050	3.750	0.000
7	9	XY	Linear	ZL	p1	-274.50	kN/m ²	12.050	4.800	0.000
					p2	-77.90	kN/m ²	10.800	12.550	0.000
					p3	118.70	kN/m ²	9.750	12.550	0.000
8	9	XY	Linear	ZL	p1	-274.50	kN/m ²	9.750	13.600	0.000
					p2	-77.90	kN/m ²	10.800	8.050	0.000
					p3	118.70	kN/m ²	10.800	7.000	0.000
9	9	XY	Linear	ZL	p1	-274.50	kN/m ²	9.750	7.000	0.000
					p2	-77.90	kN/m ²	9.750	2.500	0.000
					p3	118.70	kN/m ²	10.800	2.500	0.000
								9.750	1.450	0.000

LF 17: W – Wind 315°: Belastung



E5: Erdbeben

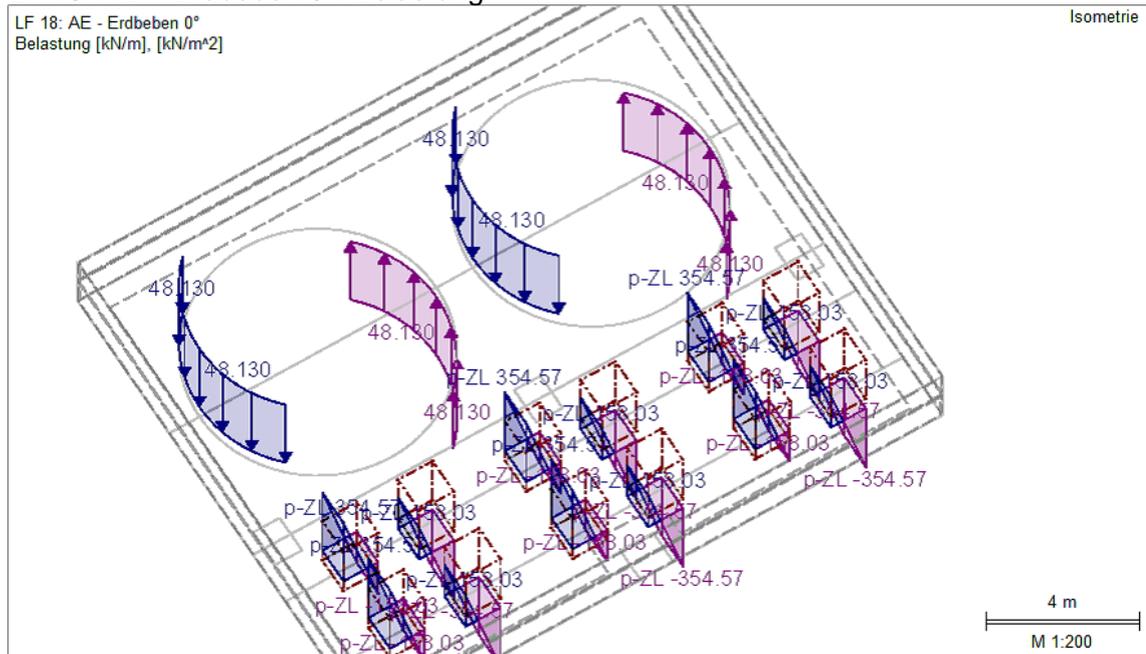
LF 18: AE – Erdbeben 0°: Linienlasten

Nr.	Beziehen auf	An Linien Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Symbol	Wert	Einheit
1	Linien	64,65,117,118	Kraft	Konstant	ZL	p	48.130	kN/m
2	Linien	29,30,82,83	Kraft	Konstant	ZL	p	-48.130	kN/m

LF 18: AE – Erdbeben 0°: Freie Rechtecklasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	10.800	15.900	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	9.750	14.850	
2	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	12.050	15.900	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	13.100	14.850	
3	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	9.750	10.350	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	10.800	9.300	
4	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	12.050	10.350	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	13.100	9.300	
5	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	9.750	4.800	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	10.800	3.750	
6	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	12.050	4.800	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	13.100	3.750	
7	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	10.800	12.550	
					p ₂	158.03	kN/m ²	9.750	13.600	
8	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	13.100	12.550	
					p ₂	158.03	kN/m ²	12.050	13.600	
9	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	10.800	7.000	
					p ₂	158.03	kN/m ²	9.750	8.050	
10	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	13.100	7.000	
					p ₂	158.03	kN/m ²	12.050	8.050	
11	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	10.800	1.450	
					p ₂	158.03	kN/m ²	9.750	2.500	
12	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	13.100	1.450	
					p ₂	158.03	kN/m ²	12.050	2.500	
13	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	10.800	15.900	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	9.750	14.850	
14	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	12.050	15.900	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	13.100	14.850	

LF 18: AE – Erdbeben 0°: Belastung



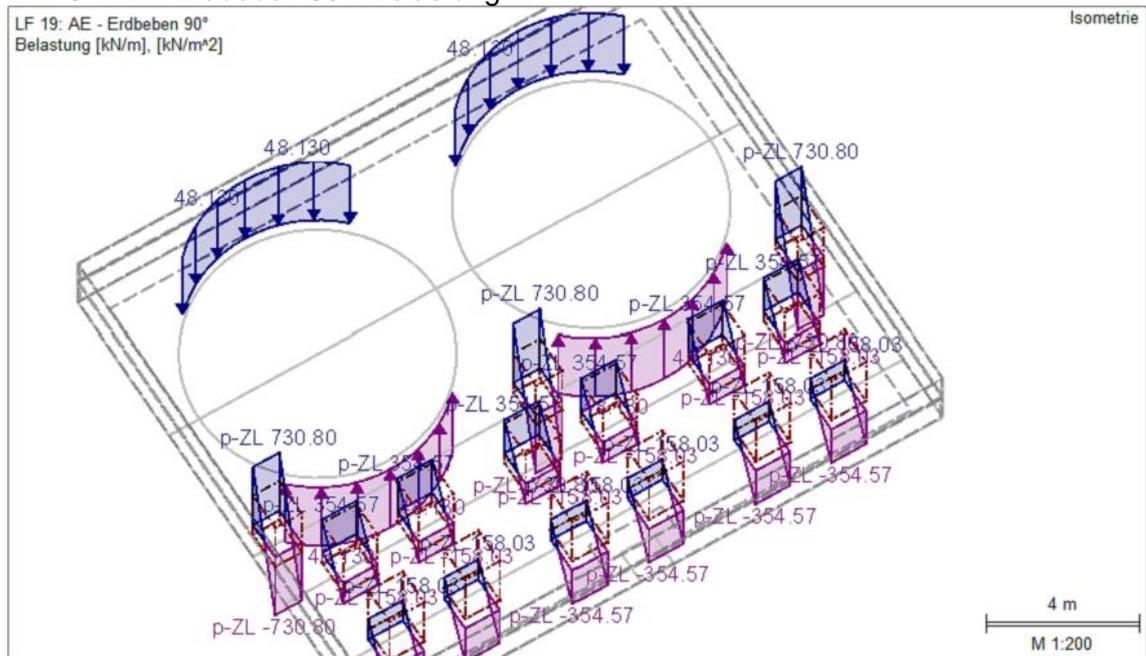
LF 19: AE – Erdbeben 90°: Linienlasten

Nr.	Beziehen auf	An Linien Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastparameter		
						Symbol	Wert	Einheit
1	Linien	42,56,90,104	Kraft	Konstant	ZL	p	48.130	kN/m
2	Linien	43,57,91,105	Kraft	Konstant	ZL	p	-48.130	kN/m

LF 19: AE – Erdbeben 90°: Freie Rechtecklasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	730.80	kN/m ²	8.125	16.200	
					p ₂	-730.80	kN/m ²	9.225	17.000	
2	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	730.80	kN/m ²	8.125	8.275	
					p ₂	-730.80	kN/m ²	9.225	9.075	
3	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	730.80	kN/m ²	8.125	0.350	
					p ₂	-730.80	kN/m ²	9.225	1.150	
4	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	9.750	15.900	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	10.800	14.850	
5	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	9.750	13.600	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	10.800	12.550	
6	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	9.750	10.350	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	10.800	9.300	
7	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	9.750	8.050	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	10.800	7.000	
8	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	9.750	4.800	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	10.800	3.750	
9	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	9.750	2.500	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	10.800	1.450	
10	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	13.100	15.900	
					p ₂	158.03	kN/m ²	12.050	14.850	
11	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	13.100	13.600	
					p ₂	158.03	kN/m ²	12.050	12.550	
12	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	13.100	10.350	
					p ₂	158.03	kN/m ²	12.050	9.300	
13	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	13.100	8.050	
					p ₂	158.03	kN/m ²	12.050	7.000	
14	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	13.100	4.800	
					p ₂	158.03	kN/m ²	12.050	3.750	

LF 19: AE – Erdbeben 90°: Belastung



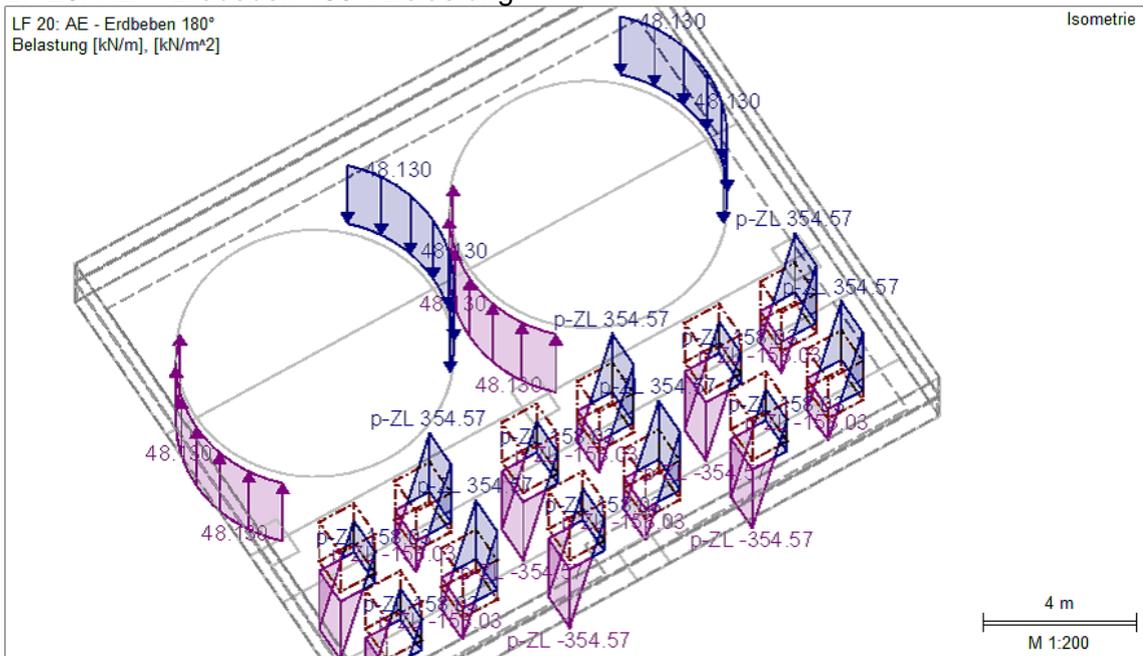
LF 20: AE – Erdbeben 180°: Linienlasten

Nr.	Beziehen auf	An Linien Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Lastparameter		
						Symbol	Wert	Einheit
1	Linien	64,65,117,118	Kraft	Konstant	ZL	p	-48.130	kN/m
2	Linien	29,30,82,83	Kraft	Konstant	ZL	p	48.130	kN/m

LF 20: AE – Erdbeben 180°: Freie Rechtecklasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last-verteilung	Last-Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	10.800	15.900	
					p ₂	158.03	kN/m ²	9.750	14.850	
2	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	13.100	15.900	
					p ₂	158.03	kN/m ²	12.050	14.850	
3	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	10.800	10.350	
					p ₂	158.03	kN/m ²	9.750	9.300	
4	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	13.100	10.350	
					p ₂	158.03	kN/m ²	12.050	9.300	
5	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	10.800	4.800	
					p ₂	158.03	kN/m ²	9.750	3.750	
6	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	13.100	4.800	
					p ₂	158.03	kN/m ²	12.050	3.750	
7	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	9.750	12.550	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	10.800	13.600	
8	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	12.050	12.550	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	13.100	13.600	
9	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	9.750	7.000	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	10.800	8.050	
10	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	12.050	7.000	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	13.100	8.050	
11	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	9.750	1.450	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	10.800	2.500	
12	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	12.050	1.450	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	13.100	2.500	
13	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	10.800	15.900	
					p ₂	158.03	kN/m ²	9.750	14.850	
14	9	XY	Linear Y	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	13.100	15.900	
					p ₂	158.03	kN/m ²	12.050	14.850	

LF 20: AE – Erdbeben 180°: Belastung



LF 21: AE – Erdbeben 270°: Linienlasten

Nr.	Beziehen auf	An Linien Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastparameter		
						Symbol	Wert	Einheit
4	Linien	42,56,90,104	Kraft	Konstant	ZL	p	-48.130	kN/m
5	Linien	43,57,91,105	Kraft	Konstant	ZL	p	48.130	kN/m

LF 21: AE – Erdbeben 270°: Freie Rechtecklasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	730.80	kN/m ²	9.225	8.275	
					p ₂	-730.80	kN/m ²	8.125	9.075	
2	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	730.80	kN/m ²	9.225	0.350	
					p ₂	-730.80	kN/m ²	8.125	1.150	
3	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	730.80	kN/m ²	9.225	16.200	
					p ₂	-730.80	kN/m ²	8.125	17.000	
4	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	9.750	1.450	
					p ₂	158.03	kN/m ²	10.800	2.500	
5	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	9.750	3.750	
					p ₂	158.03	kN/m ²	10.800	4.800	
6	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	9.750	7.000	
					p ₂	158.03	kN/m ²	10.800	8.050	
7	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	9.750	9.300	
					p ₂	158.03	kN/m ²	10.800	10.350	
8	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	9.750	12.550	
					p ₂	158.03	kN/m ²	10.800	13.600	
9	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	-354.57	kN/m ²	9.750	14.850	
					p ₂	158.03	kN/m ²	10.800	15.900	
10	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	13.100	2.500	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	12.050	1.450	
11	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	13.100	4.800	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	12.050	3.750	
12	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	13.100	8.050	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	12.050	7.000	
13	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	13.100	10.350	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	12.050	9.300	
14	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	354.57	kN/m ²	13.100	13.600	
					p ₂	-158.03	kN/m ²	12.050	12.550	

LF 21: AE – Erdbeben 270°: Belastung



LF 22: AE – Erdbeben 45°: Linienlasten

Nr.	Beziehen auf	An Linien Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Lastparameter		
						Symbol	Wert	Einheit
1	Linien	56,64,104,117	Kraft	Konstant	ZL	p	48.130	kN/m
2	Linien	30,43,83,91	Kraft	Konstant	ZL	p	-48.130	kN/m

LF 22: AE – Erdbeben 45°: Freie Rechtecklasten / Freie Polygonlasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last-verteilung	Last-Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	516.80	kN/m ²	8.125	17.000	
					p ₂	-516.80	kN/m ²	9.225	16.200	
2	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	516.80	kN/m ²	8.125	9.075	
					p ₂	-516.80	kN/m ²	9.225	8.275	
3	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	516.80	kN/m ²	8.125	1.150	
					p ₂	-516.80	kN/m ²	9.225	0.350	
4	9	XY	Linear	ZL	p1	492.70	kN/m ²	9.750	15.900	0.000
					p2	139.00	kN/m ²	10.800	15.900	0.000
					p3	-214.70	kN/m ²	10.800	14.850	0.000
5	9	XY	Linear	ZL	p1	492.70	kN/m ²	9.750	10.350	0.000
					p2	139.00	kN/m ²	10.800	10.350	0.000
					p3	-214.70	kN/m ²	10.800	9.300	0.000
6	9	XY	Linear	ZL	p1	492.70	kN/m ²	9.750	4.800	0.000
					p2	139.00	kN/m ²	10.800	4.800	0.000
					p3	-214.70	kN/m ²	10.800	3.750	0.000
7	9	XY	Linear	ZL	p1	-492.70	kN/m ²	9.750	3.750	0.000
					p2	-139.00	kN/m ²	12.050	13.600	0.000
					p3	214.70	kN/m ²	13.100	13.600	0.000
8	9	XY	Linear	ZL	p1	-492.70	kN/m ²	13.100	12.550	0.000
					p2	-139.00	kN/m ²	12.050	12.550	0.000
					p3	214.70	kN/m ²	12.050	8.050	0.000
9	9	XY	Linear	ZL	p1	-492.70	kN/m ²	13.100	7.000	0.000
					p2	-139.00	kN/m ²	13.100	7.000	0.000
					p3	214.70	kN/m ²	13.100	8.050	0.000
					p1	-492.70	kN/m ²	12.050	2.500	0.000
					p2	-139.00	kN/m ²	13.100	2.500	0.000
					p3	214.70	kN/m ²	13.100	1.450	0.000

LF 22: AE – Erdbeben 45°: Belastung



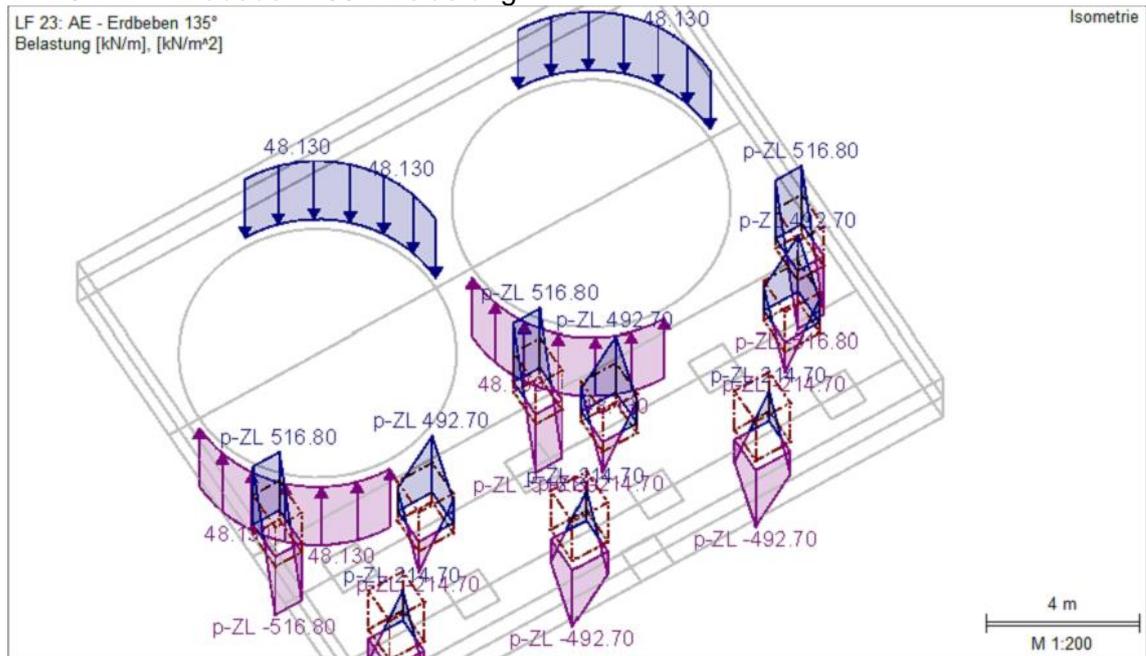
LF 23: AE – Erdbeben 135°: Linienlasten

Nr.	Beziehen auf	An Linien Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Lastparameter		
						Symbol	Wert	Einheit
2	Linien	57,65,105,118	Kraft	Konstant	ZL	p	-48.130	kN/m
3	Linien	29,42,82,90	Kraft	Konstant	ZL	p	48.130	kN/m

LF 23: AE – Erdbeben 135°: Freie Rechtecklasten / Freie Polygonlasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last-verteilung	Last-Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	516.80	kN/m ²	8.125	16.200	
					p ₂	-516.80	kN/m ²	9.225	17.000	
2	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	516.80	kN/m ²	8.125	8.275	
					p ₂	-516.80	kN/m ²	9.225	9.075	
3	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	516.80	kN/m ²	8.125	0.350	
					p ₂	-516.80	kN/m ²	9.225	1.150	
4	9	XY	Linear	ZL	p1	492.70	kN/m ²	9.750	2.500	0.000
					p2	139.00	kN/m ²	10.800	2.500	0.000
					p3	-214.70	kN/m ²	10.800	1.450	0.000
5	9	XY	Linear	ZL	p1	492.70	kN/m ²	9.750	7.000	0.000
					p2	139.00	kN/m ²	10.800	7.000	0.000
					p3	-214.70	kN/m ²	10.800	8.050	0.000
6	9	XY	Linear	ZL	p1	492.70	kN/m ²	9.750	12.550	0.000
					p2	139.00	kN/m ²	10.800	12.550	0.000
					p3	-214.70	kN/m ²	10.800	13.600	0.000
7	9	XY	Linear	ZL	p1	-492.70	kN/m ²	9.750	13.600	0.000
					p2	-139.00	kN/m ²	12.050	14.850	0.000
					p3	214.70	kN/m ²	13.100	14.850	0.000
8	9	XY	Linear	ZL	p1	-492.70	kN/m ²	13.100	15.900	0.000
					p2	-139.00	kN/m ²	12.050	15.900	0.000
					p3	214.70	kN/m ²	12.050	9.300	0.000
9	9	XY	Linear	ZL	p1	-492.70	kN/m ²	12.050	9.300	0.000
					p2	-139.00	kN/m ²	12.050	3.750	0.000
					p3	214.70	kN/m ²	13.100	3.750	0.000

LF 23: AE – Erdbeben 135°: Belastung



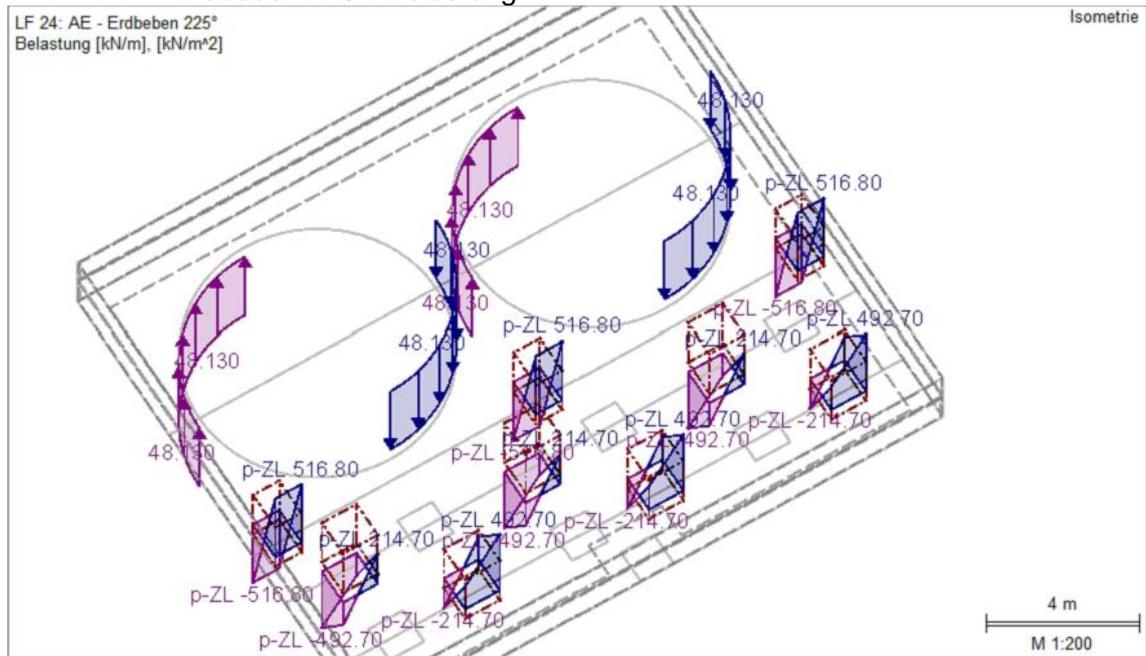
LF 24: AE – Erdbeben 225°: Linienlasten

Nr.	Beziehen auf	An Linien Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Symbol	Wert	Einheit
3	Linien	30,43,83,91	Kraft	Konstant	ZL	p	48.130	kN/m
4	Linien	56,64,104,117	Kraft	Konstant	ZL	p	-48.130	kN/m

LF 24: AE – Erdbeben 225°: Freie Rechtecklasten / Freie Polygonlasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	516.80	kN/m ²	9.225	8.275	
					p ₂	-516.80	kN/m ²	8.125	9.075	
2	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	516.80	kN/m ²	9.225	0.350	
					p ₂	-516.80	kN/m ²	8.125	1.150	
3	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	516.80	kN/m ²	9.225	16.200	
					p ₂	-516.80	kN/m ²	8.125	17.000	
4	9	XY	Linear	ZL	p1	492.70	kN/m ²	12.050	1.450	0.000
					p2	139.00	kN/m ²	13.100	1.450	0.000
					p3	-214.70	kN/m ²	13.100	2.500	0.000
5	9	XY	Linear	ZL	p1	492.70	kN/m ²	12.050	7.000	0.000
					p2	139.00	kN/m ²	13.100	7.000	0.000
					p3	-214.70	kN/m ²	13.100	8.050	0.000
6	9	XY	Linear	ZL	p1	492.70	kN/m ²	12.050	12.550	0.000
					p2	139.00	kN/m ²	13.100	12.550	0.000
					p3	-214.70	kN/m ²	13.100	13.600	0.000
7	9	XY	Linear	ZL	p1	-492.70	kN/m ²	12.050	13.600	0.000
					p2	-139.00	kN/m ²	9.750	15.900	0.000
					p3	214.70	kN/m ²	10.800	15.900	0.000
8	9	XY	Linear	ZL	p1	-492.70	kN/m ²	10.800	14.850	0.000
					p2	-139.00	kN/m ²	9.750	14.850	0.000
					p3	214.70	kN/m ²	10.800	14.850	0.000
9	9	XY	Linear	ZL	p1	-492.70	kN/m ²	10.800	9.300	0.000
					p2	-139.00	kN/m ²	9.750	10.350	0.000
					p3	214.70	kN/m ²	10.800	10.350	0.000

LF 24: AE – Erdbeben 225°: Belastung



LF 25: AE – Erdbeben 315°: Linienlasten

Nr.	Beziehen auf	An Linien Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastparameter		
						Symbol	Wert	Einheit
4	Linien	29,42,82,90	Kraft	Konstant	ZL	p	-48.130	kN/m
5	Linien	57,65,105,118	Kraft	Konstant	ZL	p	48.130	kN/m

LF 25: AE – Erdbeben 315°: Freie Rechtecklasten / Freie Polygonlasten

Nr.	An Flächen Nr.	Projekt.	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastgröße			Lastposition		
					Symbol	Wert	Einheit	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	516.80	kN/m ²	9.225	17.000	
					p ₂	-516.80	kN/m ²	8.125	16.200	
2	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	516.80	kN/m ²	9.225	9.075	
					p ₂	-516.80	kN/m ²	8.125	8.275	
3	9	XY	Linear X	ZL	p ₁	516.80	kN/m ²	9.225	1.150	
					p ₂	-516.80	kN/m ²	8.125	0.350	
4	9	XY	Linear	ZL	p1	492.70	kN/m ²	12.050	15.900	0.000
					p2	139.00	kN/m ²	13.100	15.900	0.000
					p3	-214.70	kN/m ²	13.100	14.850	0.000
5	9	XY	Linear	ZL	p1	492.70	kN/m ²	12.050	10.350	0.000
					p2	139.00	kN/m ²	13.100	10.350	0.000
					p3	-214.70	kN/m ²	13.100	9.300	0.000
6	9	XY	Linear	ZL	p1	492.70	kN/m ²	12.050	4.800	0.000
					p2	139.00	kN/m ²	13.100	4.800	0.000
					p3	-214.70	kN/m ²	13.100	3.750	0.000
7	9	XY	Linear	ZL	p1	-492.70	kN/m ²	12.050	3.750	0.000
					p2	-139.00	kN/m ²	12.050	3.750	0.000
					p3	214.70	kN/m ²	9.750	13.600	0.000
8	9	XY	Linear	ZL	p1	-492.70	kN/m ²	10.800	13.600	0.000
					p2	-139.00	kN/m ²	10.800	13.600	0.000
					p3	214.70	kN/m ²	10.800	12.550	0.000
9	9	XY	Linear	ZL	p1	-492.70	kN/m ²	9.750	12.550	0.000
					p2	-139.00	kN/m ²	9.750	12.550	0.000
					p3	214.70	kN/m ²	10.800	7.000	0.000
					p1	-492.70	kN/m ²	10.800	7.000	0.000
					p2	-139.00	kN/m ²	10.800	7.000	0.000
					p3	214.70	kN/m ²	10.800	2.500	0.000
					p1	-492.70	kN/m ²	9.750	1.450	0.000
					p2	-139.00	kN/m ²	9.750	1.450	0.000
					p3	214.70	kN/m ²	10.800	1.450	0.000
					p1	-492.70	kN/m ²	9.750	1.450	0.000
					p2	-139.00	kN/m ²	9.750	1.450	0.000
					p3	214.70	kN/m ²	9.750	2.500	0.000

LF 25: AE – Erdbeben 315°: Belastung

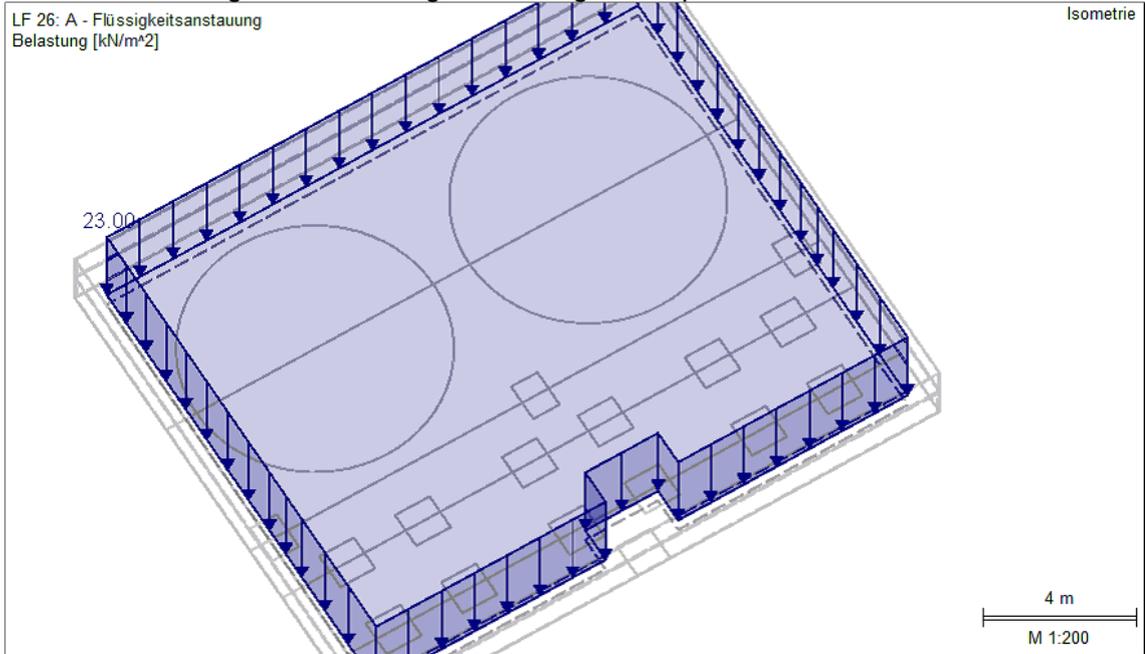


E6: Außergewöhnlich

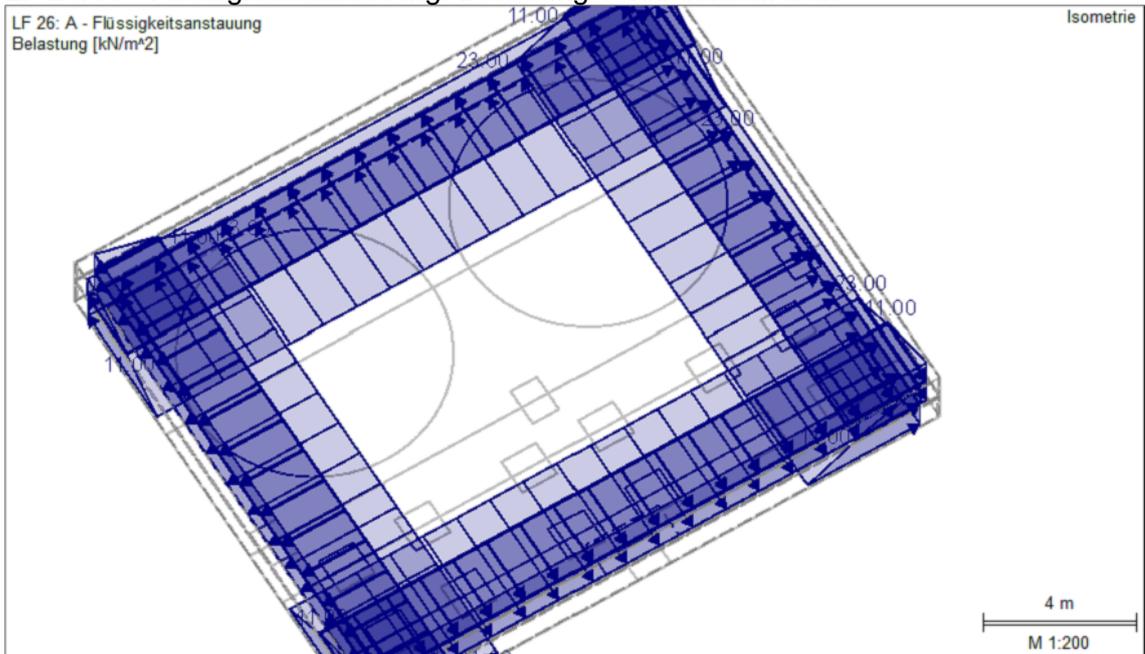
LF 26: A – Flüssigkeitsanstauung: Flächenlasten

Nr.	An Flächen Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastparameter			An Knoten Nr.
					Symbol	Wert	Einheit	
1	9	Kraft	Konstant	z	p	23.00	kN/m ²	4
2	1-4	Kraft	Linear in Z	z	p ₁	0.00	kN/m ²	
3	5-8	Kraft	Linear in Z	z	p ₂	11.00	kN/m ²	8
					p ₂	23.00	kN/m ²	6
					p ₂	23.00	kN/m ²	15

LF 26: A – Flüssigkeitsanstauung: Belastung Bodenplatte



LF 26: A – Flüssigkeitsanstauung: Belastung Tankbeckenwände

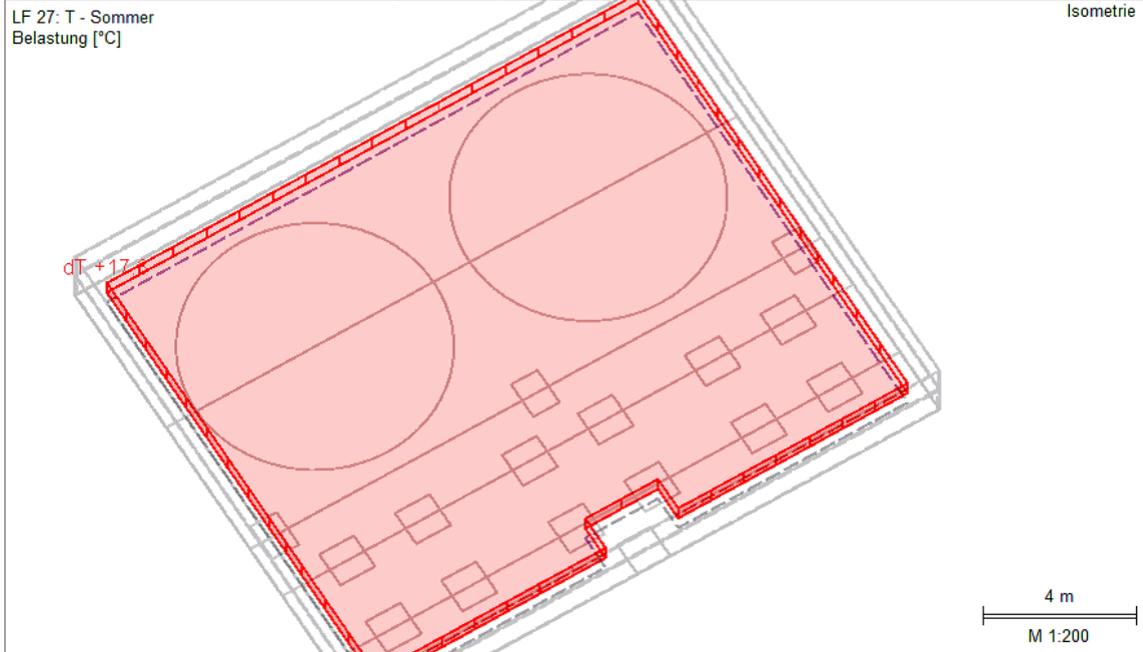


E7: Temperatur

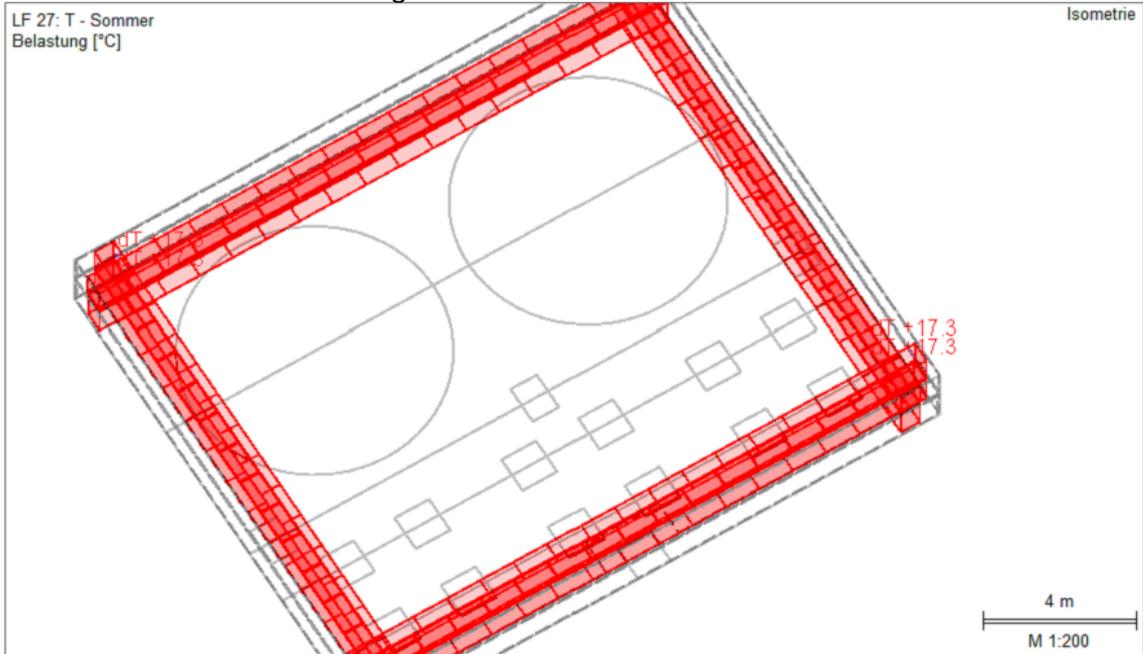
LF 27: T – Sommer: Flächenlasten

Nr.	An Flächen Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Lastparameter		
					Symbol	Wert	Einheit
1	1-9	Temperatur	Konstant		T_c	0.0	°C
					ΔT	17.3	°C

LF 27: T – Sommer: Belastung Bodenplatte



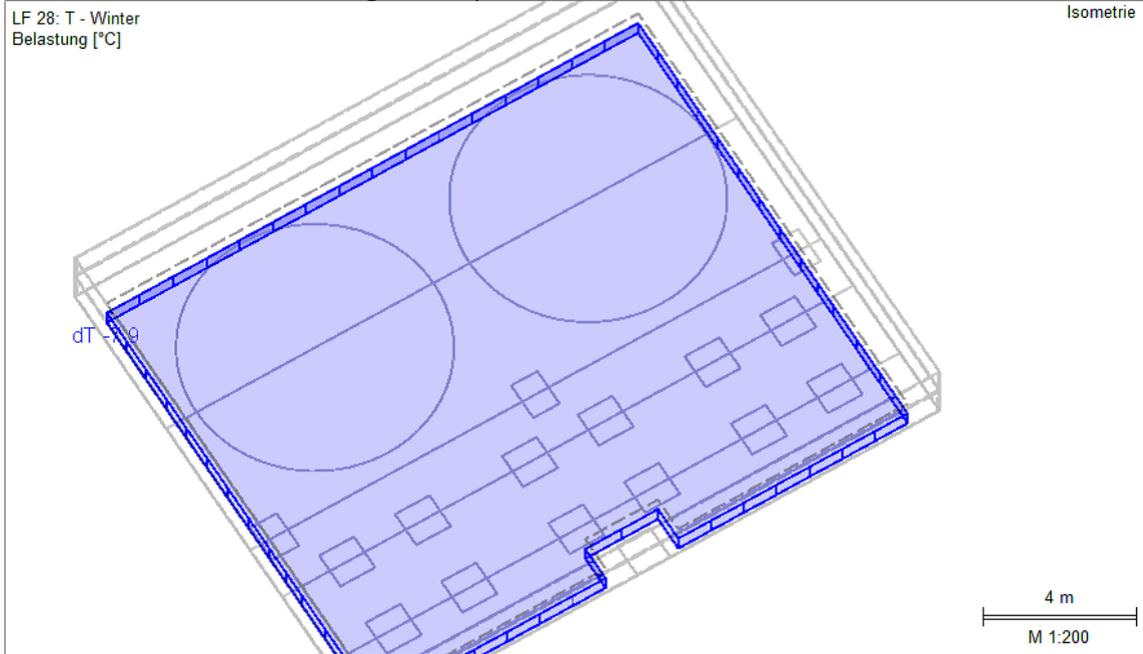
LF 27: T – Sommer: Belastung Tankbeckenwände



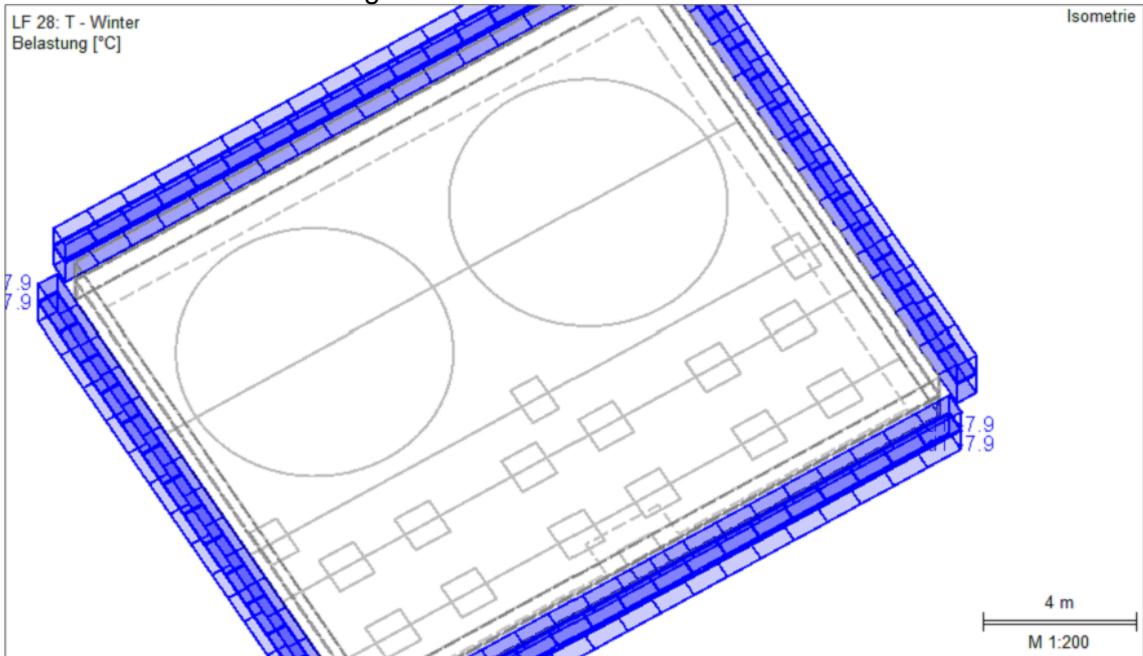
LF 28: T – Winter: Flächenlasten

Nr.	An Flächen Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Symbol	Lastparameter	
						Wert	Einheit
1	1-9	Temperatur	Konstant		T_c	0,0	°C
					ΔT	-7,9	°C

LF 28: T – Winter: Belastung Bodenplatte

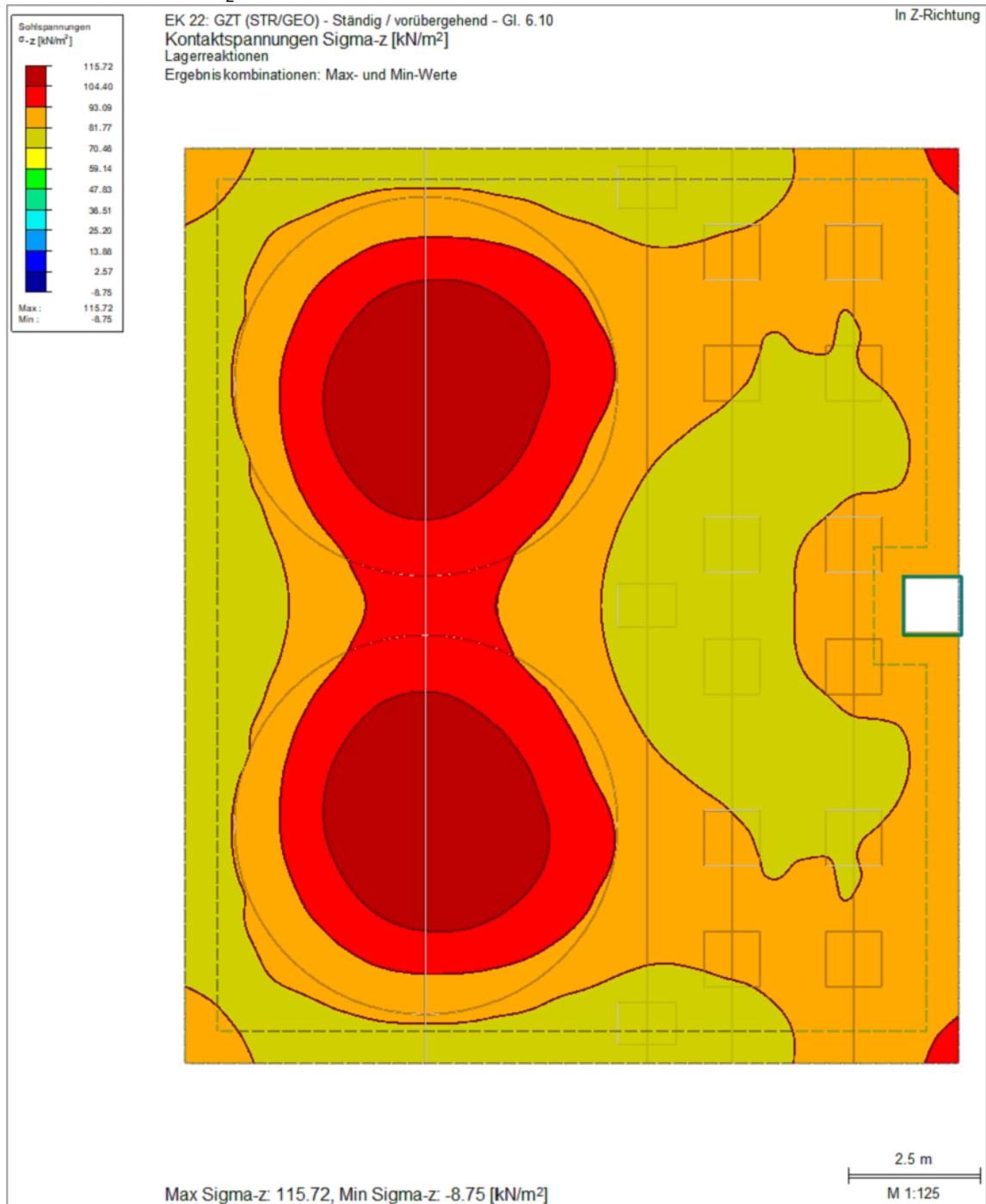


LF 28: T – Winter: Belastung Tankbeckenwände



Ergebnisse

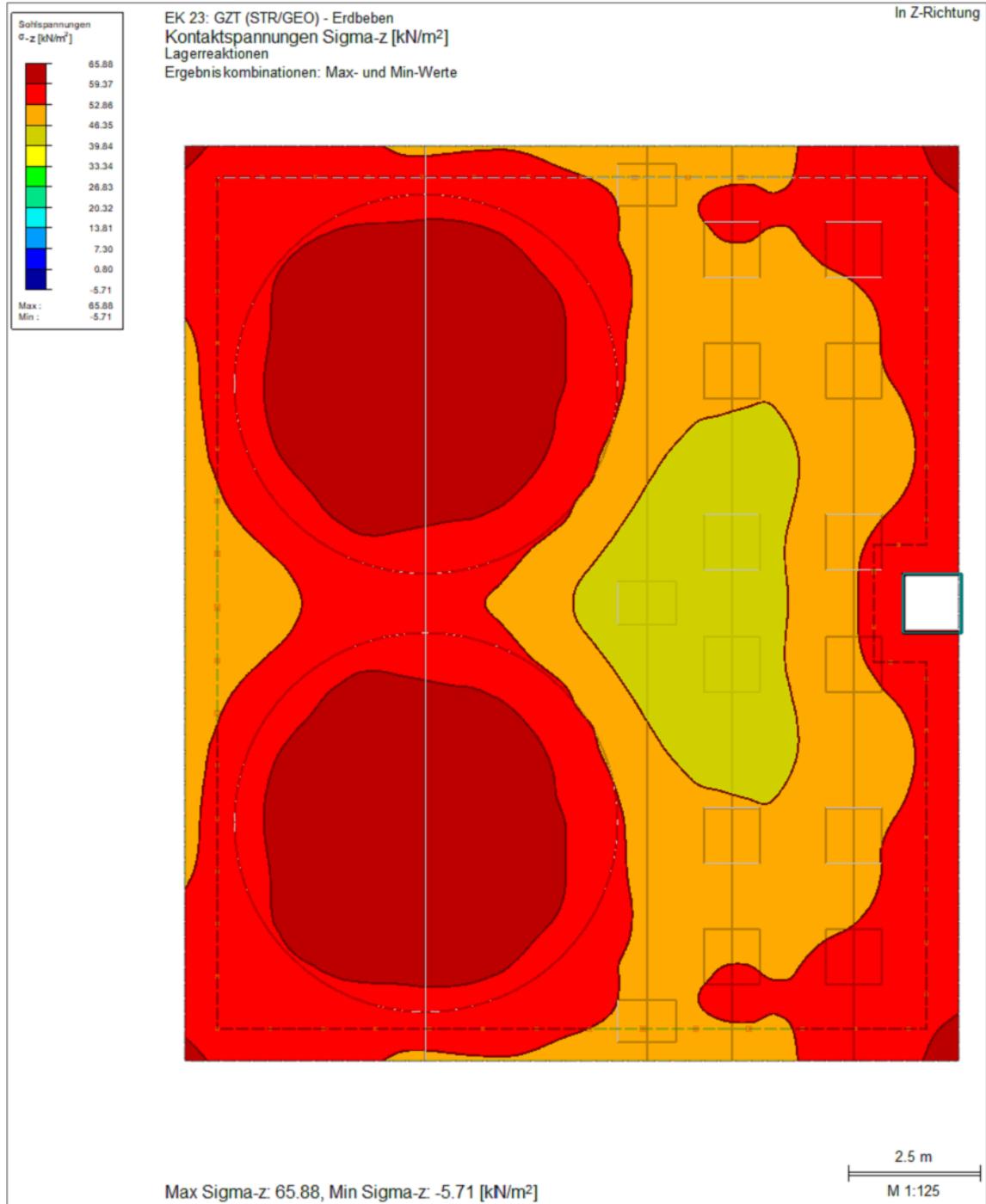
EK 22: Sohldruck σ_z



$$\sigma_{Ed} = \sigma_{z,max.} = 115,7 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{Ed} \leq \sigma_{Rd} \checkmark$$

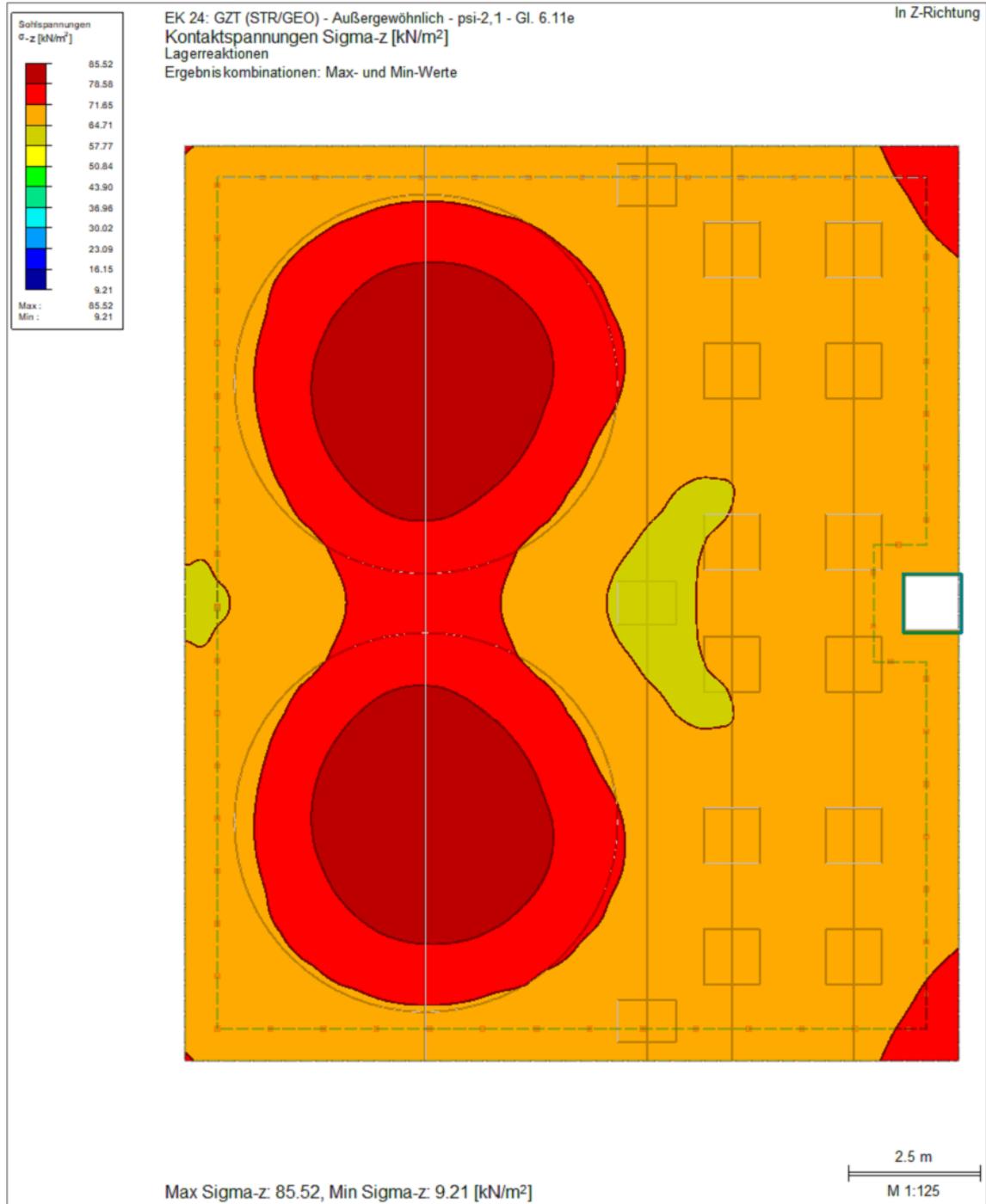
EK 22: Sohldruck σ_z



$$\sigma_{Ed} = \sigma_{z,max.} + \sigma_{z,inf.Schnee} = 65,88 + 0,72 = 66,60 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{Ed} \leq \sigma_{Rd} \checkmark$$

EK 24: Sohldruck σ_z



$$\sigma_{Ed} = \sigma_{z,max.} = 85,52 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{Ed} \leq \sigma_{Rd} \checkmark$$

RF-BETON Flächen

FA1
Stahlbeton-Bemessung

Es folgt die Berechnung und Zusammenstellung der erforderlichen Bewehrungsmengen. Darauffolgend werden diese mit der vorhandenen Grundbewehrung, zur Einhaltung der geforderten maximalen Rissbreite $w_{cal} = 0,20$ mm, verrechnet und die erforderlichen Zulagen werden zusammengestellt.

Basisangaben

Bemessung nach Norm:	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
TRAGFÄHIGKEIT	
Zu bemessende Ergebniskombination:	EK22 GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10 Ständig und vorübergehend
	EK23 GZT (STR/GEO) - Erdbeben Ständig und vorübergehend
	EK24 GZT (STR/GEO) - Außergewöhnlich - psi-2,1 - Gl. 6.11e Ständig und vorübergehend
Definition der vorhandenen Zusatzbewehrung	Automatische Anordnung nach Vorgaben in Bewehrungssatz Nr.1
DETAILEINSTELLUNGEN	
Nachweisverfahren für Bewehrungsumhüllende	Umhüllende
Ansatz von Schnittgrößen ohne Rippenanteil	-
Einstellungen der Bemessungssituation für GZG-Nachweise	
Lastkombination:	
Charakteristisch mit Direktlast	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_3 \cdot f_{yk}$
Charakteristisch mit Zwangsverformung	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_4 \cdot f_{yk}$
Häufig	Nachweise: w_k
Quasi-ständig	Nachweise: $k_2 \cdot f_{ck}$, w_k , U_l

Materialien

Mat.-Nr.	Materialbezeichnung		Kommentar
	Beton-Festigkeitsklasse	Betonstahl	
1	Beton C25/30	B 500 S (B)	

Materialkennwerte

Mat.-Nr.	Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit
1	Beton-Festigkeitsklasse: Beton C25/30			
	Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit	f_{ck}	25.000	N/mm ²
	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit	f_{cm}	33.000	N/mm ²
	Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit	f_{ctm}	2.600	N/mm ²
	5%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.05}$	1.800	N/mm ²
	95%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.95}$	3.300	N/mm ²
	Mittelwert des Elastizitätsmoduls	E_{cm}	31000.000	N/mm ²
	Charakteristische Dehnungen für nichtlineare Berechnungen			
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c1}	-2.100	‰
	Bruchdehnung	ϵ_{cu1}	-3.500	‰
	Charakteristische Dehnungen für Parabel-Rechteck-Diagramm			
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c2}	-2.000	‰
	Bruchdehnung	ϵ_{cu2}	-3.500	‰
	Exponent der Parabel	n	2	
	Spezifisches Gewicht	g	25.00	kN/m ³
	Betonstahl: B 500 S (B)			
	Elastizitätsmodul	E_s	200000	N/mm ²
	Charakteristischer Wert der Streckgrenze	f_{yk}	500	N/mm ²
	Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit	f_{tk}	540	N/mm ²
	Rechnerische Bruchdehnung	ϵ_{uk}	50.000	‰

Bewehrungssatz Nr. 1 – „Stb.-Bodenplatte“

Angewendet auf Flächen:	9
BEWEHRUNGSGRAD	
Mindest-Querbewehrung	20.0 %
Mindest-Bewehrung generell	0.0 %
Mindest-Druckbewehrung	0.0 %
Mindest-Zugbewehrung	0.0 %
Maximaler Bewehrungsgrad	4.0 %
Minimaler Schubbewehrungsgrad	0.0 %
Betondeckung nach Norm	-
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 47.00, d-2: 61.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 14.00, ds-2: 14.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 90.000°, Phi-2: 0.000°
Bewehrungsfläche	As-1,-z (oben): 15,40, As-2,-z (oben): 15.40 cm ² /m
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 47.00, d-2: 14.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 14.00, ds-2: 14.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 90.000°, Phi-2: 0.000°
Bewehrungsfläche	As-1,+z (unten): 15.40, As-2,+z (unten): 15.40 cm ² /m
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 47.00, d-2: 61.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 14.00, ds-2: 14.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 90.000°, Phi-2: 0.000°
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 47.00, d-2: 61.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 14.00, ds-2: 14.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 90.000°, Phi-2: 0.000°
LÄNGSBEWehrUNG FÜR QUERKRAFTNACHWEIS	
Erforderliche Längsbewehrung automatisch erhöhen, um Schubbewehrung zu vermeiden	
EINSTELLUNGEN ZU DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12	
Mindestlängsbewehrung für Platten nach 9.3.1	x
Richtung der Mindestbewehrung	
Bewehrungsrichtung mit der Hauptzugkraft im betrachteten Element(As,min auf Ober- (z) oder Unterseite (+z)):	x
Mindestlängsbewehrung für Wände nach 9.6	-
Mindestschubbewehrung	-
Begrenzung der Druckzone	x
Veränderliche Druckstrebenneigung - Min	18.434 °
Veränderliche Druckstrebenneigung - Max	45.000 °
Teilsicherheitsbeiwert γ_s	ST+V 1.15, AU 1.15 , GZG 1.00
Teilsicherheitsbeiwert γ_c	ST+V 1.50, AU 1.50 , GZG 1.00
Berücksichtigung von Langzeitwirkungen Alpha-cc	ST+V 0.85, AU 0.85, GZG 1.00
Berücksichtigung von Langzeitwirkungen Alpha-ct	GZG 1.00

Bewehrungssatz Nr. 2 – „Stb.-Tankbeckenwände“

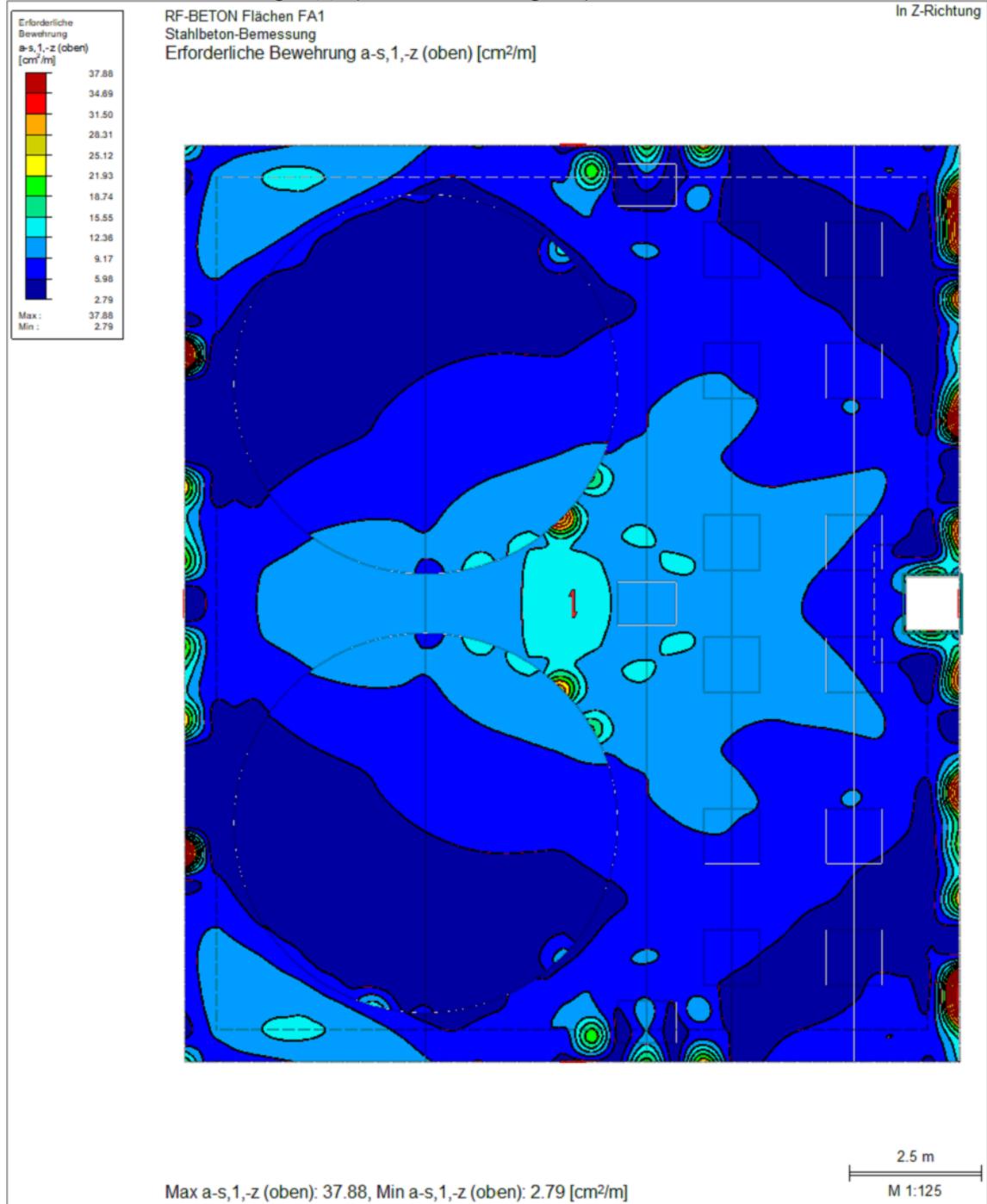
Angewendet auf Flächen:	1-8
BEWEHRUNGSGRAD	
Mindest-Querbewehrung	20.0 %
Mindest-Bewehrung generell	0.0 %
Mindest-Druckbewehrung	0.0 %
Mindest-Zugbewehrung	0.0 %
Maximaler Bewehrungsgrad	4.0 %
Minimaler Schubbewehrungsgrad	0.0 %
Betondeckung nach Norm	-
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 46.00, d-2: 58.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 12.00, ds-2: 12.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,-z (oben): 11.31, As-2,-z (oben): 11.31 cm ² /m
ANORDNUNG DER GRUNDBEWehrUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 46.00, d-2: 58.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 12.00, ds-2: 12.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
Bewehrungsfläche	As-1,+z (unten): 11.31, As-2,+z (unten): 11.31 cm ² /m
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - OBEN (-z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 46.00, d-2: 58.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 12.00, ds-2: 12.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
ANORDNUNG DER ZUSATZBEWEHRUNG - UNTEN (+z)	
Anzahl der Bahnen	2
Achsmaßdeckungen	d-1: 46.00, d-2: 58.00 mm
Stabdurchmesser	ds-1: 12.00, ds-2: 12.00 mm
Bewehrungsrichtungen	Phi-1: 0.000°, Phi-2: 90.000°
LÄNGSBEWehrUNG FÜR QUERKRAFTNACHWEIS	
Erforderliche Längsbewehrung automatisch erhöhen, um Schubbewehrung zu vermeiden	
EINSTELLUNGEN ZU DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12	
Mindestlängsbewehrung für Platten nach 9.3.1	-
Mindestlängsbewehrung für Wände nach 9.6	x
Mindestschubbewehrung	-
Begrenzung der Druckzone	x
Veränderliche Druckstrebenneigung - Min	18.434 °
Veränderliche Druckstrebenneigung - Max	45.000 °
Teilsicherheitsbeiwert g_s	ST+V 1.15, AU 1.15 , GZG 1.00
Teilsicherheitsbeiwert g_c	ST+V 1.50, AU 1.50 , GZG 1.00
Berücksichtigung von Langzeitwirkungen Alpha-cc	ST+V 0.85, AU 0.85, GZG 1.00
Berücksichtigung von Langzeitwirkungen Alpha-ct	GZG 1.00

Bewehrung – Flächen – Max.-Werte

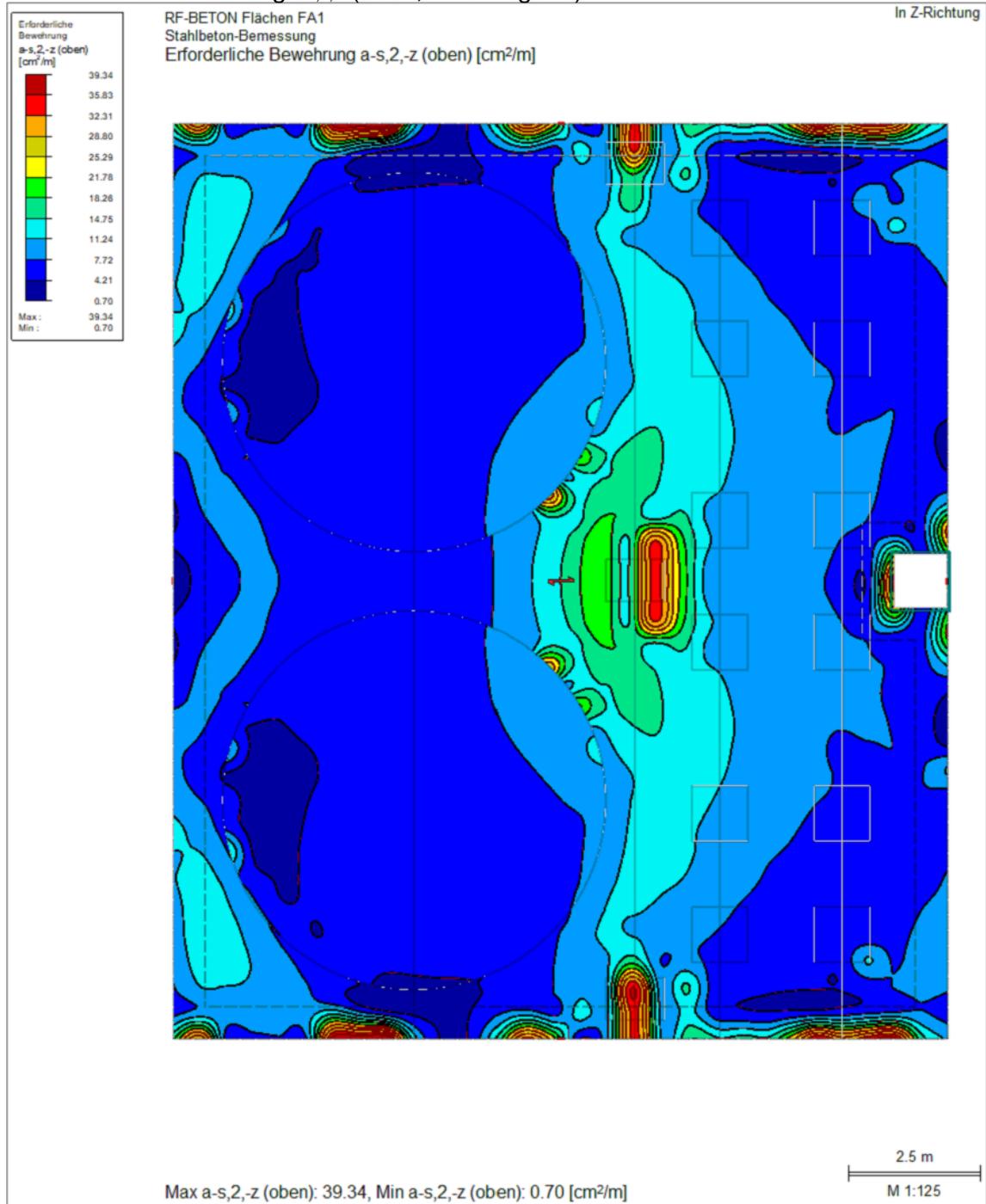
Fläche Nr.	Punkt-Koordinaten [m]			Symbol	Erford. Bewehrung GZT	Basis Bewehr.	Zusatz Bewehr.	Einheit
	X	Y	Z					
1	0.000	0.000	-2.300	a _{s,1,-z} (oben)	28.90	11.31	17.59	cm ² /m
	2.509	0.000	-1.200	a _{s,2,-z} (oben)	7.86	7.54	0.32	cm ² /m
	0.000	0.000	-2.300	a _{s,1,+z} (unten)	18.25	11.31	6.94	cm ² /m
	1.003	0.000	-1.200	a _{s,2,+z} (unten)	7.91	7.54	0.37	cm ² /m
	0.000	0.000	-2.300	a _{sw}	unbemessbar	-	-	cm ² /m ²
2	0.000	0.000	-2.300	a _{s,1,-z} (oben)	29.09	11.31	17.78	cm ² /m
	0.000	0.496	-1.200	a _{s,2,-z} (oben)	7.54	7.54	0.00	cm ² /m
	0.000	17.350	-2.300	a _{s,1,+z} (unten)	18.09	11.31	6.78	cm ² /m
	0.000	16.359	-1.200	a _{s,2,+z} (unten)	7.77	7.54	0.23	cm ² /m
	0.000	0.000	-2.300	a _{sw}	unbemessbar	-	-	cm ² /m ²
3	14.550	0.000	-2.300	a _{s,1,-z} (oben)	27.57	11.31	16.26	cm ² /m
	14.550	6.444	-2.300	a _{s,2,-z} (oben)	7.54	7.54	0.00	cm ² /m
	14.550	0.496	-2.300	a _{s,1,+z} (unten)	13.54	11.31	2.23	cm ² /m
	14.550	0.991	-1.200	a _{s,2,+z} (unten)	7.66	7.54	0.12	cm ² /m
	14.550	0.000	-2.300	a _{sw}	unbemessbar	-	-	cm ² /m ²
4	0.000	17.350	-2.300	a _{s,1,-z} (oben)	28.90	11.31	17.59	cm ² /m
	2.509	17.350	-1.200	a _{s,2,-z} (oben)	7.86	7.54	0.32	cm ² /m
	0.000	17.350	-2.300	a _{s,1,+z} (unten)	18.26	11.31	6.95	cm ² /m
	1.003	17.350	-1.200	a _{s,2,+z} (unten)	7.91	7.54	0.37	cm ² /m
	0.000	17.350	-2.300	a _{sw}	unbemessbar	-	-	cm ² /m ²
5	2.011	0.000	0.000	a _{s,1,-z} (oben)	9.94	11.31	0.00	cm ² /m
	3.017	0.000	0.000	a _{s,2,-z} (oben)	13.47	7.54	5.93	cm ² /m
	2.509	0.000	-1.200	a _{s,1,+z} (unten)	11.68	11.31	0.37	cm ² /m
	13.069	0.000	0.000	a _{s,2,+z} (unten)	13.04	7.54	5.50	cm ² /m
	8.156	0.000	0.000	a _{sw}	9.29	-	-	cm ² /m ²
6	0.000	1.983	0.000	a _{s,1,-z} (oben)	9.60	11.31	0.00	cm ² /m
	0.000	13.880	0.000	a _{s,2,-z} (oben)	13.29	7.54	5.75	cm ² /m
	0.000	2.479	-1.200	a _{s,1,+z} (unten)	11.63	11.31	0.32	cm ² /m
	0.000	1.487	0.000	a _{s,2,+z} (unten)	12.10	7.54	4.56	cm ² /m
	0.000	17.350	0.000	a _{sw}	8.20	-	-	cm ² /m ²
7	14.550	8.675	0.000	a _{s,1,-z} (oben)	11.31	11.31	0.00	cm ² /m
	14.550	7.694	0.000	a _{s,2,-z} (oben)	10.54	7.54	3.00	cm ² /m
	14.550	14.376	-1.200	a _{s,1,+z} (unten)	11.65	11.31	0.34	cm ² /m
	14.550	1.443	0.000	a _{s,2,+z} (unten)	12.46	7.54	4.92	cm ² /m
	14.550	8.675	0.000	a _{sw}	7.52	-	-	cm ² /m ²
8	2.011	17.350	0.000	a _{s,1,-z} (oben)	9.93	11.31	0.00	cm ² /m
	3.017	17.350	0.000	a _{s,2,-z} (oben)	13.46	7.54	5.92	cm ² /m
	2.509	17.350	-1.200	a _{s,1,+z} (unten)	11.68	11.31	0.37	cm ² /m
	13.069	17.350	0.000	a _{s,2,+z} (unten)	13.05	7.54	5.51	cm ² /m
	8.156	17.350	0.000	a _{sw}	9.28	-	-	cm ² /m ²
9	8.639	16.372	0.000	a _{s,1,-z} (oben)	37.40	15.40	22.00	cm ² /m
	14.550	14.795	0.000	a _{s,2,-z} (oben)	36.52	15.40	21.12	cm ² /m
	2.011	0.000	0.000	a _{s,1,+z} (unten)	40.26	15.40	24.86	cm ² /m
	0.000	8.427	0.000	a _{s,2,+z} (unten)	41.91	15.40	26.51	cm ² /m
	14.550	8.175	0.000	a _{sw}	unbemessbar	-	-	cm ² /m ²

Bei den nicht bemessbaren Elementen handelt es sich um Querkraftnachweise in den Eckbereichen der Tankbeckenwände. Die Beanspruchungsspitzen sind den, der Modelleingabe zugrunde liegenden, Idealisierungen geschuldet und treten real nicht auf.

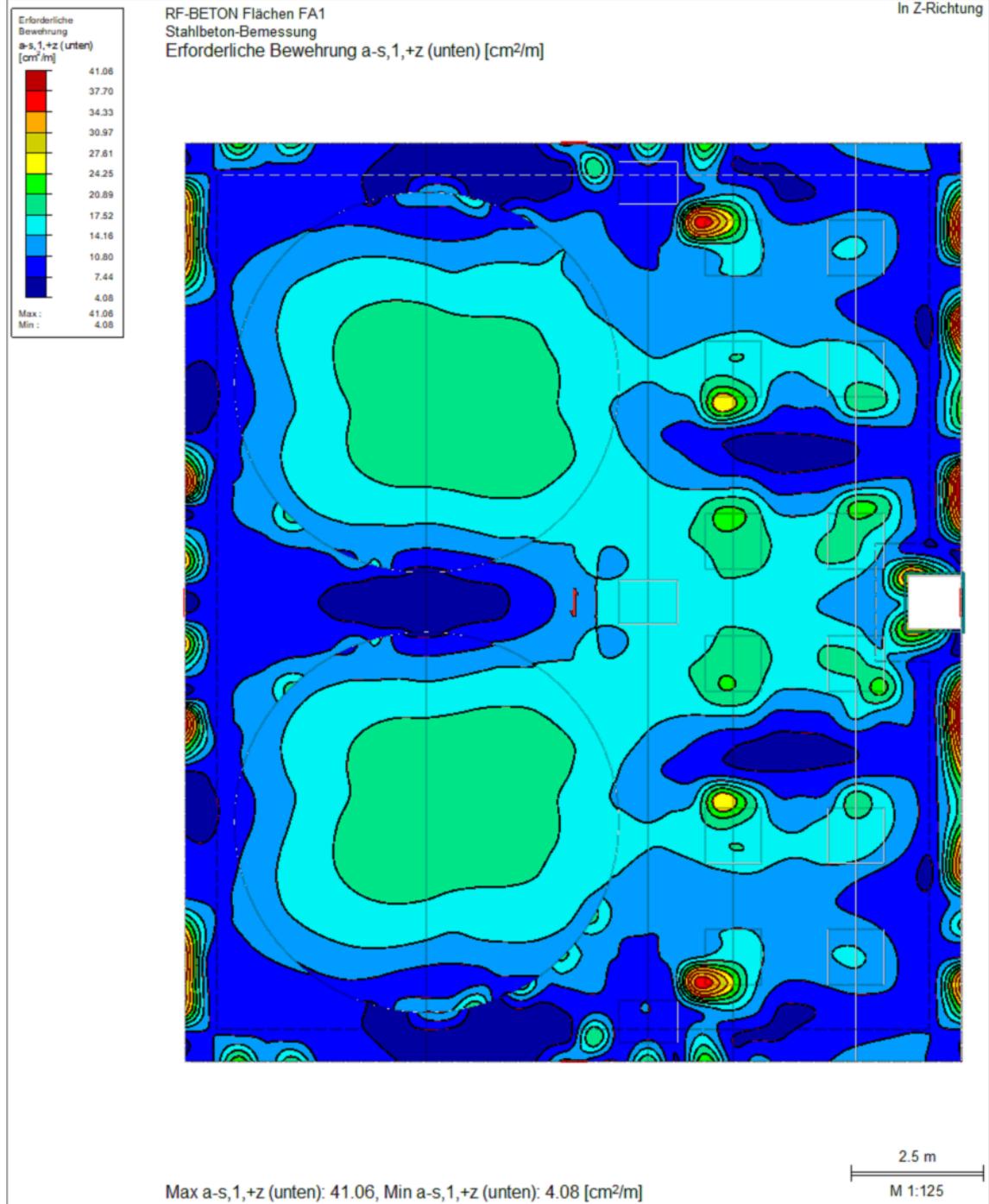
Erforderliche Bewehrung – Bodenplatte
 Erforderliche Bewehrung $a_{s,1,-z}$ (oben, außenliegend)



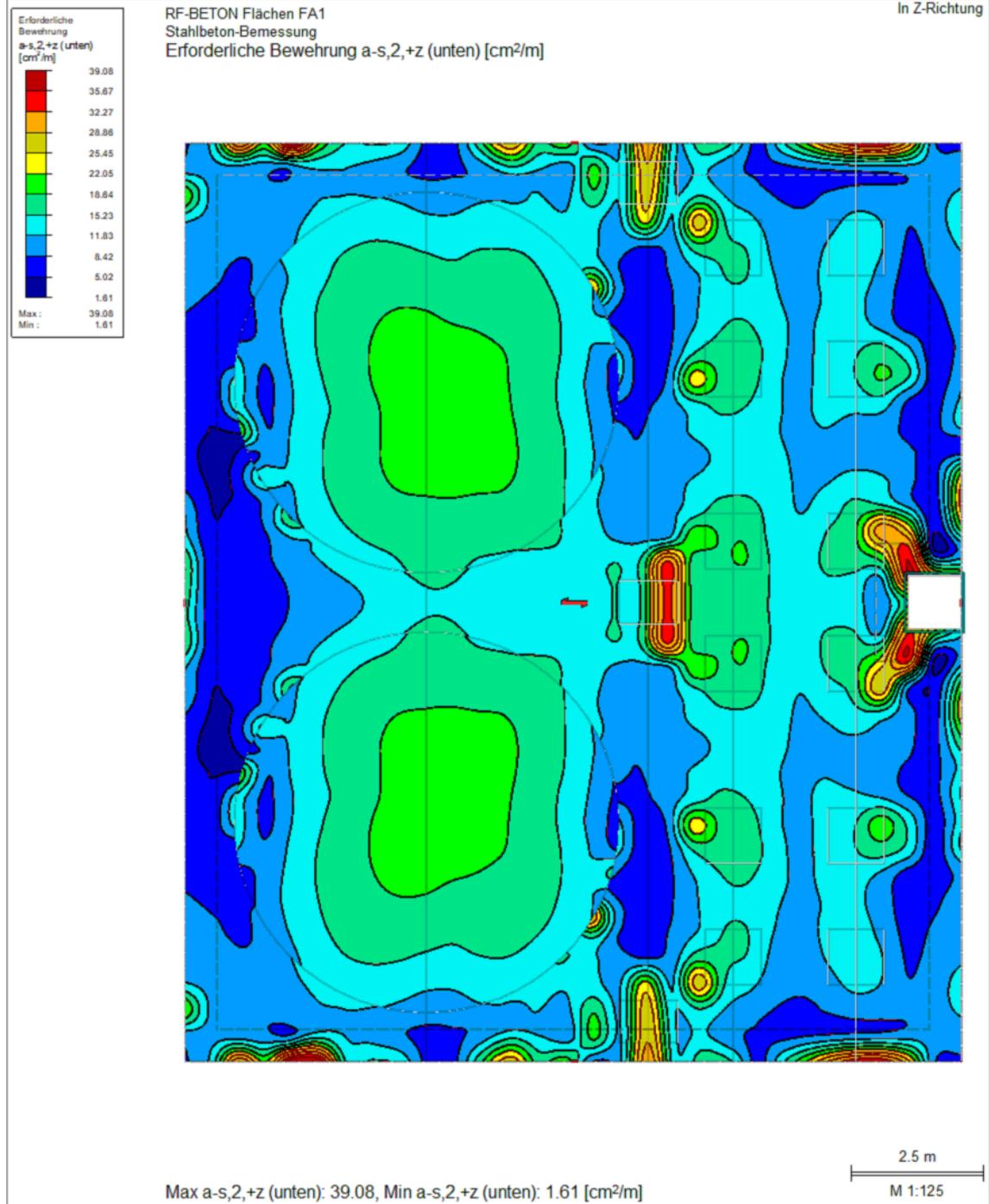
Erforderliche Bewehrung $a_{s,2,-z}$ (oben, innenliegend)

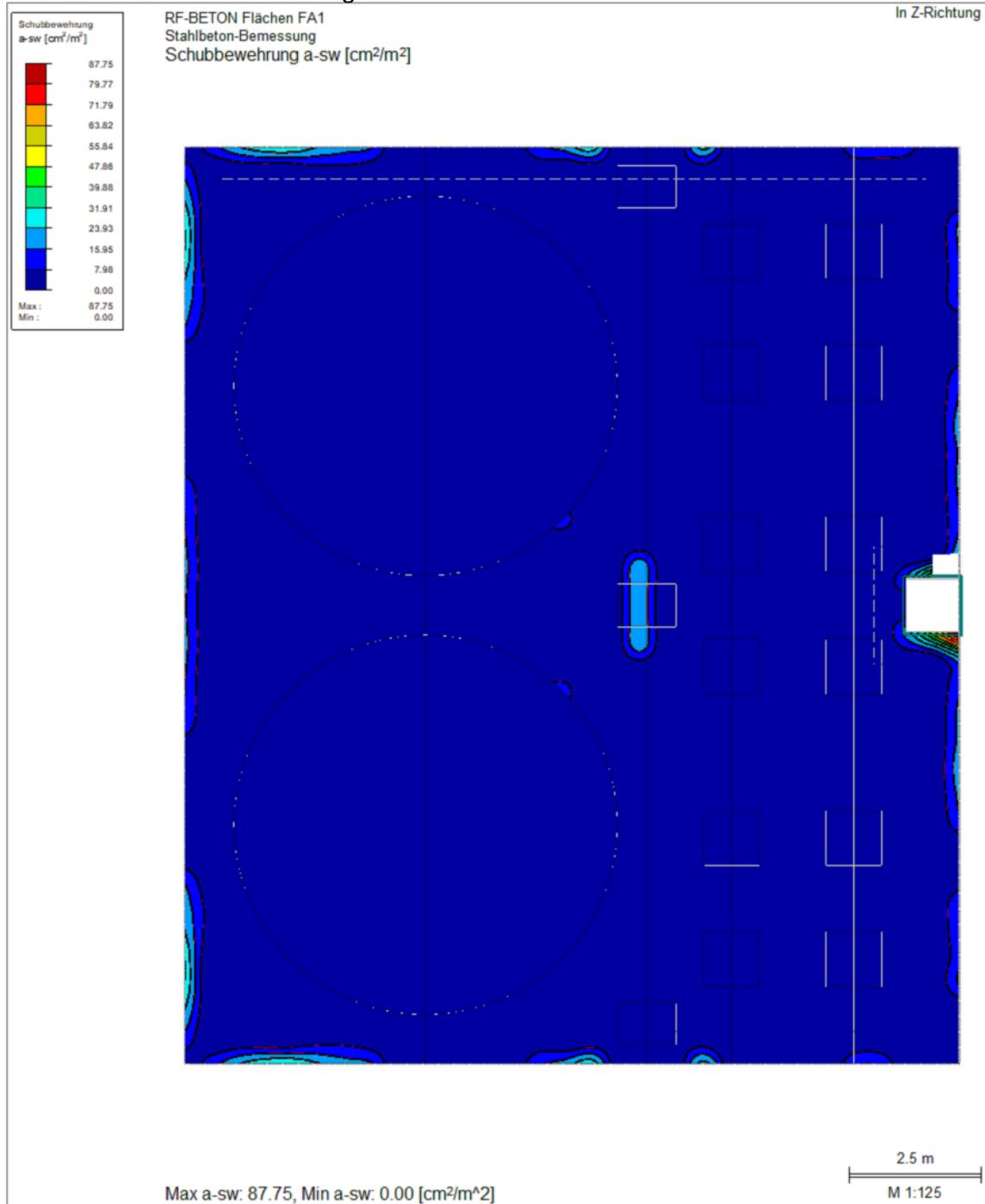


Erforderliche Bewehrung $a_{s,1,+z}$ (unten, außenliegend)



Erforderliche Bewehrung $a_{s,2,+z}$ (unten, innenliegend)

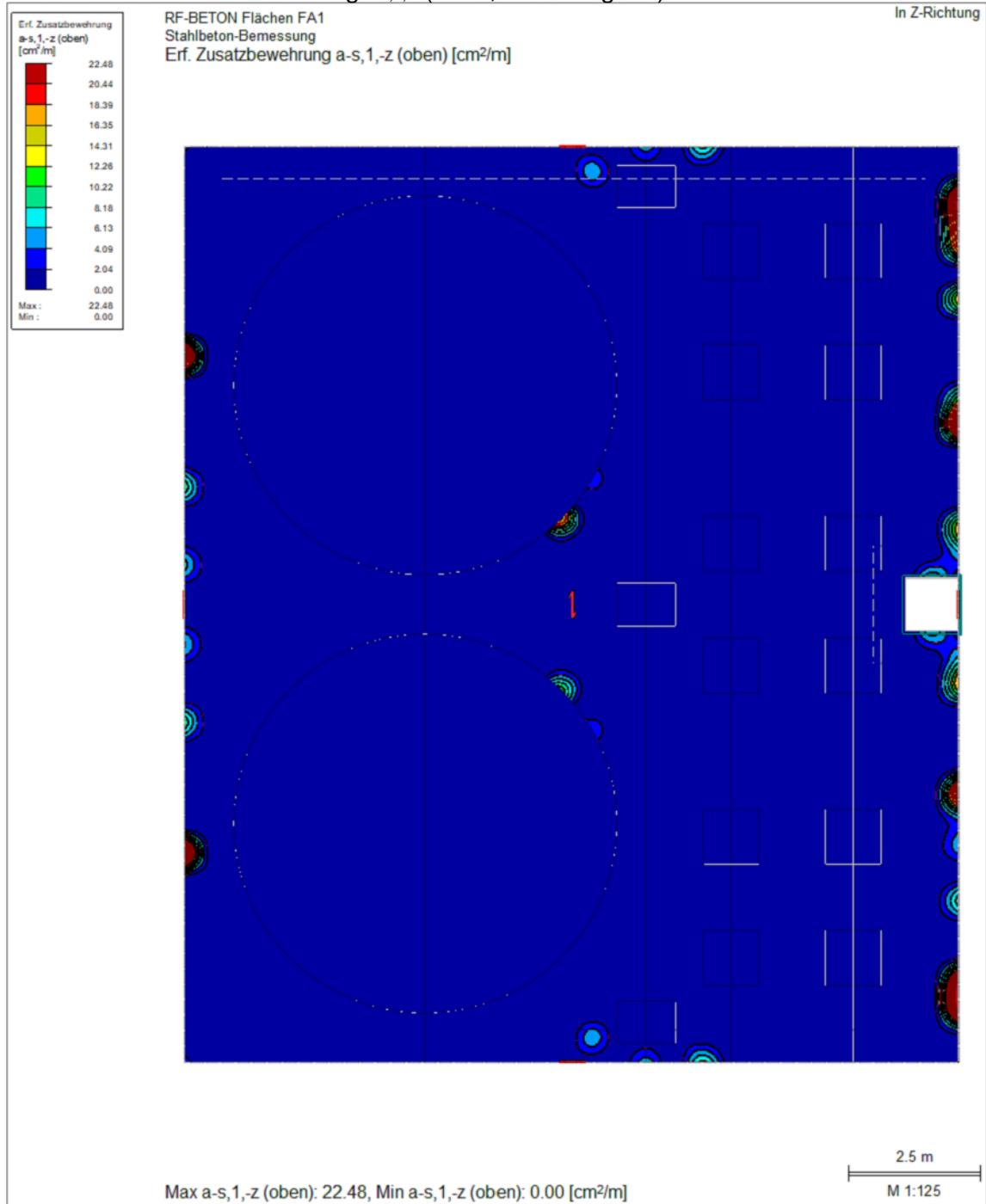


Erforderliche Schubbewehrung a_{sw} 

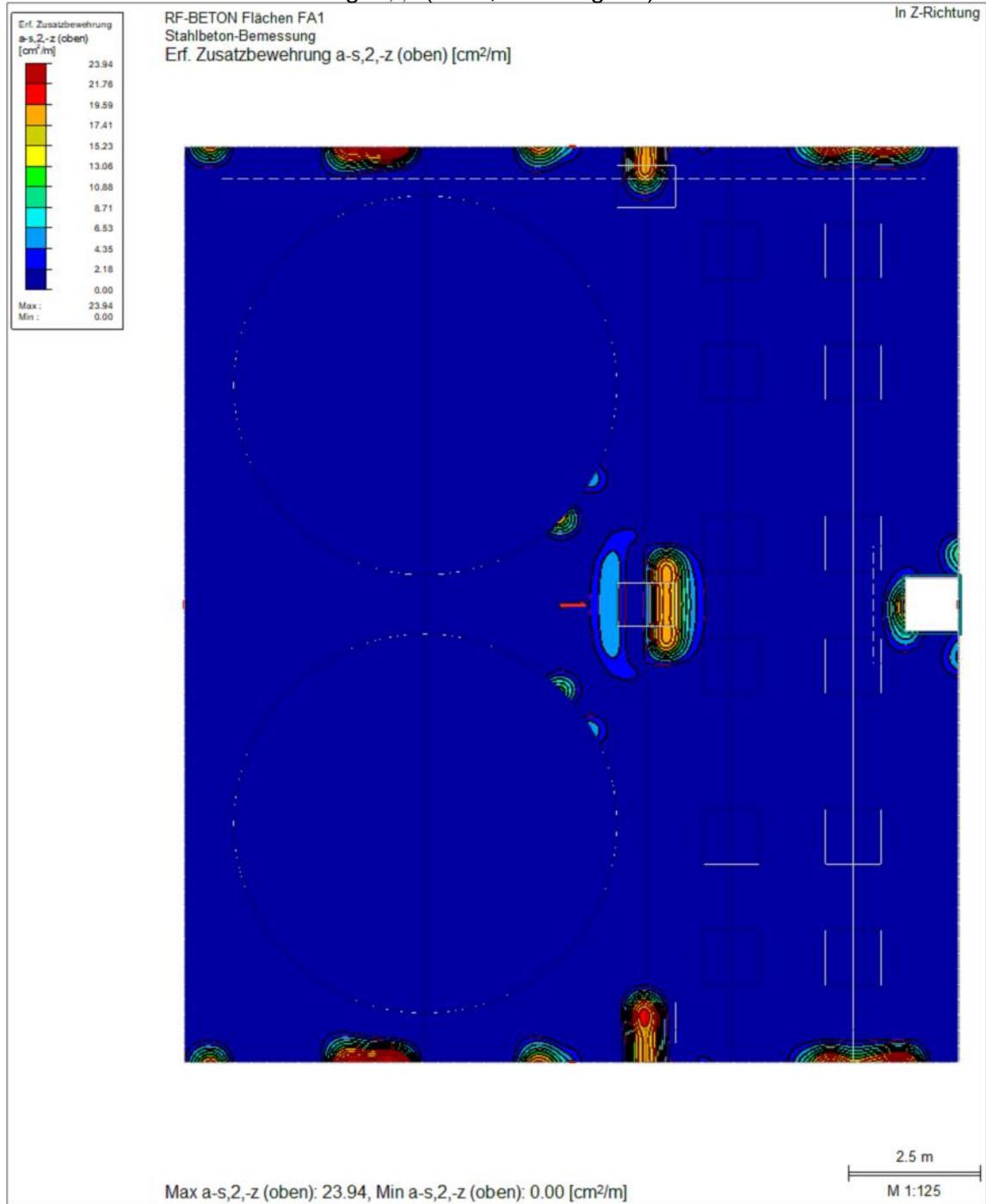
Die erforderliche Schubbewehrung unter dem zentralen Sockeln Typ 3 ist durch die unter Kap. 3.4.3 ermittelte Rückhängebewehrung abgegolten. Die an den Plattenrändern erforderliche Schubbewehrung ist real nicht erforderlich, da hier Rahmenecken ausgebildet werden.

Folglich ist real keine zusätzliche Schubbewehrung der Bodenplatte erforderlich.

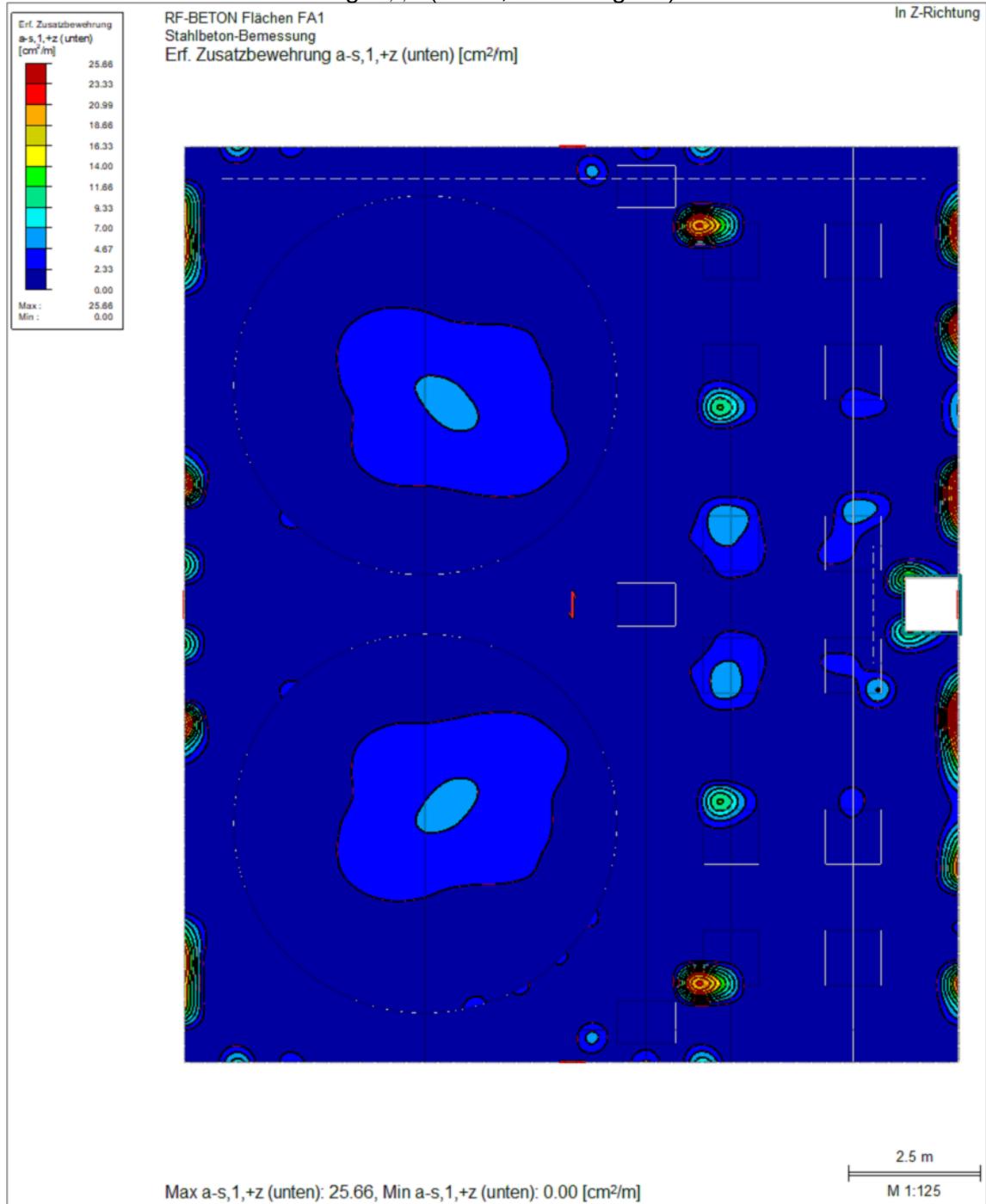
Erforderliche Zusatzbewehrung $a_{s,1,-z}$ (oben, außenliegend)



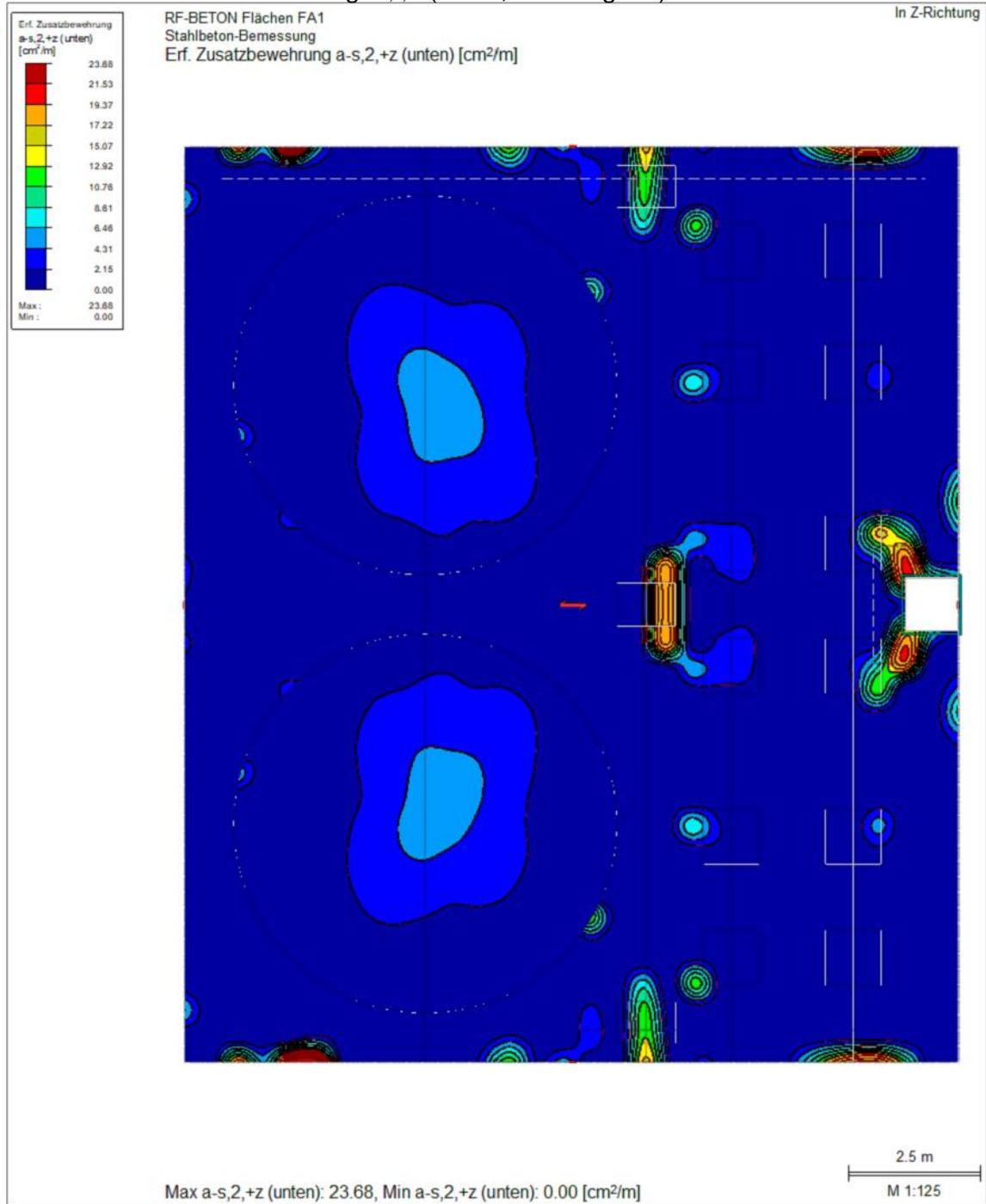
Erforderliche Zusatzbewehrung $a_{s,2,-z}$ (oben, innenliegend)



Erforderliche Zusatzbewehrung $a_{s,1,+z}$ (unten, außenliegend)



Erforderliche Zusatzbewehrung $a_{s,2,+z}$ (unten, innenliegend)



Bewehrungswahl – Bodenplatte – Feldbewehrung obere Lage**Nord – Süd Richtung**

An den Kanten der Sockel Typ 1 sind lokal Zulagen erforderlich. Hier werden je 3 x \emptyset 14 vorgesehen.

Unter den Sockeln Typ 3 werden je 3 x \emptyset 14 eingelegt.

West – Ost Richtung

An den Kanten der Sockel Typ 1 sind lokal Zulagen erforderlich. Hier werden je 3 x \emptyset 14 vorgesehen.

Unter den Sockeln Typ 3 werden \emptyset 16 – 10 als Zulagen eingelegt.

Bewehrungswahl – Bodenplatte – Feldbewehrung untere Lage**Nord – Süd Richtung**

Unter den Sockeln Typ 1 werden \emptyset 14 – 20 zugelegt.

Unter den Sockeln Typ 2 werden an den erforderlichen Stellen die Spitzen der erforderlichen Bewehrung über Stäbe \emptyset 14, je nach Bedarf, abgedeckt.

West – Ost Richtung

Unter den Sockeln Typ 1 werden \emptyset 14 – 20 zugelegt.

Unter den Sockeln Typ 2 werden an den erforderlichen Stellen die Spitzen der erforderlichen Bewehrung über 4 x \emptyset 14 abgedeckt.

Unter den Sockeln Typ 3 werden \emptyset 16 – 10 als Zulagen eingelegt.

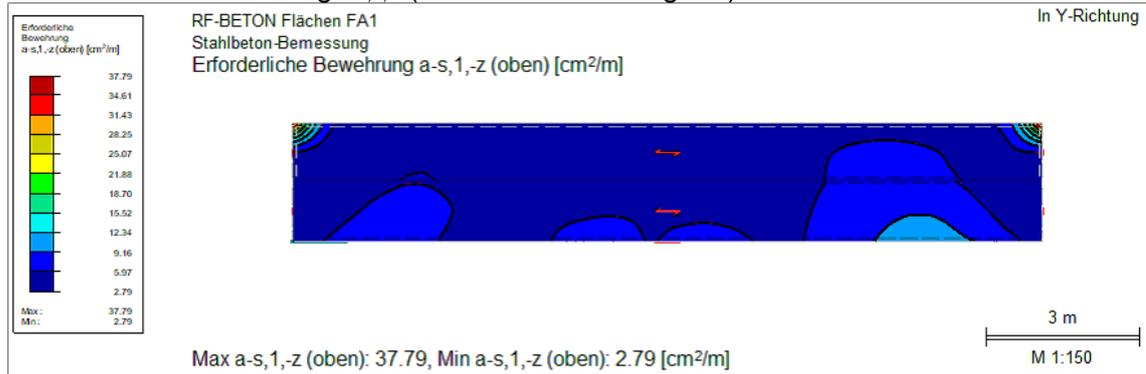
Bewehrungswahl – Bodenplatte – Randbereich

Es werden umlaufend 4 x \emptyset 20 eingelegt.

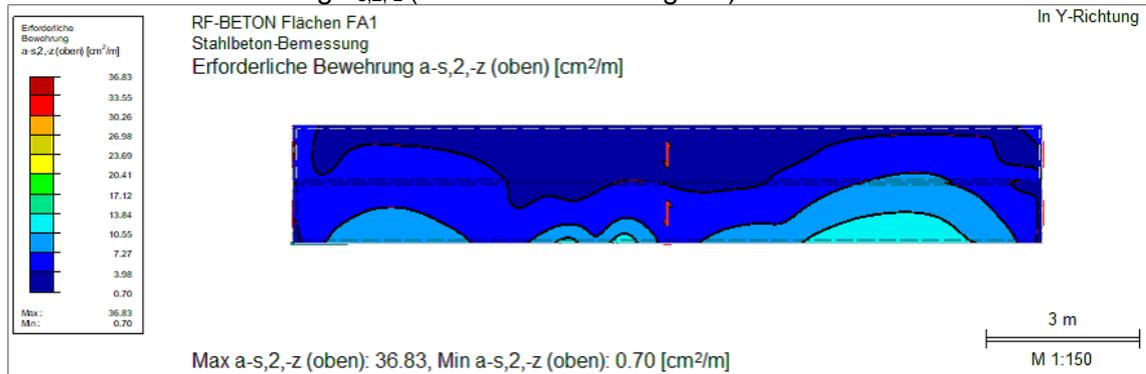
Die genaue bauliche Durchbildung ist den zugehörigen Bewehrungsplänen zu entnehmen.

Erforderliche Bewehrung – Tankbeckenwände Nord/ Süd

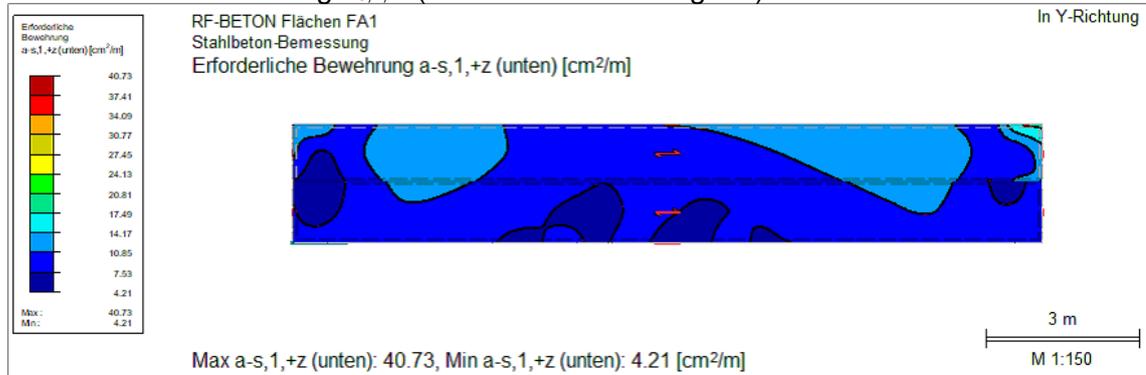
Erforderliche Bewehrung $a_{s,1,-z}$ (oben bzw. innenliegend)



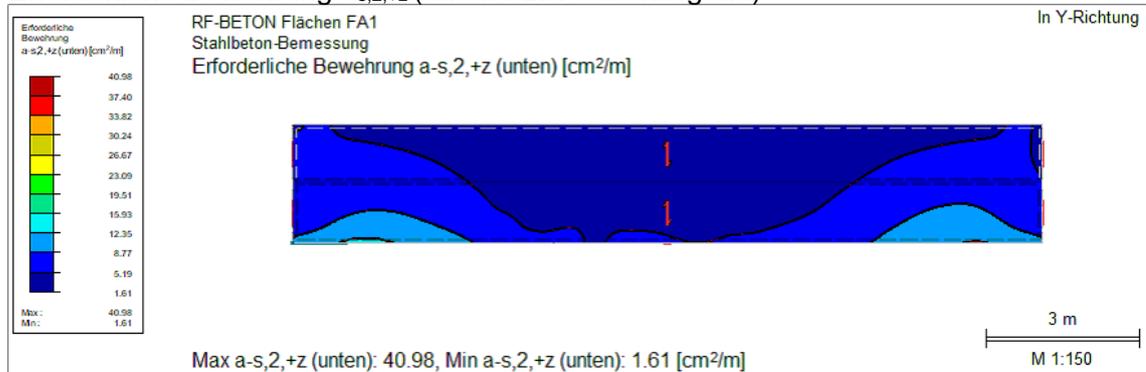
Erforderliche Bewehrung $a_{s,2,-z}$ (oben bzw. innenliegend)



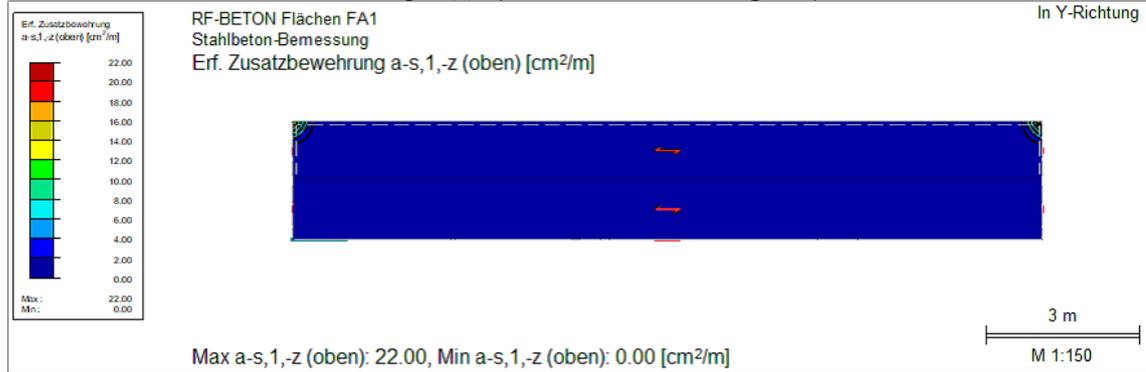
Erforderliche Bewehrung $a_{s,1,+z}$ (unten bzw. außenliegend)



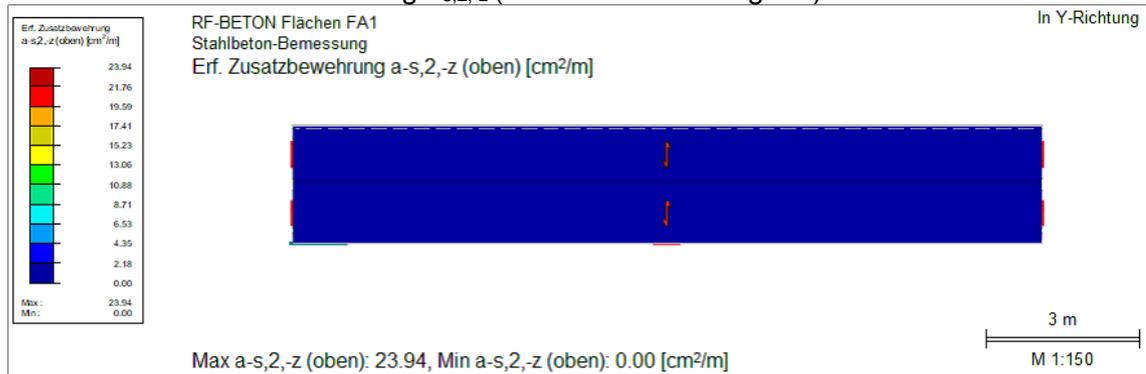
Erforderliche Bewehrung $a_{s,2,+z}$ (unten bzw. außenliegend)



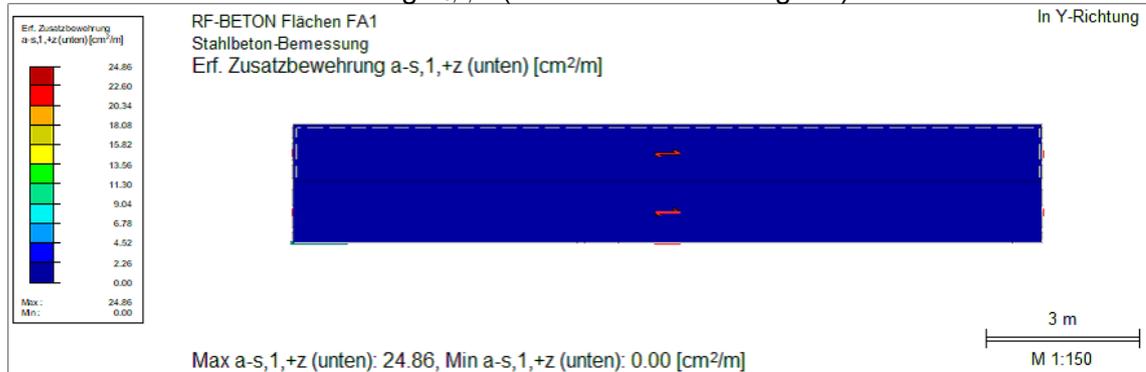
Erforderliche Zusatzbewehrung $a_{s,1,-z}$ (oben bzw. innenliegend)



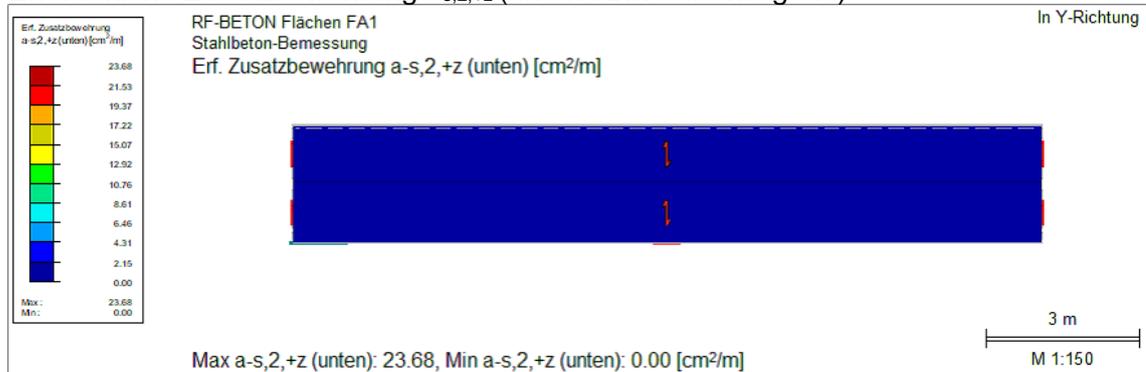
Erforderliche Zusatzbewehrung $a_{s,2,-z}$ (oben bzw. innenliegend)

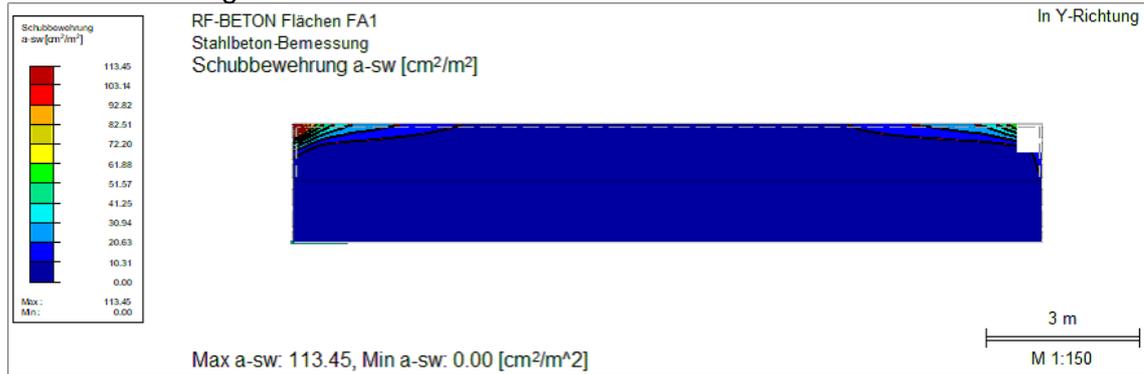


Erforderliche Zusatzbewehrung $a_{s,1,+z}$ (unten bzw. außenliegend)



Erforderliche Zusatzbewehrung $a_{s,2,+z}$ (unten bzw. außenliegend)



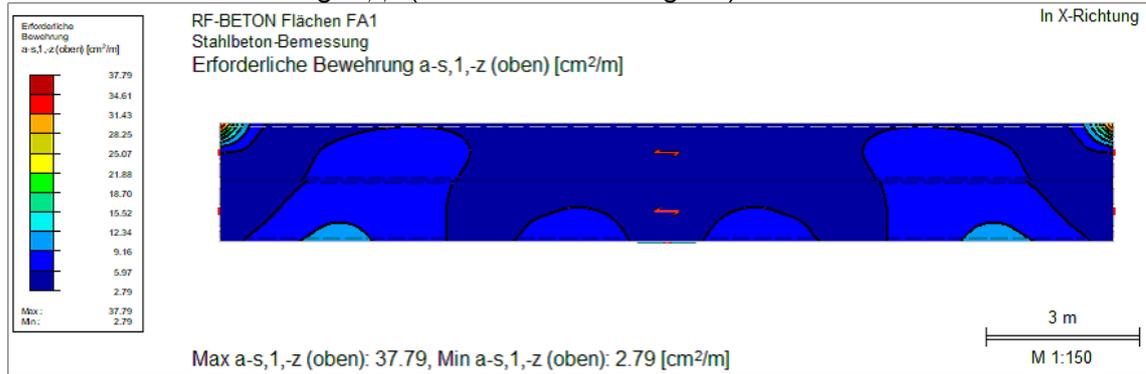
Schubbewehrung a_{sw} **Bewehrungswahl**

In oberer Lage werden konstruktiv horizontal in Längsrichtung als Zulagen $2 \times \text{Ø}14$, $A_s = 3,1 \text{ cm}^2$, vorgesehen.

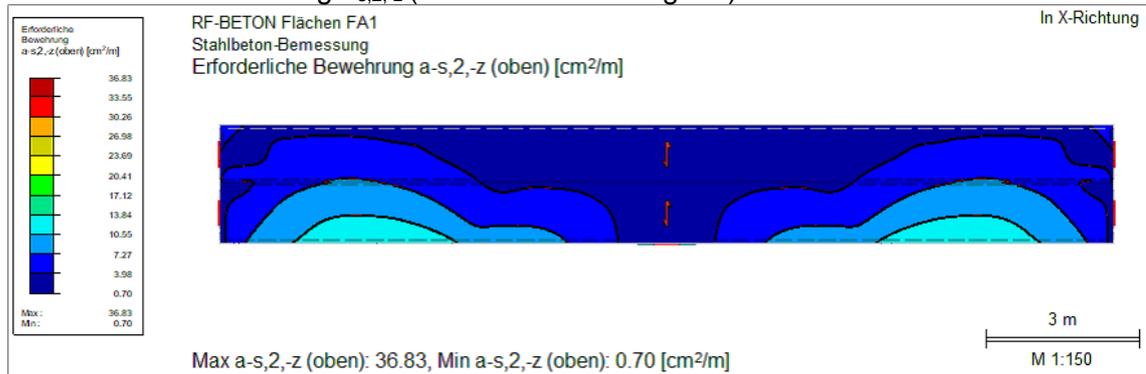
Der vom Modell berechnete Betonstahlbedarf, Längs- und Schubbewehrung, in den Eckbereichen der Wände ist auf eine Singularität in der Ecke zurückzuführen und ist real nicht erforderlich.

Erforderliche Bewehrung – Tankbeckenwände West/ Ost

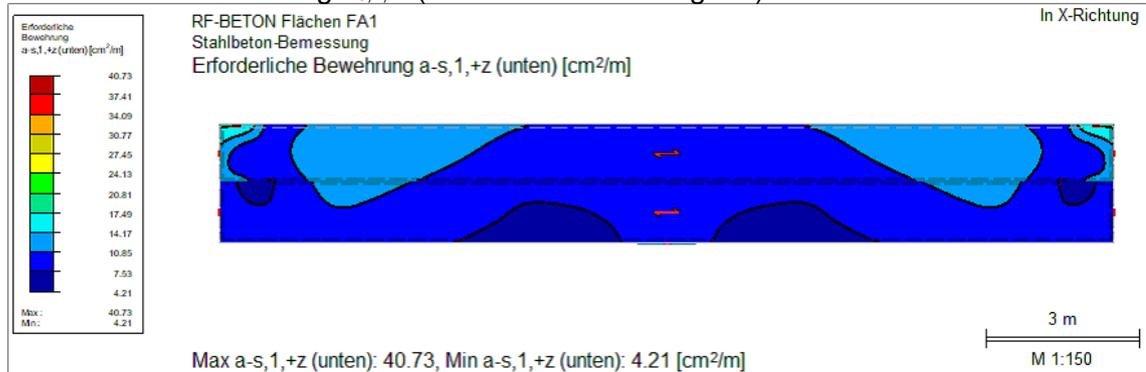
Erforderliche Bewehrung $a_{s,1,-z}$ (oben bzw. innenliegend)



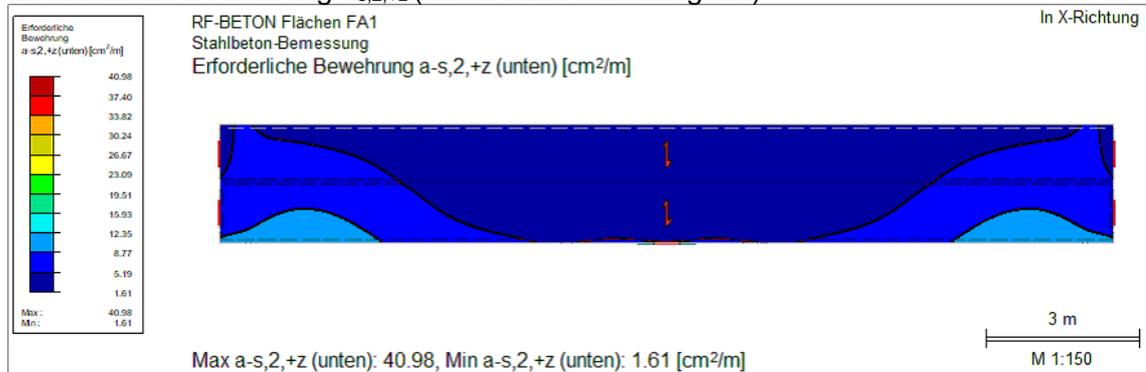
Erforderliche Bewehrung $a_{s,2,-z}$ (oben bzw. innenliegend)



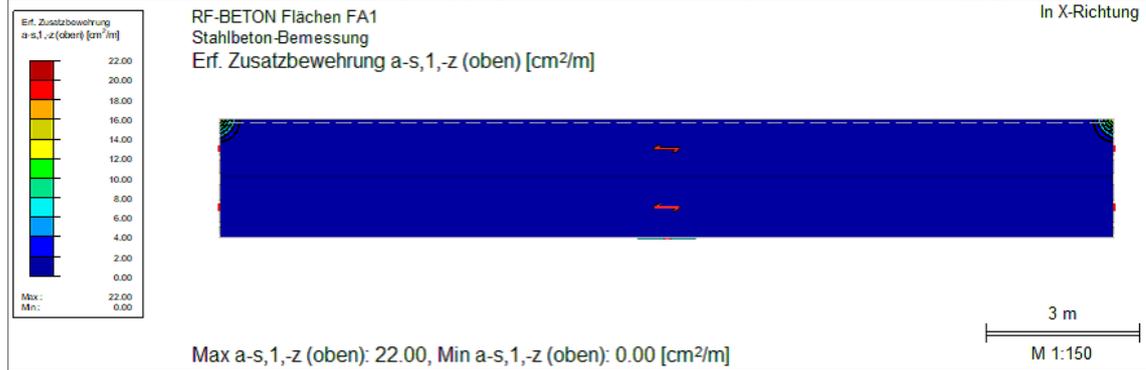
Erforderliche Bewehrung $a_{s,1,+z}$ (unten bzw. außenliegend)



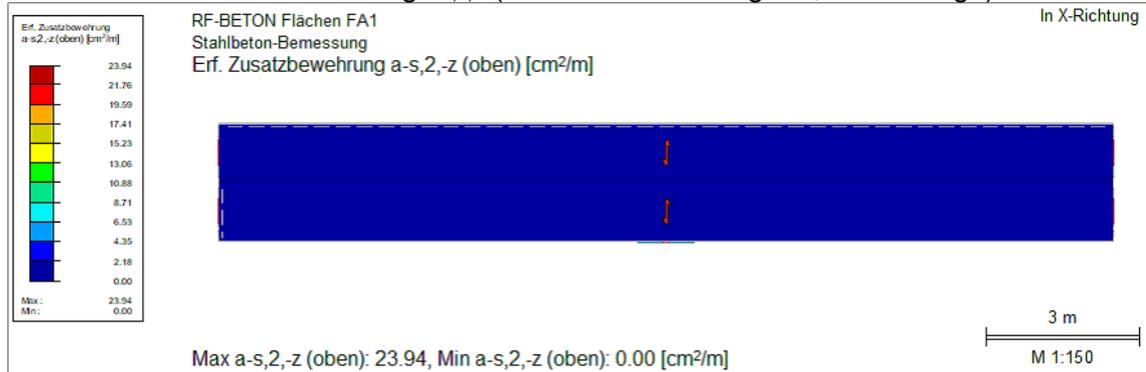
Erforderliche Bewehrung $a_{s,2,+z}$ (unten bzw. außenliegend)



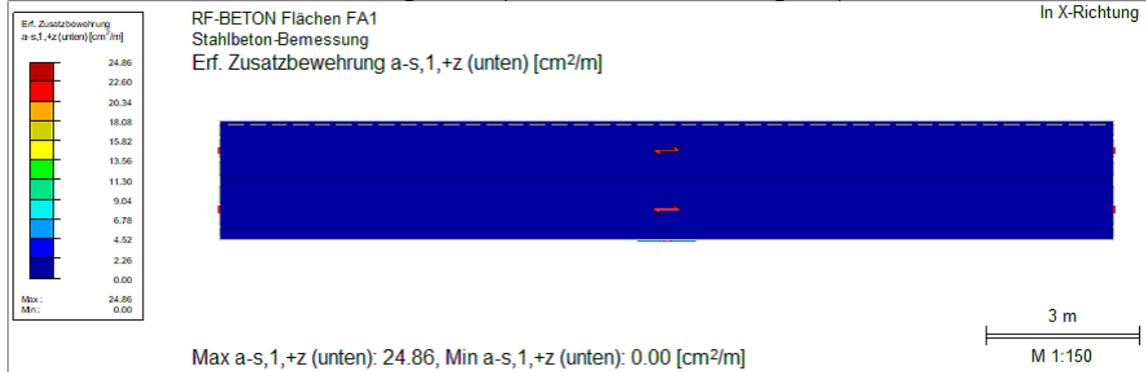
Erforderliche Zusatzbewehrung $a_{s,1,-z}$ (oben bzw. innenliegend, äußere Lage)



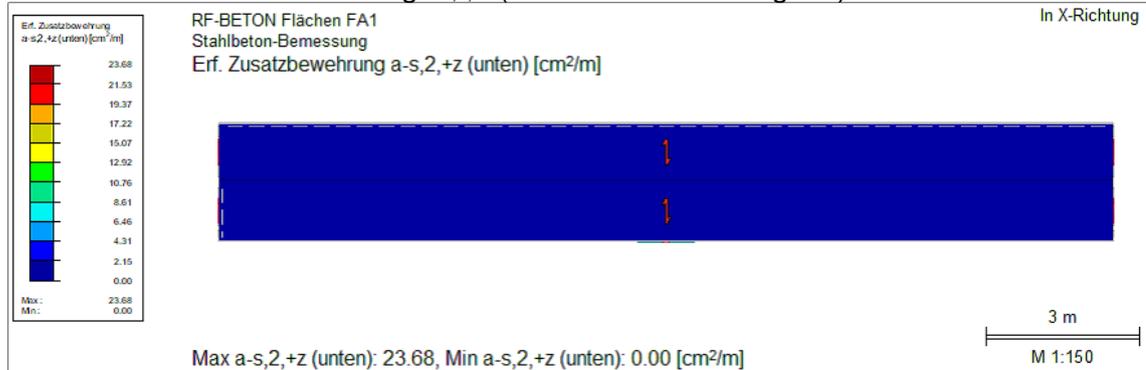
Erforderliche Zusatzbewehrung $a_{s,2,-z}$ (oben bzw. innenliegend, innere Lage)

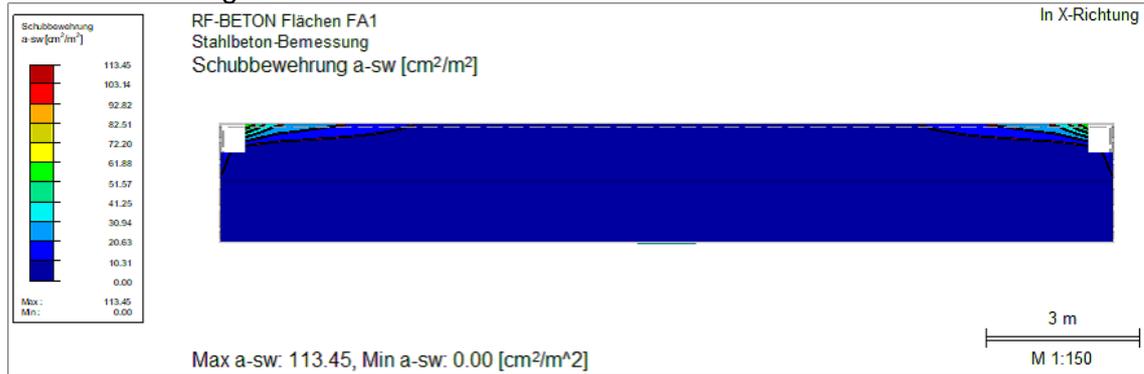


Erforderliche Zusatzbewehrung $a_{s,1,+z}$ (unten bzw. außenliegend)



Erforderliche Zusatzbewehrung $a_{s,2,+z}$ (unten bzw. außenliegend)



Schubbewehrung a_{sw} **Bewehrungswahl**

In oberer Lage, werden konstruktiv horizontal in Längsrichtung als Zulagen $2 \times \text{Ø}14$, $A_s = 3,1 \text{ cm}^2$, vorgesehen.

Der vom Modell berechnete Betonstahlbedarf, Längs- und Schubbewehrung, in den Eckbereichen der Wände ist auf eine Singularität in der Ecke zurückzuführen und ist real nicht erforderlich.

3.4.4.3 *Nachweis der Rissbreiten unter Lastbeanspruchung*

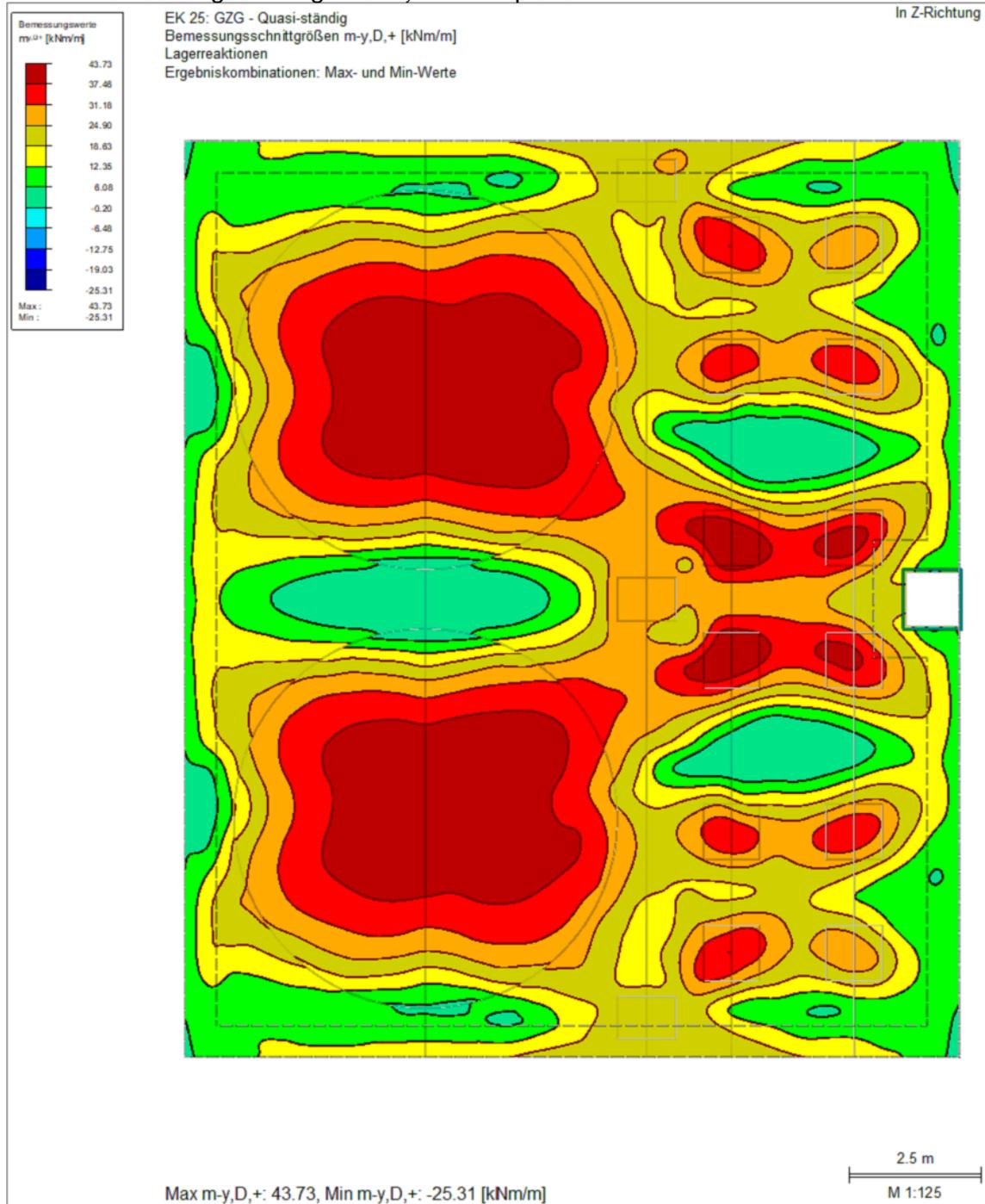
Im Folgenden wird der Nachweis zur Begrenzung der Rissbreite unter Lastbeanspruchung ohne direkte Berechnung geführt.

Hierfür werden die Biegemomente in der Quasi-ständigen Bemessungssituation an den ungünstigsten Stellen betrachtet. Die vorhandenen Stahlspannungen werden überschlägig ermittelt, und der Nachweis wird über die Einhaltung eines maximal zulässigen Stababstandes erfüllt.

Die reine Normalkraftbeanspruchung der Stahlbetonbauteile ist an dieser Stelle vernachlässigbar gering.

Auf der sicheren Seite liegend wird als Bewehrungsmenge in den folgenden Nachweisen lediglich die vorhandene Grundbewehrung der jeweiligen Bauteile angesetzt.

EK 25: Bemessungsschnittgröße m_y – Bodenplatte



$$d = 25 - (4,0 + 1,4 + 1,4 / 2) = 18,9 \text{ cm}$$

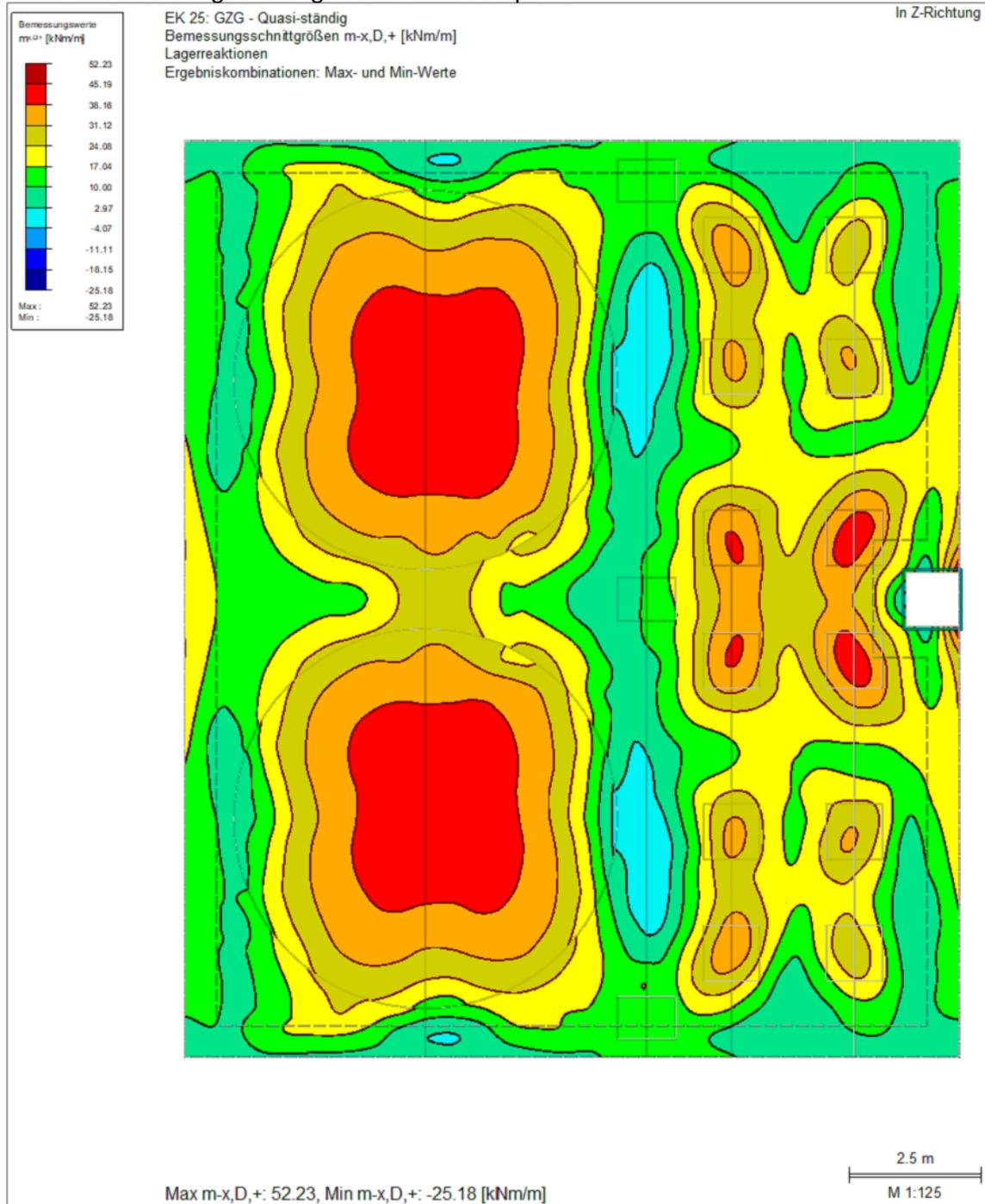
$$m_y = 43,73 \text{ kNm/m}$$

$$a_{s, \text{vorh.}} = 15,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_s \sim (0,04373 / (0,9 \times 0,189)) / (15,4 \times 10^{-4}) = 167,0 \text{ MN/m}^2$$

$$s_{\text{max.}} \sim 193 \text{ mm} \geq s_{\text{vorh.}} = 100 \text{ mm} \checkmark$$

EK 25: Bemessungsschnittgröße m_x – Bodenplatte



$$d = 25 - (4,0 + 1,4 / 2) = 20,3 \text{ cm}$$

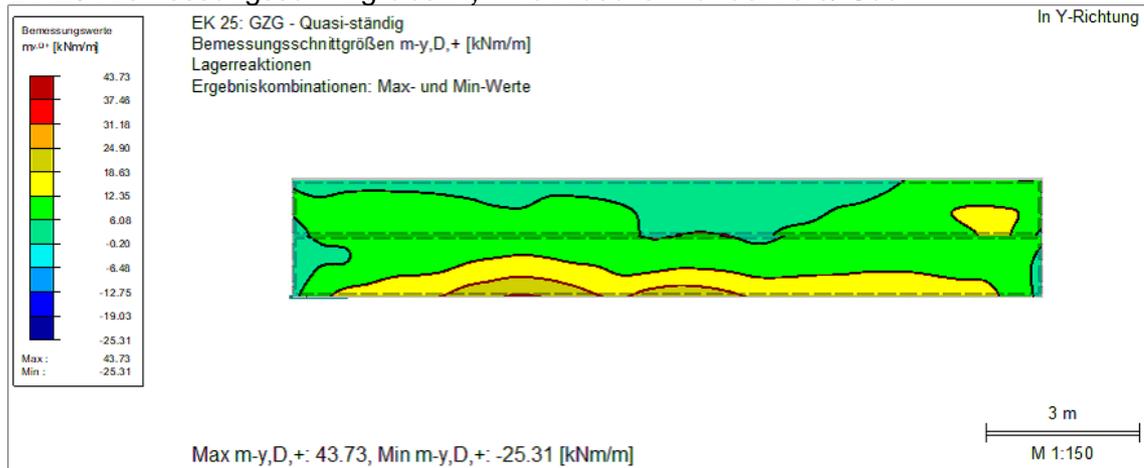
$$m_x = 52,23 \text{ kNm/m}$$

$$a_{s, \text{vorh.}} = 15,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_s \sim (0,05223 / (0,9 \times 0,203)) / (15,4 \times 10^{-4}) = 185,6 \text{ MN/m}^2$$

$$s_{\text{max.}} \sim 175 \text{ mm} \geq s_{\text{vorh.}} = 100 \text{ mm} \checkmark$$

EK 25: Bemessungsschnittgröße m_y – Tankbeckenwände Nord/ Süd



$$d = 25 - (4,0 + 1,2 + 1,2 / 2) = 19,2 \text{ cm}$$

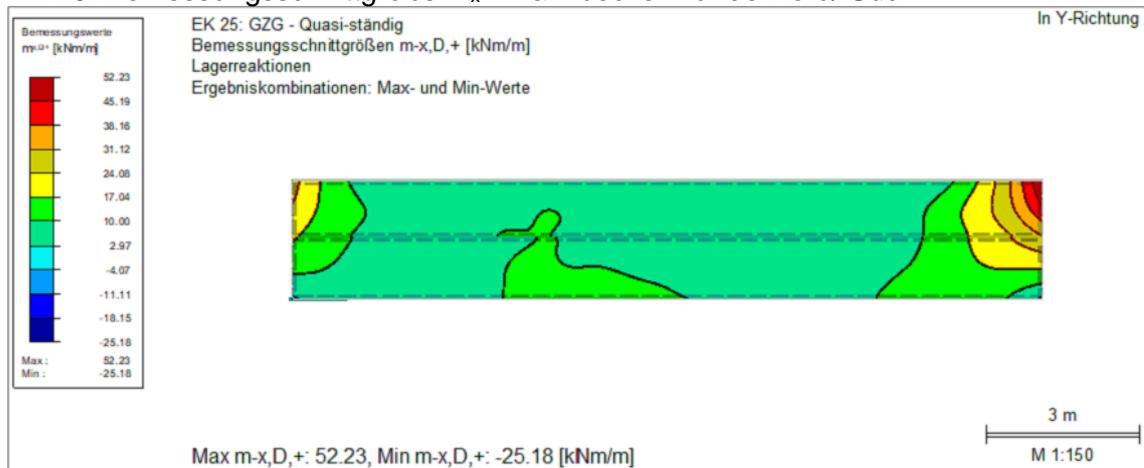
$$m_y = 43,73 \text{ kNm/m}$$

$$a_{s,vorh.} = 11,31 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_s \sim (0,04373 / (0,9 \times 0,192)) / (11,31 \times 10^{-4}) = 223,8 \text{ MN/m}^2$$

$$s_{max.} \sim 120 \text{ mm} \geq s_{vorh.} = 100 \text{ mm} \checkmark$$

EK 25: Bemessungsschnittgröße m_x – Tankbeckenwände Nord/ Süd



Das maximale Biegemoment m_x liegt in den Eckbereichen vor und tritt real nicht auf. Der Nachweis wird unter, auf der sicheren Seite liegend, Ansatz von $m_x = 45,2 \text{ kNm}$ geführt.

$$d = 25 - (4,0 + 1,2 / 2) = 20,4 \text{ cm}$$

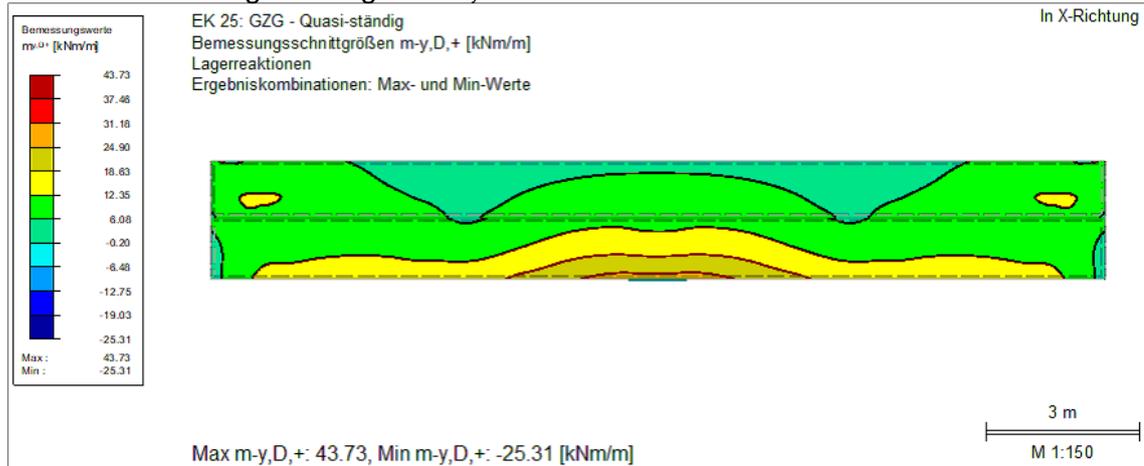
$$m_x = 45,2 \text{ kNm/m}$$

$$a_{s,vorh.} = 11,31 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_s \sim (0,0452 / (0,9 \times 0,203)) / (11,31 \times 10^{-4}) = 218,8 \text{ MN/m}^2$$

$$s_{max.} \sim 125 \text{ mm} \geq s_{vorh.} = 100 \text{ mm} \checkmark$$

EK 25: Bemessungsschnittgröße m_y – Tankbeckenwände West/ Ost



$$d = 25 - (4,0 + 1,2 + 1,2 / 2) = 19,2 \text{ cm}$$

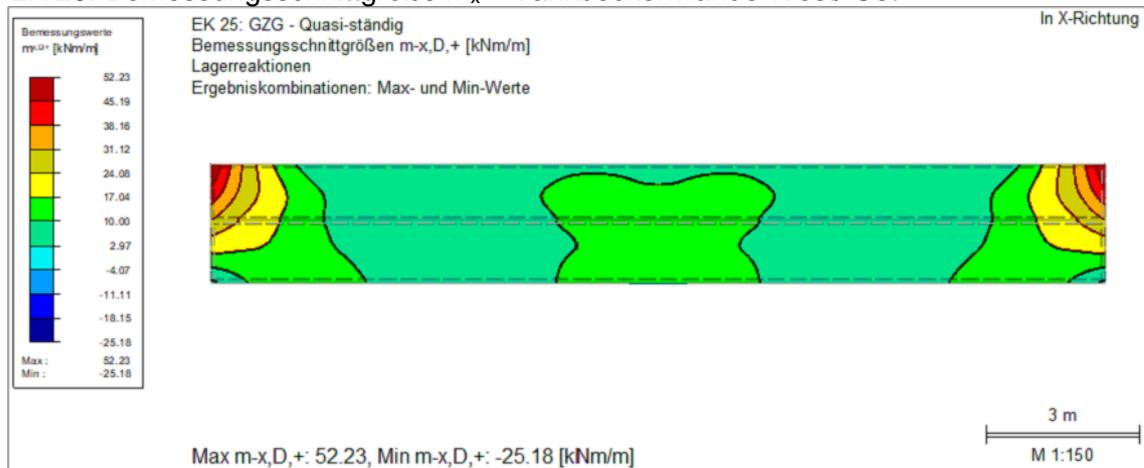
$$m_y = 43,73 \text{ kNm/m}$$

$$a_{s, \text{vorh.}} = 11,31 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_s \sim (0,04373 / (0,9 \times 0,192)) / (11,31 \times 10^{-4}) = 223,8 \text{ MN/m}^2$$

$$s_{\text{max.}} \sim 120 \text{ mm} \geq s_{\text{vorh.}} = 100 \text{ mm} \checkmark$$

EK 25: Bemessungsschnittgröße m_x – Tankbeckenwände West/ Ost



Das maximale Biegemoment m_x liegt in den Eckbereichen vor und tritt real nicht auf. Der Nachweis wird unter, auf der sicheren Seite liegend, Ansatz von $m_x = 45,2 \text{ kNm}$ geführt.

$$d = 25 - (4,0 + 1,2 / 2) = 20,4 \text{ cm}$$

$$m_x = 45,2 \text{ kNm/m}$$

$$a_{s, \text{vorh.}} = 11,31 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_s \sim (0,0452 / (0,9 \times 0,203)) / (11,31 \times 10^{-4}) = 218,8 \text{ MN/m}^2$$

$$s_{\text{max.}} \sim 125 \text{ mm} \geq s_{\text{vorh.}} = 100 \text{ mm} \checkmark$$

3.4.4.4 Lastabtrag horizontaler Einwirkungen

Einwirkende Horizontalbelastungen werden durch Reibung in der Sohlfläche übertragen.

Die Übertragung wird an dieser Stelle durch einen überschlägigen, händischen Nachweis des Gleitwiderstandes, ohne den Ansatz eines real vorhandenen Erdwiderstandes geführt. Darüber hinaus erfolgt ein Nachweis der Lagesicherheit, da ein Abrutschen in der Sohlfläche denkbar wäre.

3.4.4.4.1 Einwirkungen

einwirkende Horizontalbeanspruchung T_k

Die horizontale Beanspruchung innerhalb der Sohlfläche setzt sich aus zwei Komponenten zusammen. Zum einen treten resultierend horizontale Belastungen durch Wind- und Erdbebeneinwirkungen auf. Zum anderen resultiert aus der Neigung der Sohlfläche eine Horizontalkomponente zur Aufnahme der vertikalen Belastungen.

Vertikale Beanspruchungen der relevanten Lastfälle

Auf der sicheren Seite liegend wird das Eigengewicht der Sockel vernachlässigt.

$$F_{z,k,g} \sim 25 \times 0,25 \times (17,35 \times 14,55 + 2 \times 2,3 \times 17,35 + 2 \times 2,3 \times 14,55) + 2 \times 100 + 3 \times 100 + 3 \times 67,07 = 3.196,1 \text{ kN}$$

$$F_{z,k,NL} = 2 \times 3.135 + 3 \times 1.100 + 3 \times 42,75 = 9.698,25 \text{ kN}$$

$$F_{z,k,s} = 0,715 \times 17,35 \times 14,55 = 180,50 \text{ kN}$$

Resultierende Horizontalbeanspruchung

$$\alpha = \sin^{-1}(2/100) = 1,15^\circ$$

$$N_k = F_{z,k} \times \cos(1,15^\circ) = 0,99 \times F_{z,k}$$

$$T_k = F_{z,k} \times \sin(1,15^\circ) = 0,02 \times F_{z,k}$$

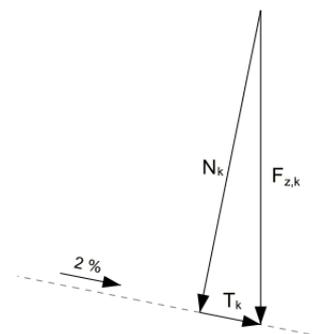


Abbildung 3.4.4-1: Ansatz der Kraftumrechnung

Einwirkung	$F_{z,k}$ [kN]	N_k [kN]	T_k [kN]
Eigengewicht	3.196,1	3.164,1	63,92
Nutzlast	9.698,25	9.601,27	192,03
Schnee	180,50	178,70	3,61

Tabelle 3.4.4.4-1: Zusammenstellung der Einwirkungen

Die vertikale Belastung infolge einer Flüssigkeitsanstauung im Tankbecken wird infolge der Einstufung in die Außergewöhnliche Bemessungssituation für diesen Nachweis nicht maßgebend und im Folgenden vernachlässigt.

Horizontale Beanspruchungen der relevanten Lastfälle

Darüber hinaus treten infolge der Einwirkungen Wind und Erdbeben resultierende Horizontalbeanspruchung auf. Diese werden auf der sicheren Seite liegend nicht auf die Sohlfläche bezogen.

Die Belastungen setzen sich aus den Belastungen der Apparate, sowie der Rohrbrücke zusammen.

Wind

$$F_{h,w,k} = 2 \times 38,60 + 3 \times 55,18 + 3 \times 30,78 = 335,1 \text{ kN}$$

Erdbeben

$$F_{h,AE,k} = 2 \times 262,1 + 3 \times 98,44 + 3 \times 10,37 = 850,6 \text{ kN}$$

3.4.4.4.2 Nachweis der GleitsicherheitGleitwiderstand $R_{t,k}$

$$R_{t,k} = N_k \times \tan(\delta_{s,k})$$

Die Bodenplatte wird in Ortbetonbauweise ausgeführt.

$$\delta_{s,k} = \varphi_k \leq 35^\circ$$

$$\Rightarrow \delta_{s,k} = 35^\circ$$

Lastfallkombinationen

$$\text{LFK 1} - 1,0 \times \text{EG} + 1,5 \times \text{W}$$

$$N_{Ed} = 1,0 \times 3.164,1 = 3.164,1 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} = 1,0 \times 63,92 + 1,5 \times 335,1 = 566,6 \text{ kN}$$

$$\text{LFK 2} - 1,0 \times \text{EG} + 0,8 \times \text{NL} + 0,5 \times \text{S} + 1,0 \times \text{AE}$$

$$N_{Ed} = 1,0 \times 3.164,1 + 0,8 \times 9.601,27 + 0,5 \times 178,7 = 10.845,5 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} = 1,0 \times 63,92 + 0,8 \times 192,03 + 0,5 \times 3,61 + 1,0 \times 850,6 = 1.070,0 \text{ kN}$$

Nachweis der Gleitsicherheit**LFK 1**

$$R_{t,d} = 3.164,1 \times \tan(35^\circ) / 1,10 = 2.014,1 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} / R_{t,d} = 0,28 \leq 1,0 \checkmark$$

LFK 2

$$R_{t,d} = 10.845,5 \times \tan(35^\circ) / 1,10 = 6.903,7 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} / R_{t,d} = 0,15 \leq 1,0 \checkmark$$

3.4.4.4.3 Nachweis der Lagesicherheit

In Folge der vorgesehenen Gleitschicht unter der Bodenplatte, 2-lagige PE-Folie auf einer flügelgeglätteten Sauberkeitsschicht, ist ein Scheren direkt in der Sohlfläche der Konstruktion denkbar. Auf der sicheren Seite liegend wird für den folgenden Nachweis der Lagesicherheit ein Reibungsbeiwert von $\mu = 0,5$ angesetzt.

Lastfallkombinationen

$$\text{LFK 1} - 0,9 \times \text{EG} + 1,5 \times \text{W}$$

$$N_{Ed} = 0,9 \times 3.164,1 = 2.847,7 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} = 0,9 \times 63,92 + 1,5 \times 335,1 = 560,2 \text{ kN}$$

$$T_{Rd} = 0,5 \times 2.847,7 = 1.423,9 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} / T_{Rd} = 0,39 \leq 1,0 \checkmark$$

3.4.4.5 Auswirkungen der Betriebstemperatur der Apparate A 01 + A 02

Zunächst wird die Einwirkende Temperaturbeanspruchung gemäß Kap. 3.2.9.2 zum einen händisch und zum anderen elektronisch zu einer Normalbelastung der Bodenplatte umgerechnet.

Händische Ermittlung der Belastung

Der händischen Ermittlung der Belastung liegt das Hook'sche Gesetz zugrunde.

$$\Delta T = 45 \text{ K}$$

$$\epsilon = 10 \times 10^{-6} \times 45 = 4,5 \times 10^{-4}$$

$$\Delta l = 4,5 \times 10^{-4} \times 7,2 = 3,2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\sigma_{c,k} = 31.000 \times 4,5 \times 10^{-4} \times 0,25 \sim 3,5 \text{ MN/m}$$

Elektronische Ermittlung der Belastung

Modell-Basisangaben

Allgemein	Modellname	: 4.3.2. Schnittgrößenermittlung
	Projektname	: BA
	Projektbezeichnung	: Neubau eines Tanklagers und eines Silogerüstes
	Modelltyp	: 2D-XZ ($u_x/u_z/\varphi_y$)
	Positive Richtung der globalen Z-Achse	: Nach unten
	Klassifizierung der Lastfälle und Kombinationen	: Nach Norm: EN 1990 Nationaler Anhang: DIN - Deutschland
	Optionen	Erdbeschleunigung g

Knoten

Knoten Nr.	Knotentyp	Bezugs-Knoten	Koordinaten-System	Knotenkoordinaten			Kommentar
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
1	Standard	-	Kartesisch	3.600	0.000	0.000	Generiert von Linie Nr. 1
2	Standard	-	Kartesisch	-3.600	0.000	0.000	Generiert von Linie Nr. 1
3	Standard	-	Kartesisch	0.000	3.600	0.000	Generiert von Linie Nr. 1

Linien

Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge L [m]		Kommentar
1	Kreis	1,3,2	22.619	XY	

Materialien

Mat. Nr.	Modul E [kN/cm ²]	Modul G [kN/cm ²]	Querdehnzahl n [-]	Spez. Gewicht g [kN/m ³]	Wärmedehn. a [1/°C]	Teilsich.-Beiwert g _M [-]	Material-Modell
1	Beton C25/30 3100.00	EN 1992-1-1:2004/A1:2014 1291.67	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Isotrop linear elastisch

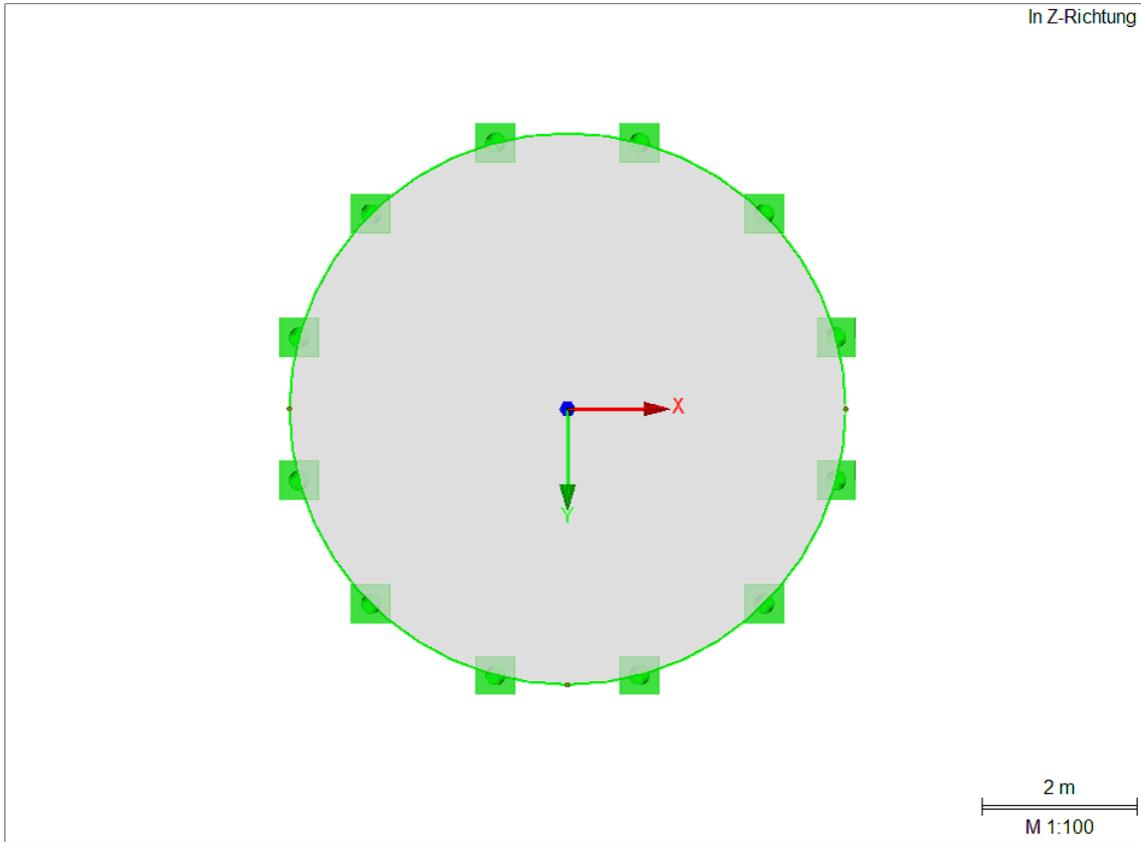
Flächen

Fläche Nr.	Flächentyp		Begrenzungslinien Nr.	Mat. Nr.	Dicke		Fläche A [m ²]	Gewicht G [kg]
	Geometrie	Steifigkeit			Typ	d [mm]		
1	Eben	Standard	1	1	Konstant	250.0	40.710	25443.70

Linienlager

Lager Nr.	Linien Nr.	Bezugs-system	Drehung b [°]	Wand in Z	Feste Stützung bzw. Einspannung					
					u_x	u_y	u_z	j_x	j_y	j_z
1	1	Global		-	x	x	x	-	-	-

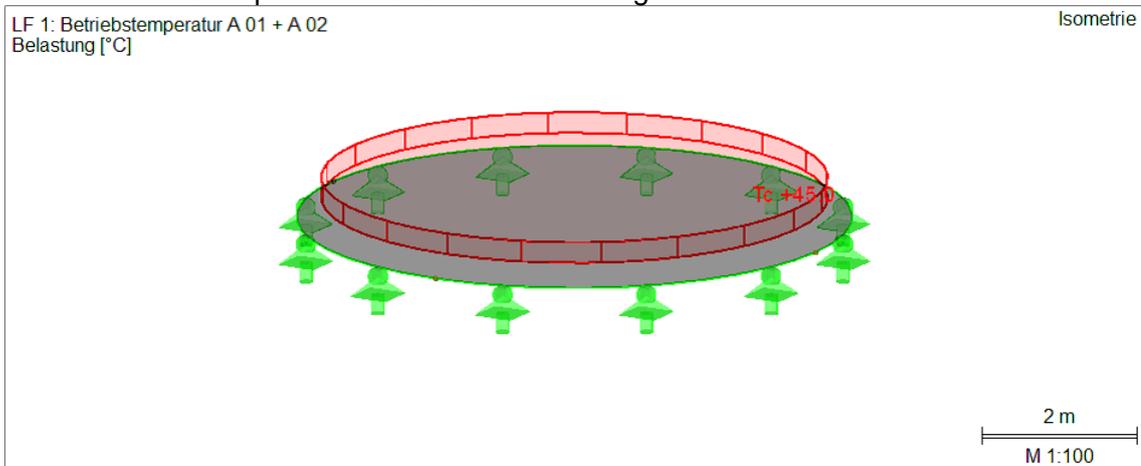
Modell



LF 1 – Betriebstemperatur A 01 / A 02: Flächenlasten

Nr.	An Flächen Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Lastparameter		
					Symbol	Wert	Einheit
1	1	Temperatur	Konstant		T_c	45.0	°C
					ΔT	0.0	°C

LF 1 – Betriebstemperatur A 01 / A 02: Belastung



Berechnung der erforderlichen Bewehrung

In Folge des aufreißenden Betons bilden sich die Betondruckspannungen, wie in Abbildung 3.2.9-3 skizziert, in der Bodenplatte nicht aus.

Das Gleichgewicht wird allein durch die tangential anzuordnende Bewehrung gewährleistet.

Die Berechnung der erforderlichen Bewehrungsmenge erfolgt über die Kesselformel.

$$q_{Ed} = 1,5 \times 4,65 \quad \sim \quad 7,0 \text{ MN/m}$$

$$A_{s,erf.} = (7 \times 7,2 \times 10^4) / (2 \times 435) \quad \sim \quad 580 \text{ cm}^2$$

Fazit

In Folge des extremen Betonstahlbedarfs ist die deutlich wirtschaftlichere Lösung die Apparate thermisch von der Bodenplatte bzw. dem Sockel des Apparates, zu entkoppeln.

An dieser Stelle wird davon ausgegangen, dass diese Maßnahme erfolgt. Das Einlegen des Betonstahls zur Aufnahme der radialen Belastung ist somit nicht erforderlich.

3.4.4.6 Grube/ Rinne

Im Bereich der der Rinne treten ungünstigere Bauteildicken, im Hinblick auf die Ermittlung einer Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreiten auf. Dies wird im Folgenden rechnerisch erfasst.

Die Bewehrungsführung im Bereich der Grube erfolgt, bis auf die in Kap. 3.4.4.2 berechnete Bewehrung sowie der im Folgenden ermittelte Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite, konstruktiv.

Anforderung

Rechenwert der Rissbreite $w_{cal} = 0,20 \text{ mm}$

Baustoffe, Geometrie

Rechteckquerschnitt:	$b/h = 100/35 \text{ cm}$
Betonfestigkeitsklasse:	C25/30
Betondeckung:	$c_v = 4,0 \text{ cm}$
Stabdurchmesser:	$\varnothing_s = d_{s,vorh.} = 14 \text{ mm}$
Einwirkung:	zentrischer Zug infolge inneren Zwangs
Betonalter zum Zeitpunkt der Rissbildung:	3 – 5 Tage

Nachweis der Mindestbewehrung

Bei dickeren Bauteilen darf die Mindestbewehrung unter zentrischem Zwang unter Berücksichtigung einer effektiven Randzone $A_{ct,eff}$ berechnet werden.

Höhe des Wirkungsbereiches (gem. Bild NA. 7.1d): $h_{c,ef} = 12,90 \text{ cm}$

$$a_{s,min.} = f_{ct,eff} \times A_{c,eff} / \sigma_s \quad \text{bzw.} \quad k \times k_c \times f_{ct,eff} \times A_{ct} / f_{yk} \quad (\text{NA. 7.5.1})$$

mit:

$$k = 1,00 \quad k_c = 0,80 \quad f_{ct,eff} = 1,69 \text{ N/mm}^2$$

$$a_{ct} = 3.500 \text{ cm}^2/\text{m} \quad a_{c,eff} = 2.580 \text{ cm}^2/\text{m} \quad f_{y,k} = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s = \text{gem. nachfolgender Berechnung}$$

$$\varnothing_s = (\varnothing_s^* \times k_c \times k \times h_{cr} \times f_{ct,eff}) / (8 \times (h - d) \times 2,9) \geq \varnothing_s^* \times f_{ct,eff} / 2,9$$

mit:

$$k = 1,00 \quad k_c = 0,80 \quad f_{ct,eff} = 1,69 \text{ N/mm}^2$$

$$h = 35 \text{ cm} \quad h_{cr} = 35 \text{ cm} \quad d = 25,3 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \varnothing_s = \varnothing_s^* \times 0,08 \geq \varnothing_s^* \times 0,58$$

$$\Rightarrow \varnothing_s^* = 24,1 \text{ mm}$$

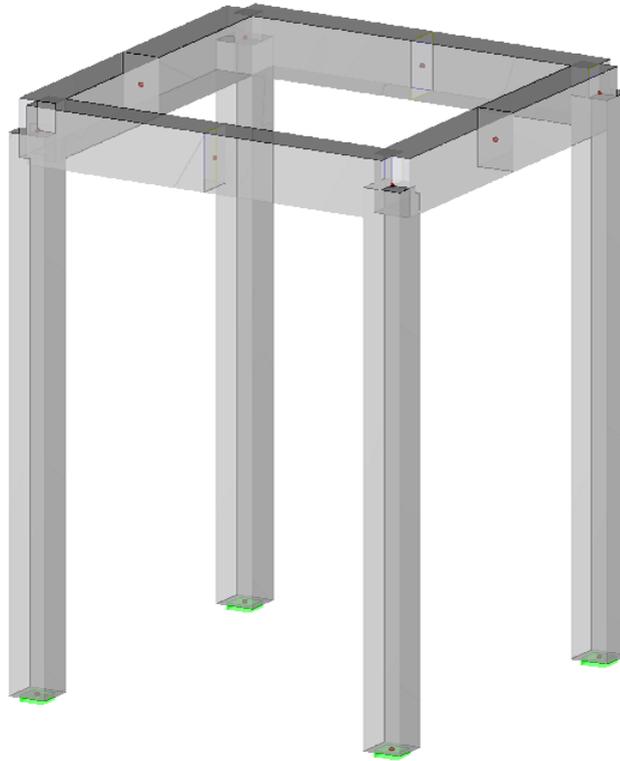
$$\Rightarrow \sigma_s = (3,48 \times 10^6 \times 0,2 / 24,1)^{0,5} = 170,0 \text{ N/mm}^2$$

$$a_{s,min} = 0,5 \times 1,0 \times 0,80 \times 1,69 \times 3.500 / 500 = 11,6 \text{ cm}^2/\text{m je Lage}$$

$$\Rightarrow \text{gew. } 2 \times \varnothing 14 - 10, a_{s,vorh.} = 15,4 \text{ cm}^2/\text{m je Lage}$$

4 Pos. SG 01 - Silogerüst

4.1 System



Expositionsklassen:	XC4 / XF1 / WF
Betonfestigkeitsklasse:	C25/30
zul. Rissbreite:	$w_{\max.} = 0,30 \text{ mm}$
Betondeckung:	$c_v = 4,0 \text{ cm}$

4.2 Einwirkungen

4.2.1 Eigengewicht der Stahlbetonbauteile

Stb.-Riegel: $q_{z,g,k,R} = \gamma_c \times h_R \times b_R$

Stb.-Stützen: $F_{z,g,k,S} = \gamma_c \times h_S \times b_S \times h_{SG}$

4.2.2 Schneelasten

Standort: Uerdingen

Schneezone: Zone 1

Faktor TRAS 320: 1,10

Schneelast: $s_k = 0,65 \text{ kN/m}^2$

Schneebelastung der Riegel: $q_{z,s,k,R} = 0,65 \times b_R$

4.2.3 Windlasten

Standort: Uerdingen

Windzone: Zone 2

Basiswindgeschwindigkeit: $v_b = 25,0 \text{ m/s}$

Basiswindgeschwindigkeitsdruck: $q_b = 0,39 \text{ kN/m}^2$

Geländekategorie: 2

Faktor TRAS 320: 1,10

Böengeschwindigkeitsdruck: $q_p = 0,80 \text{ kN/m}^2$

Windlast: $w_{k,D} = 0,80 \times 0,80 = 0,64 \text{ kN/m}^2$

$$w_{k,S} = -0,50 \times 0,80 = -0,40 \text{ kN/m}^2$$

$$w_k = |-0,4| + 0,64 = 1,04 \text{ kN/m}^2$$

Windbelastung der Riegel: $q_{y,w,k,R} = 1,04 \times h_R$

Windbelastung der Stützen: $q_{y,w,k,S} = 1,04 \times b_S$

Eine real vorhandene Verschattung der Bauteile wird nicht berücksichtigt.

4.2.4 Erdbeben

Standort:	Uerdingen
Erdbebenzone:	Zone 1
Untergrundklasse:	C
Baugrundklasse:	T
Bedeutungsbeiwert (entsprechend VCI Richtlinie, Tab. 5.1 bis 5.3):	
Maßgebender Bedeutungsbeiwert:	$\gamma = 1,2$

Kombinationsbeiwerte allgemein: Entsprechend VCI Richtlinie, Tab. 5.4

Kombinationsbeiwerte für Behälterlasten:	$\psi_{2,i} = 0,8$ (Nutzlastkategorie „E“)
Kombinationsbeiwerte für Schneelasten:	$\psi_{2,i} = 0,5$ (gem. DIN EN 1998-1+NA)

Verhaltensbeiwerte (entsprechend DIN EN 1998-1 + NA)

Verhaltensbeiwert:	$q = 1,5$
Intensitätsintervall:	$6,5 \leq I \leq 7,0$
Bodenbeschleunigung:	$a_g = 0,4 \text{ m/s}^2$
Bau-/ Untergrundklasse:	C-T $S = 1,25$
	$T_A = 0,0 \text{ s}$
	$T_B = 0,1 \text{ s}$
	$T_C = 0,4 \text{ s}$
	$T_D = 2,0 \text{ s}$
Verstärkungsbeiwert	$\beta_0 = 2,5$

Gemäß den Aufstellungsunterlagen ist der Plateauwert von $T_C/T = 1,00$ anzuwenden.
Es folgt:

$$a = 0,4 \times 1,2 \times 1,25 \times 2,5 \times 1,0 / 1,5 = 1,00 \text{ m/s}^2$$

Es sind, bei Ansatz einer Erdbeschleunigung von $g = 10,0 \text{ m/s}^2$, 10 % der Gesamtmasse, als horizontale Ersatzkräfte anzusetzen.

$$F_{h,AE} = (G_k + \psi_{E,q} \times Q_k + \psi_{E,s} \times S_k) \times 0,10 = (G_k + 0,8 \times Q_k + 0,5 \times S_k) \times 0,10$$

$$\text{mit: } \psi_{E,q} = 1,0 \times 0,8$$

$$\psi_{E,s} = 1,0 \times 0,5$$

4.2.5 Apparatelasten S 01

Die Belastungen des Silos werden an vier Punkten auf die Stahlbetonriegel übertragen. In Folge der Symmetrie des Silos sind die eingeleiteten Kräfte an allen Punkten gleich groß. Die Kräfte werden je nach Breite der Stahlbetonbalken exzentrisch eingeleitet.

Berechnung der Geometrie des Silos

Teilkörper	Querschnittsfläche $A_{w,i}$ [m ²]	Hüllfläche $A_{H,i}$ [m ²]
1	0,18	1,20
2	1,62	40,54
3	53,04	166,62
4	19,28	72,67
5	0,45	2,05
Σ	74,6	283,1

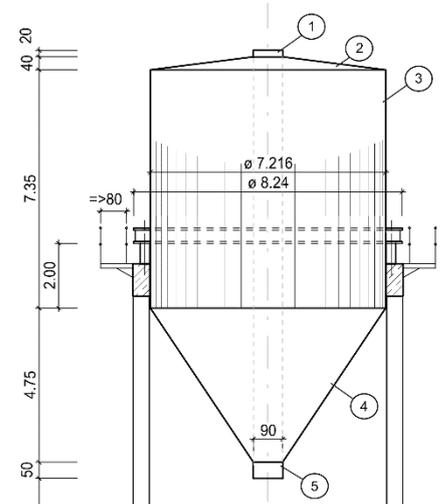


Abbildung 4.2.5-1: Zuordnung der Teilkörper

Teilkörper	Volumen V_i [m ³]	Schwerpunkt $z_{s,u,i}$ [m]
1	0,13	18,15
2	4,56	17,80
3	300,6	13,93
4	61,5	7,88
5	0,32	5,20
Σ	367,1	$\Rightarrow z_{s,u,ges.} = 12,87$ m

Eigengewicht

Da keine Angabe zum Leergewicht des Silos vorliegt, wird rechnerisch eine 8 mm starke Außenhülle aus Stahl, zur händischen Berechnung des Gewichtes angesetzt.

$$F_{z,G,k} = 0,25 \times 78,5 \times 0,008 \times 283,1 = 44,44 \text{ kN}$$

Schnee

$$F_{z,S,k} = 0,25 \times 0,65 \times \pi \times 8,24^2 / 4 = 8,67 \text{ kN}$$

Nutzlast

Nach Rücksprache wird ein Füllgewicht von 400.000 kg angesetzt.

$$F_{z,Q,k} = 4.000 / 4 = 1.000 \text{ kN}$$

Wind

Der Windlastermittlung [1] liegt idealisiert ein Zylinder mit $\varnothing_z = 7,216$ m und einer Höhe $h_z = 0,5 + 4,75 + 7,35 + 0,4 + 0,2 = 13,3$ m zugrunde. Die Bezugsfläche des idealen Zylinders beträgt $A_{ref.} = 74,6$ m²

Äquivalente Rauigkeit:	k	=	0,2 mm	
	k/b	=	0,2 / 6.800	= $2,9 \times 10^{-5}$
Luftdichte:	ρ	=	1,25 kg/m ³	
Kinematische Zähigkeit:	ν	=	15×10^{-6}	
Böengeschwindigkeit:	ϑ	=	$(2 \times 0,8 / 0,00125)^{0,5}$	= 35,77
Reynoldszahl:	Re	=	$(35,77 \times 7,216) / (15 \times 10^{-6})$	= $1,7 \times 10^7$
Grundkraftbeiwert:	C_{f0}	=	0,77	
Effektive Schlankheit:	λ	=	13,3 / 7,216	= 1,8
Abminderungsfaktor:	ψ_λ	~	0,625	
Strukturbeiwert:	$C_s C_d$	=	1	
Kraftbeiwert:	C_f	=	$0,77 \times 0,625$	= 0,481
Winddruck:	$q_{h,w,k}$	=	$1 \times 0,481 \times 0,8$	= 0,385 kN/m ²

Einwirkungsrichtung 0°/ 90°/ 180°/ 270°

$F_{h,w,k}$	=	$0,25 \times 0,385 \times 74,6$	=	7,18 kN
$M_{h,w,k}$	=	$4 \times 7,18 \times (12,87 - 12,25)$	=	17,81 kNm
$F_{z,w,k}$	=	$17,81 / (2 \times 3,78)$	=	2,36 kN

Einwirkungsrichtung 45°/ 135°/ 225°/ 315°

$F_{h,w,k}$	=	$0,25 \times 0,385 \times 74,6$	=	7,18 kN
$M_{h,w,k}$	=	$4 \times 7,18 \times (12,87 - 12,25)$	=	17,81 kNm
$F_{z,w,k}$	=	$0,50 \times 17,81 / (2 \times 3,78)$	=	1,18 kN

Erdbeben

Einwirkungsrichtung 0°/ 90°/ 180°/ 270°

$$F_{h,AE,k} = (44,44 + 0,8 \times 1.000 + 0,5 \times 9,53) \times 0,10 = \mathbf{84,92 \text{ kN}}$$

$$M_{h,AE,k} = 4 \times 84,92 \times (12,87 - 12,25) = 210,6 \text{ kNm}$$

$$F_{z,AE,k} = 210,6 / (2 \times 3,78) = \mathbf{27,86 \text{ kN}}$$

Einwirkungsrichtung 45°/ 135°/ 225°/ 315°

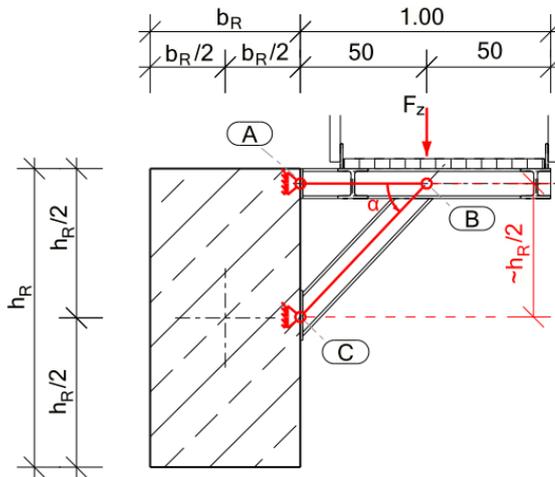
$$F_{h,AE,k} = (44,44 + 0,8 \times 1.000 + 0,5 \times 9,53) \times 0,10 = \mathbf{84,92 \text{ kN}}$$

$$M_{h,AE,k} = 4 \times 84,92 \times (12,87 - 12,25) = 210,6 \text{ kNm}$$

$$F_{z,AE,k} = 0,50 \times 210,6 / (2 \times 3,78) = \mathbf{13,93 \text{ kN}}$$

4.2.6 Belastung infolge des umlaufenden Laufsteges LS 01

Statisches System



$$\alpha \sim 45^\circ$$

$$F_{A,y} = F_z \leftarrow$$

$$F_{A,z} = 0$$

$$F_{C,y} = F_z \rightarrow$$

$$F_{C,z} = F_z \uparrow$$

$$M_x = F_z \times b_R / 2$$

Abbildung 4.2.6-1: statisches System des Laufsteges

Eigengewicht

Das Eigengewicht des Laufsteges wird praxisüblich mit 100 kg/m angesetzt.

$$q_{z,g,k} = 1 \text{ kN/m}$$

$$m_{x,g,k} = 1 \times b_R / 2 = 0,5 \times b_R$$

Schnee

$$q_{z,s,k} = 0,65 \times 0,80 = 0,52 \text{ kN/m}$$

$$m_{x,s,k} = 0,52 \times b_R / 2 = 0,26 \times b_R$$

Nutzlast

Die Nutzlast des Laufsteges wird gemäß der Nutzlastkategorie „Z“, DIN EN 1991-1-1/NA, angesetzt. Vereinfachend und auf der sicheren Seite liegend erfolgt die Kombination der Nutzlast mit anderen Einwirkungen gemäß den Kombinationsbeiwerten der Nutzlastkategorie „E“, analog zu der Nutzlastbeanspruchung des Silos.

$$q_{z,q,k} = 4,0 \times 0,80 = 3,2 \text{ kN/m}$$

$$m_{x,q,k} = 3,2 \times b_R / 2 = 1,6 \times b_R$$

Wind

Die Windbelastungen des Laufsteges sind vernachlässigbar gering.

Erdbeben

Aufgrund der geringen vertikalen Belastungen des Laufsteges sind die Erdbebenbeanspruchungen des Laufsteges vernachlässigbar gering.

4.2.7 Anprall

Gemäß DIN EN 1991-1-7/ NA [10] ist in der Bemessung tragender Bauteile, die der unmittelbaren Gefahr eines Anpralls durch Fahrzeuge ausgesetzt sind, eine bemessungsrelevante Anpralllast zu berücksichtigen.

Vereinfachend wird hier eine äquivalente statische Anprallkraft angesetzt, durch die die auftretende dynamische Bauwerksreaktion in einem statischen Nachweis erfasst wird.

Das Silogerüst befindet sich auf einer für Lkw befahrbaren Verkehrsfläche.

Es folgt eine Belastung von:

$$F_{h,k} = 100 \text{ kN}$$

Die Belastung ist in einer Höhe $h_A = 1,25 \text{ m}$ über der Fahrbahnoberfläche anzusetzen.

4.3 Vorplanung

4.3.1 Betongüte

Die Betongüte des Silogerüsts richtet sich zum einen nach der, durch die Expositionsklassen vorgegebenen, Mindestbetongüte, sowie nach dem Nachweis der Teilflächenpressung unter den Auflagerpunkten des Silos auf die Stahlbetonriegel des Rahmensystems.

4.3.1.1 Expositionsklassen, Betondeckung

Expositions- klasse	Feuchtigkeits- klasse	Betondeckung c_{nom} [cm]	erforderliche Mindestbetongüte
XC4	WF	4,0	C25/30
XF1			

Abbildung 4.3.1-1: Expositionsklassen des Silogerüsts

4.3.1.2 Überschlägiger Nachweis der Teilflächenpressung

$$\mathbf{LFK 1} \quad - \quad 1,35 \times G + 1,5 \times S + 1,5 \times 1,0 \times NL + 0,6 \times 1,5 \times W$$

$$F_{Ed} \quad = \quad 1,35 \times 44,44 + 1,5 \times 8,67 + 1,5 \times 1.000 + 0,9 \times 2,36 \quad = \quad 1.575,1 \text{ kN}$$

Da die rechnerische Verteilungsfläche so anzunehmen ist, dass die Flächenschwerpunkte in Belastungsrichtung auf einer Achse liegen, wird an dieser Stelle lediglich die Lastausbreitung in Riegellängsrichtung rechnerisch zugrunde gelegt.

Die Betongüte wird zunächst, gemäß der aus Umwelteinflüssen resultierenden Mindestbetongüte, mit der Betonfestigkeitsklasse C25/30 abgeschätzt.

$$\begin{aligned} d_1 &= 0,37 \text{ m} & b_1 &= 0,27 \text{ m} \\ d_2 &= 3 \times 0,37 & = & 1,11 \text{ m} & b_2 &= 0,27 \text{ m} \\ h &= 1,00 \text{ m} & & & & \geq 0,74 \text{ m} \checkmark \\ A_{c0} &= 0,28 \times 0,37 & & & & = 0,1 \text{ m}^2 \\ A_{c1} &= 0,28 \times 1,11 & & & & = 0,3 \text{ m}^2 \\ F_{Rdu} &= 0,10 \times 14.200 \times (0,3 / 0,1)^{0,5} & & & & = 2.460 \text{ kN} \\ F_{Ed} / F_{Rdu} &= 0,64 & \leq & 1,0 \checkmark \end{aligned}$$

An dieser Stelle wird die Betongüte C25/30 zur Ausführung des Silogerüsts gewählt.

4.3.2 Vordimensionierung des Silogerüsts

4.3.2.1 Statisches System

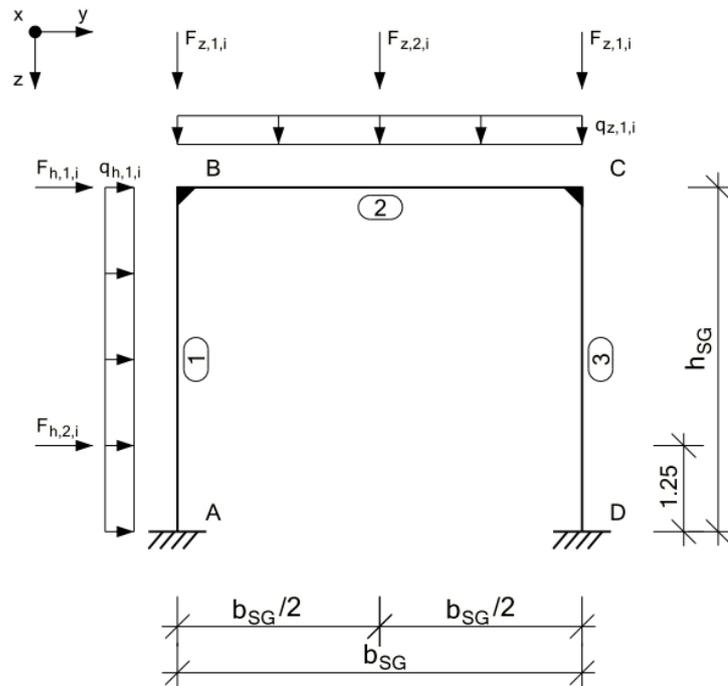


Abbildung 4.3.2-1: statisches System des Silogerüsts

Die Aufstellungsunterlagen geben widersprüchliche Höhenlagen des Silos vor. Gemäß Aufstellungsunterlage S2 liegt das Silo in einer Höhe von $h_S = 12,25$ m abzüglich der Lagerhöhe auf, diese wird allerdings nicht näher benannt. Gemäß Aufstellungsunterlage S3 liegt das Silo auf einer Höhe von $h_S = 8,36$ m abzüglich des Vergusses vor.

Auf der sicheren Seite liegend wird im Folgenden die Lagerhöhe der Unterlage S2 angesetzt. Als Aufbau der Lagerung wird die im Schnitt a – a der Aufstellungsunterlage S3 gezeigte Konstruktion zugrunde gelegt.

Die Überschüttungshöhe der Fundamente wird mit $h_{\bar{U}} = 0,50$ m angesetzt (vgl. 4.3.3).

$$h_{SG} = 12,25 - (0,06 + 0,63 + 0,03) - h_R/2 + 0,50 = 12,03 - h_R/2$$

$$b_{SG} = 2 \times (3,60 + 0,008 + 0,022) + 2 \times b_R/2 = 7,26 + b_R$$

Die Betrachtung als ebenes System berücksichtigt die einwirkenden Belastungen nicht umfassend, so werden u. a. vorhandene Exzentrizitäten senkrecht zur Rahmenebene y-z nicht erfasst. Der gewählte Ansatz dient an dieser Stelle lediglich der überschlägigen Dimensionierung der Bauteilabmessungen.

Da die einwirkenden Belastungen von den Querschnittsabmessungen abhängen, werden diese im Folgenden zunächst abgeschätzt.

4.3.2.2 Abschätzung der Querschnittsabmessungen

Aus baupraktischen Gründen werden sämtliche Bauteile des Silogerüsts mit derselben Breite vorgesehen. Es folgt der Ansatz von quadratischen Außenstützen. Das Verhältnis der Querschnittsabmessungen der Riegel wird mit $h/b = 1,5$ gewählt.

Riegel

$$h_R = 1,20 \text{ m}$$

$$b_R = 0,80 \text{ m}$$

Stützen

$$h_S = 0,80 \text{ m}$$

$$b_S = 0,80 \text{ m}$$

Es folgt:

$$h_{SG} = 12,03 - 1,20 / 2 = 11,43 \text{ m}$$

$$b_{SG} = 7,26 + 0,8 = 8,06 \text{ m}$$

Es folgt eine Zusammenfassung der Einwirkungen am zugrunde gelegten ebenen Rahmen. Anschließend werden die auftretenden Schnittgrößen ermittelt und die abgeschätzten Bauteilabmessungen werden anhand von überschlägigen Bemessungen dieser, sowie der auftretenden Verformungen des Systems beurteilt.

4.3.2.3 Zusammenfassung der Einwirkungen

Die unter 4.2 getrennt nach Einwirkungsursprung ermittelten Belastungen werden an dieser Stelle Lastfallweise zusammengefasst.

Die Zuordnung zur jeweiligen Lasteinwirkungsform entspricht Abb. 4.3.2-1.

LF 1 – Eigengewicht

$$\begin{aligned}
 F_{z,1,g} &= 25 \times (1,2 \times 0,8 \times 8,06 / 2 + 0,8^2 \times 11,43) + 44,44 / 2 &= 301,8 \text{ kN} \\
 F_{z,2,g} &= &= 44,44 \text{ kN} \\
 q_{z,1,g} &= 25 \times 1,2 \times 0,8 + 1,0 &= 25,0 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

LF 2 – Schnee

$$\begin{aligned}
 F_{z,1,s} &= 0,65 \times 0,8 \times 8,06 / 2 + 8,67 / 2 &= 6,43 \text{ kN} \\
 F_{z,2,s} &= &= 8,67 \text{ kN} \\
 q_{z,1,s} &= 0,65 \times 0,8 + 0,52 &= 1,04 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

LF 3 – Nutzlast

$$\begin{aligned}
 F_{z,1,q} &= 1.000 / 2 &= 500,0 \text{ kN} \\
 F_{z,2,q} &= &= 1.000 \text{ kN} \\
 q_{z,1,q} &= &= 3,2 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

LF 4 – Wind

$$\begin{aligned}
 F_{z,1,w} &= 2,36 / 2 &= 1,18 \text{ kN} \\
 F_{h,1,w} &= 7,18 + 2 \times 7,18 / 2 + 2 \times 1,2 \times 1,04 \times 8,06 / 2 &= 24,42 \text{ kN} \\
 q_{h,1,w} &= 2 \times 1,04 \times 0,8 &= 1,66 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

LF 5 – Erdbeben

$$\begin{aligned}
 F_{z,1,w} &= 27,86 / 2 &= 13,94 \text{ kN} \\
 F_{h,1,AE} &= ((2 \times 301,8 + 44,44 + 25 \times 8,06) \\
 &\quad + 0,8 \times (2 \times 500 + 1.000 + 3,2 \times 8,06) \\
 &\quad + 0,5 \times (2 \times 6,43 + 8,67 + 1,04 \times 8,06)) \times 0,1 &= 248,51 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

LF 6 – Anprall

$$F_{h,2,A} = 100,0 \text{ kN}$$

4.3.2.4 Schnittgrößenermittlung

Es folgt die programmgestützte Berechnung der auftretenden Schnittgrößen.

Modell-Basisangaben

Allgemein	Modellname	: 4.3.2.5 Schnittgrößenermittlung
	Projektname	: BA
	Projektbezeichnung	: Neubau eines Tanklagers und eines Silogerüstes
	Modelltyp	: 2D-XZ ($u_x/u_z/\varphi_y$)
	Positive Richtung der globalen Z-Achse	: Nach unten
	Klassifizierung der Lastfälle und Kombinationen	: Nach Norm: EN 1990 Nationaler Anhang: DIN - Deutschland
	Optionen	Erdbeschleunigung g

Knoten

Knoten Nr.	Knotentyp	Bezugs-Knoten	Koordinaten-System	Knotenkoordinaten		Kommentar
				X [m]	Z [m]	
1	Standard	-	Kartesisch	0.000	-3.120	
2	Standard	-	Kartesisch	8.060	-3.120	
3	Standard	-	Kartesisch	0.000	8.310	
4	Standard	-	Kartesisch	0.000	8.310	
5	Standard	-	Kartesisch	8.060	8.310	
6	Standard	-	Kartesisch	4.030	-3.120	
7	Standard	-	Kartesisch	0.000	7.060	

Linien

Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge L [m]			Kommentar
				X	Z	
1	Polylinie	1,6	4.030	X		
2	Polylinie	1,7	10.180	Z		
3	Polylinie	2,5	11.430	Z		
4	Polylinie	6,2	4.030	X		
5	Polylinie	7,3	1.250	Z		

Materialien

Mat. Nr.	Modul E [kN/cm ²]	Modul G [kN/cm ²]	Querdehnzahl n [-]	Spez. Gewicht g [kN/m ³]	Wärmedehn. a [1/°C]	Teilsich.-Beiwert g _M [-]	Material-Modell
1	Beton C25/30 3100.00	EN 1992-1-1:2004/A1:2014 1291.67	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Isotrop linear elastisch

Knotenlager

Lager Nr.	Knoten Nr.	Achsensystem	Lagerung bzw. Feder [kN/m] [kNm/rad]			Kommentar
			u _x	u _z	φ _y	
1	3,5	Global X,Y,Z	x	x	x	

Querschnitte

Quers. Nr.	Mater. Nr.	I _T [cm ⁴]	I _y [cm ⁴]	I _z [cm ⁴]	Hauptachsen a [°]	Drehung a' [°]	Gesamtabmessungen [mm]	
		A [cm ²]	A _y [cm ²]	A _z [cm ²]			Breite b	Höhe h
1	Rechteck 800/1200 1	9600.0	11520000.0	8000.0	0.00	0.00	800.0	1200.0
2	Rechteck 800/800 1	6400.0	3413333.5	5333.3	0.00	0.00	800.0	800.0

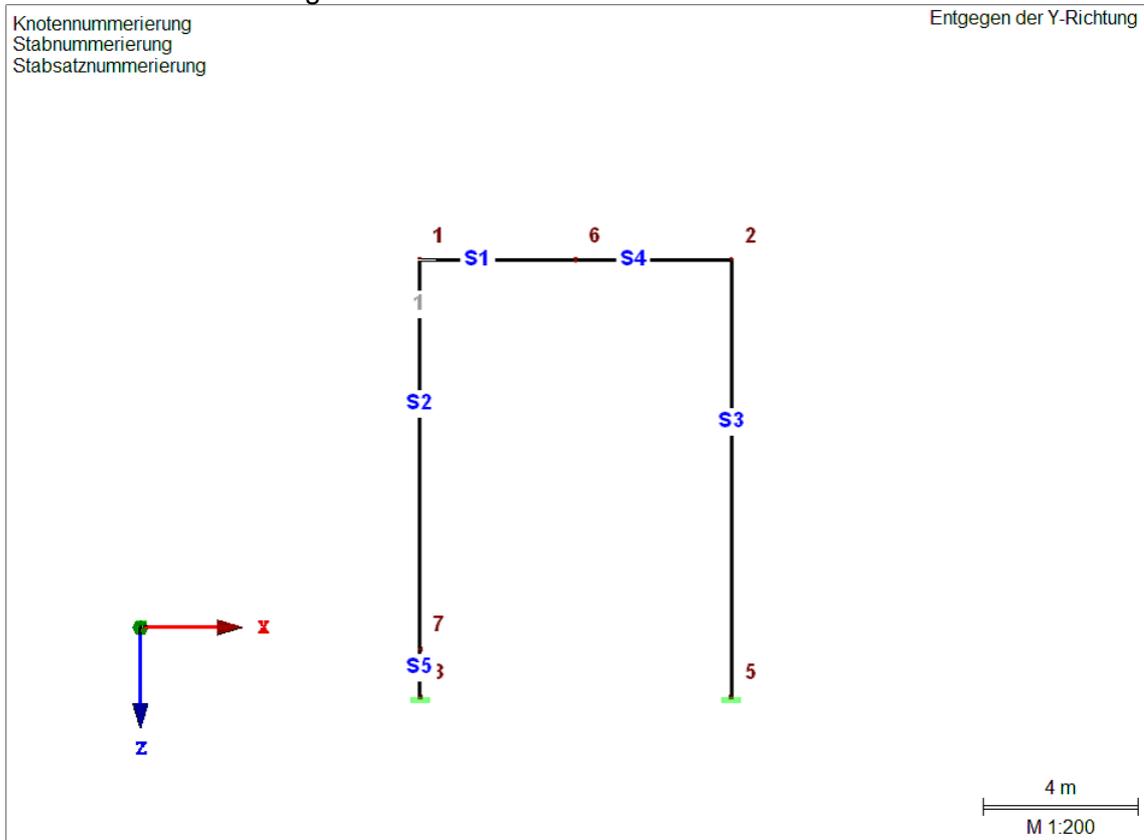
Stäbe

Stab Nr.	Linie Nr.	Stabtyp	Drehung		Querschnitt		Gelenk Nr.		Länge L [m]	
			Typ	b [°]	Anfang	Ende	Anfang	Ende		
1	1	Balkenstab	Winkel	0.00	1	1	-	-	4.030	X
2	2	Balkenstab	Winkel	0.00	2	2	-	-	10.180	Z
3	3	Balkenstab	Winkel	0.00	2	2	-	-	11.430	Z
4	4	Balkenstab	Winkel	0.00	1	1	-	-	4.030	X
5	5	Balkenstab	Winkel	0.00	2	2	-	-	1.250	Z

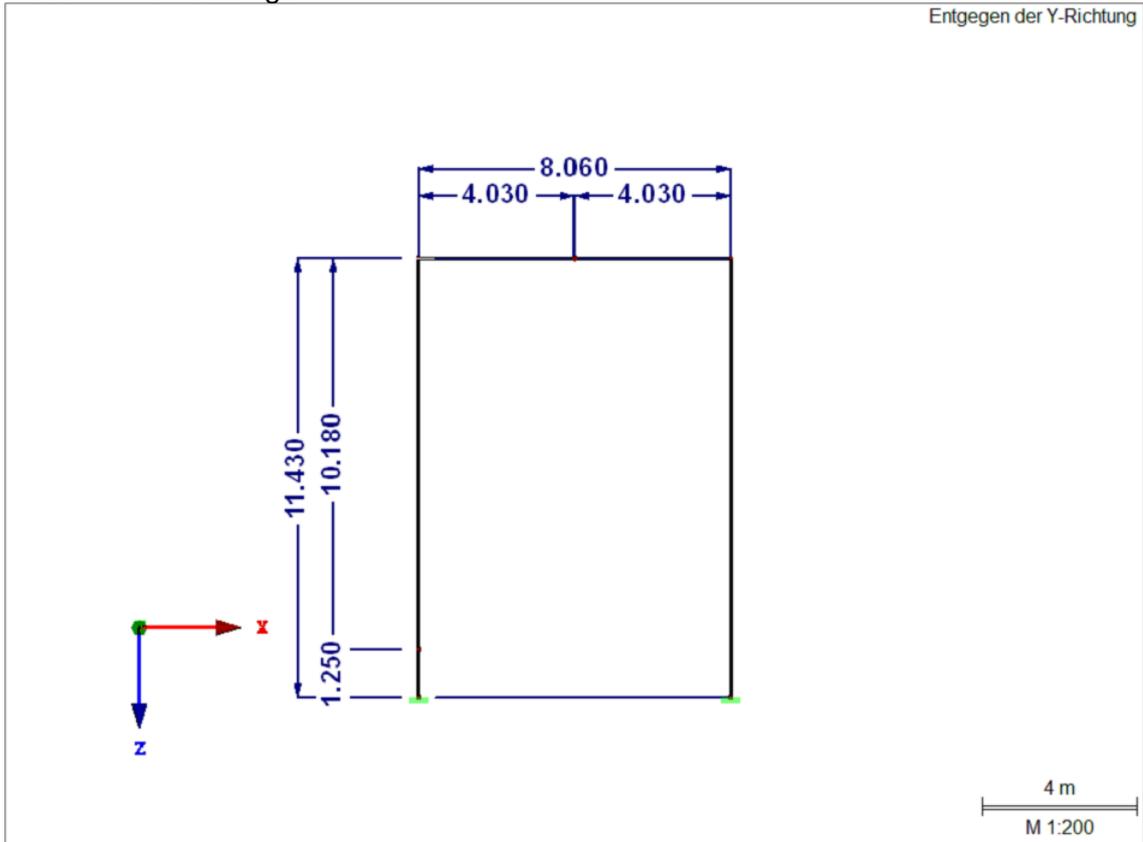
Stabsätze

Satz Nr.	Stabsatz Bezeichnung	Typ	Stab Nr.	Länge [m]	Kommentar
1	Stabzug 1	Stabzug	2,5	11.660	

Modell – Nummerierung



Modell – Abmessungen



Lastfälle

Lastfall	LF-Bezeichnung	EN 1990 DIN Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung			
			Aktiv	X	Y	Z
LF1	EG - Eigengewicht	Ständig	-			
LF2	S - Schnee	Schnee (H ≤ 1000 m über NN)	-			
LF3	NL - Nutzlast	Nutzlasten - Kategorie E: Lagerräume	-			
LF4	W - Wind	Wind	-			
LF5	AE - Erdbeben	Erdbeben	-			
LF6	A - Anprall	Außergewöhnlich	-			

Lastkombination

Lastkombin.	BS	Lastkombination Bezeichnung	Nr.	Faktor	Lastfall	
LK1	GZT	GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10	1	1.35	LF1	EG - Eigengewicht
			2	1.50	LF2	S - Schnee
			3	1.50	LF3	NL - Nutzlast
			4	0.90	LF4	W - Wind
LK2	SEIS	GZT (STR/GEO) - Erdbeben	1	1.00	LF1	EG - Eigengewicht
			2	0.50	LF2	S - Schnee
			3	0.80	LF3	NL - Nutzlast
			4	1.00	LF5	AE - Erdbeben
LK3	AGE'	GZT (STR/GEO) - Außergewöhnlich - psi-2,1 - Gl. 6.11e	1	1.35	LF1	EG - Eigengewicht
			2	0.75	LF2	S - Schnee
			3	1.50	LF3	NL - Nutzlast
			4	1.50	LF4	W - Wind
			5	1.00	LF6	A - Anprall
LK4	G Qs	GZG - Quasi-ständig	1	1.00	LF1	EG - Eigengewicht
			2	0.60	LF2	S - Schnee
			3	0.80	LF3	NL - Nutzlast

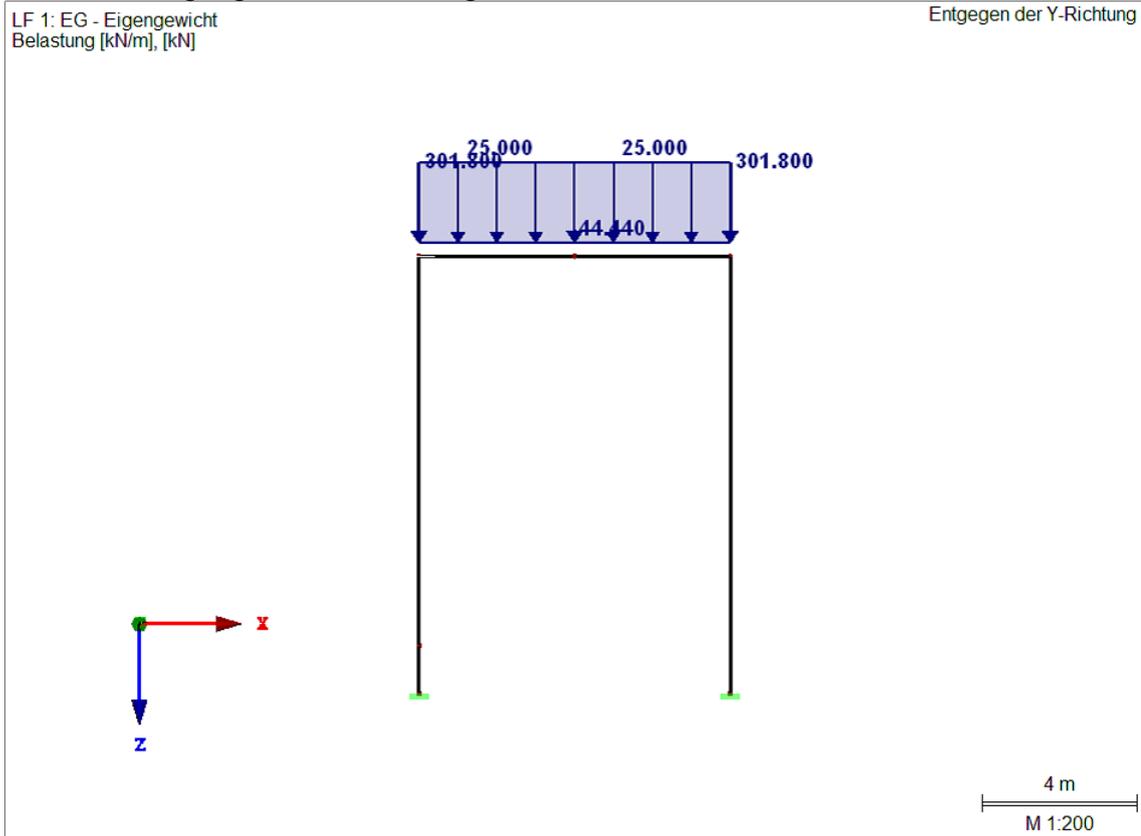
LF 1: EG – Eigengewicht: Knotenlasten

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]		Moment M_Y / M_V [kNm]
			P_X / P_U	P_Z / P_W	
1	1,2	0 Globales XYZ	0.000	301.800	0.000
2	6	0 Globales XYZ	0.000	44.440	0.000

LF 1: EG – Eigengewicht: Stablasten

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	1,4	Kraft	Konstant	ZL	Wahre Länge	p	25.000	kN/m

LF 1: EG – Eigengewicht: Belastung



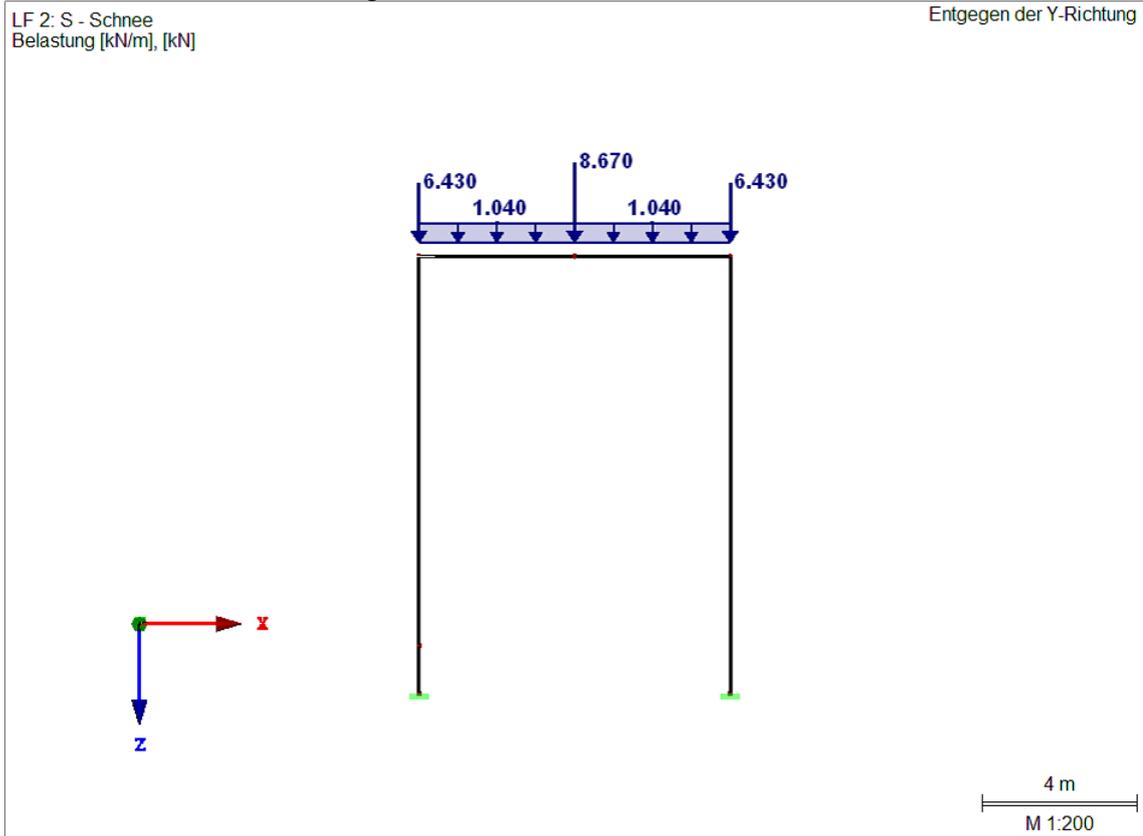
LF 2: S – Schnee: Knotenlasten

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]		Moment M_Y / M_V [kNm]
			P_X / P_U	P_Z / P_W	
1	1,2	0 Globales XYZ	0.000	6.430	0.000
2	6	0 Globales XYZ	0.000	8.670	0.000

LF 2: S – Schnee: Stablasten

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	1,4	Kraft	Konstant	ZL	Wahre Länge	p	1.040	kN/m

LF 2: S – Schnee: Belastung



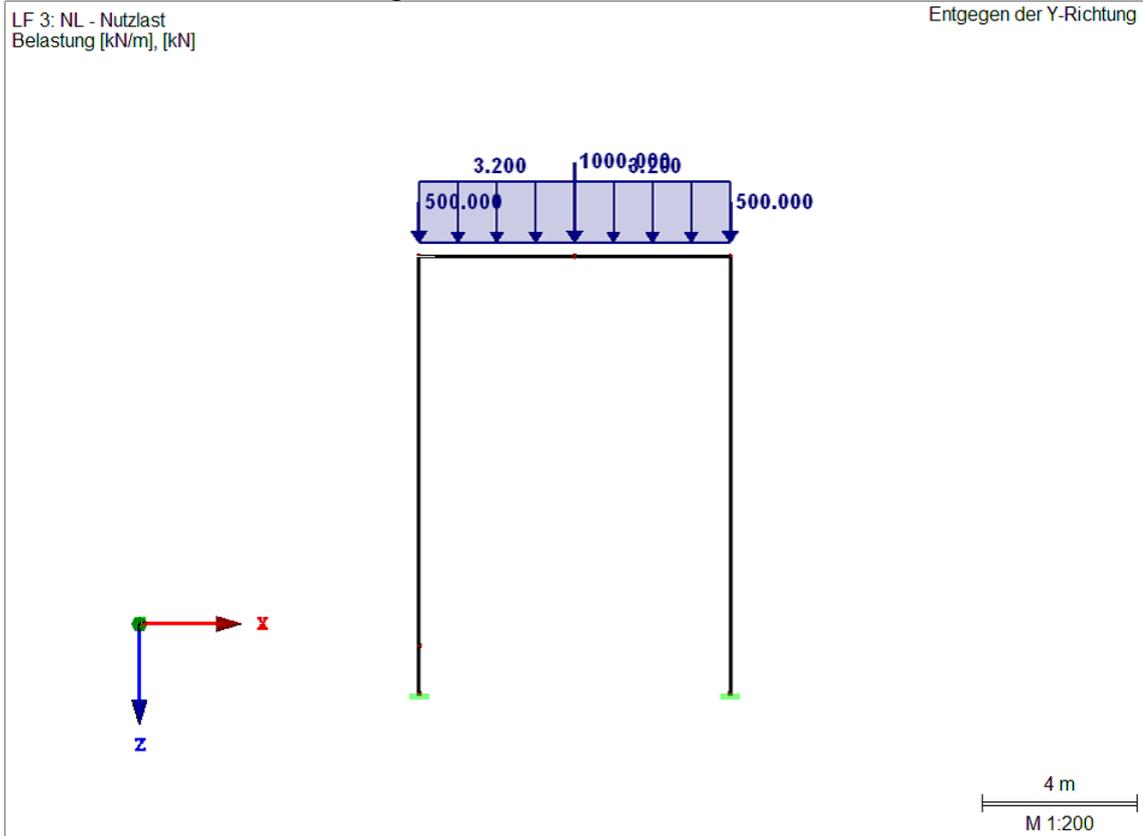
LF 3: NL – Nutzlast: Knotenlasten

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]		Moment M_Y / M_V [kNm]
			P_X / P_U	P_Z / P_W	
1	6	0 Globales XYZ	0.000	1000.000	0.000
2	1,2	0 Globales XYZ	0.000	500.000	0.000

LF 3: NL – Nutzlast: Stablasten

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	1,4	Kraft	Konstant	ZL	Wahre Länge	p	3.200	kN/m

LF 3: NL – Nutzlast: Belastung



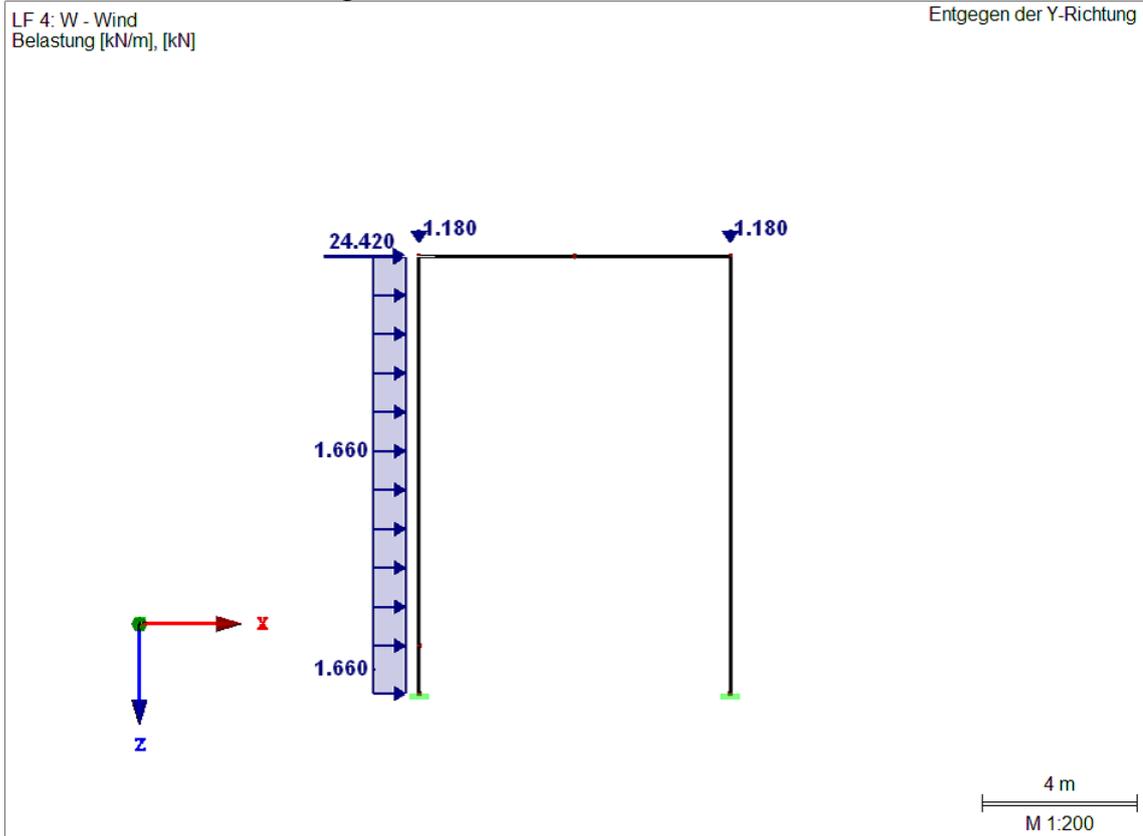
LF 4: W – Wind: Knotenlasten

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]		Moment M_Y / M_V [kNm]
			P_X / P_U	P_Z / P_W	
1	1	0 Globales XYZ	24.420	0.000	0.000
2	1,2	0 Globales XYZ	0.000	1.180	0.000

LF 4: W – Wind: Stablasten

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	2,5	Kraft	Konstant	XL	Wahre Länge	p	1.660	kN/m

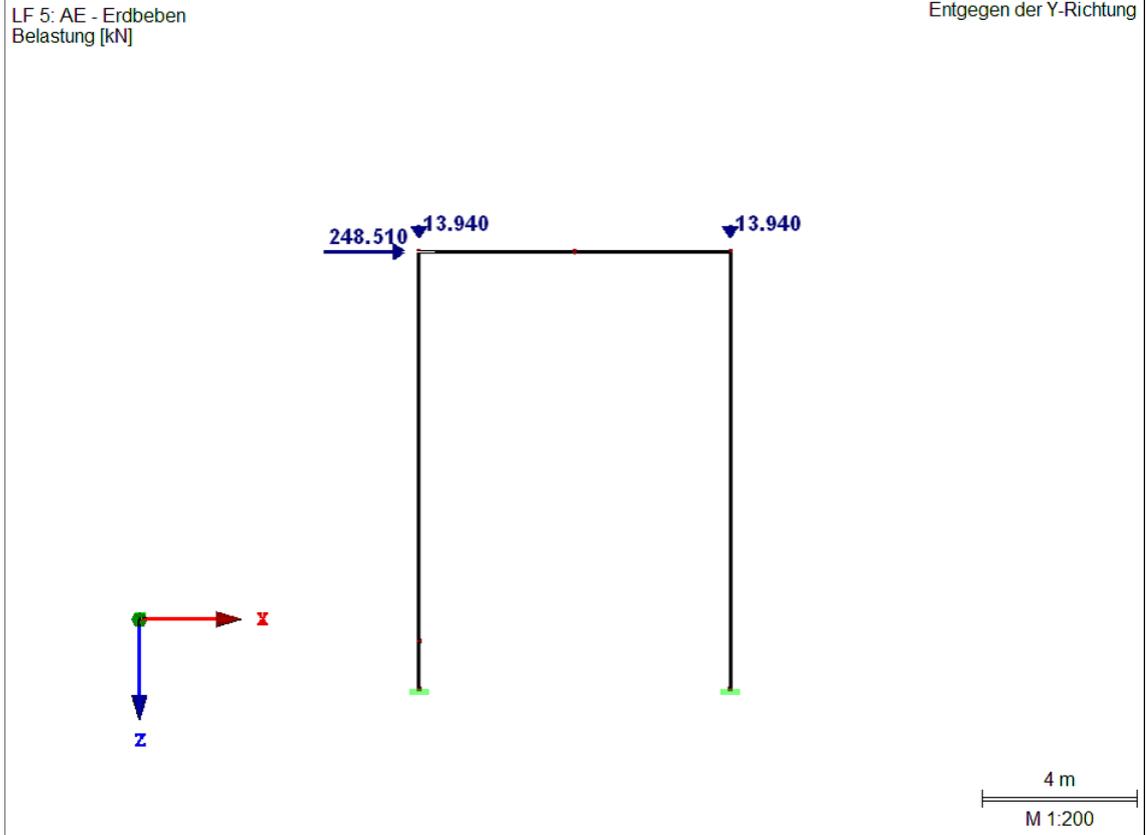
LF 4: W – Wind: Belastung



LF 5: AE – Erdbeben: Knotenlasten

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]		Moment M_Y / M_V [kNm]
			P_X / P_U	P_Z / P_W	
1	1	0 Globales XYZ	248.510	0.000	0.000
2	1,2	0 Globales XYZ	0.000	13.940	0.000

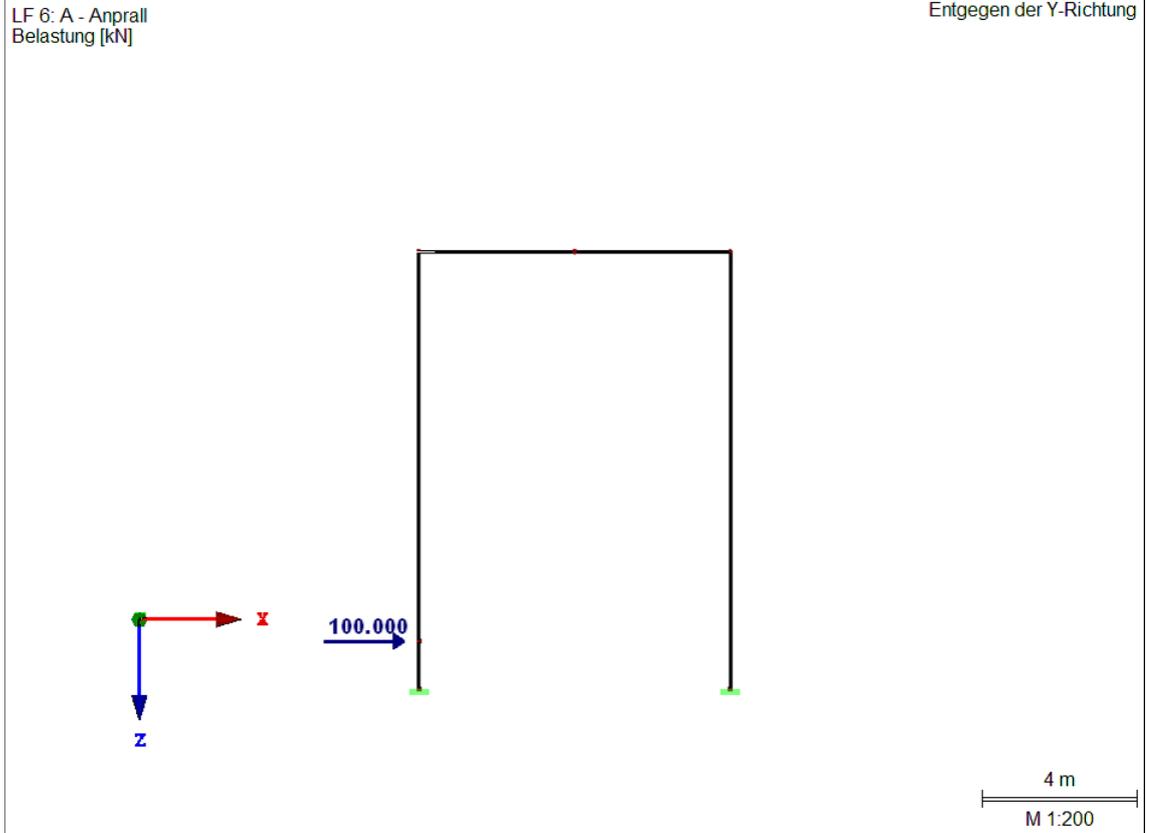
LF 5: AE – Erdbeben: Belastung



LF 6: A – Anprall: Knotenlasten

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]		Moment M_Y / M_V [kNm]
			P_X / P_U	P_Z / P_W	
1	7	0 Globales XYZ	100.000	0.000	0.000

LF 6: A – Anprall: Belastung



Ergebnisse

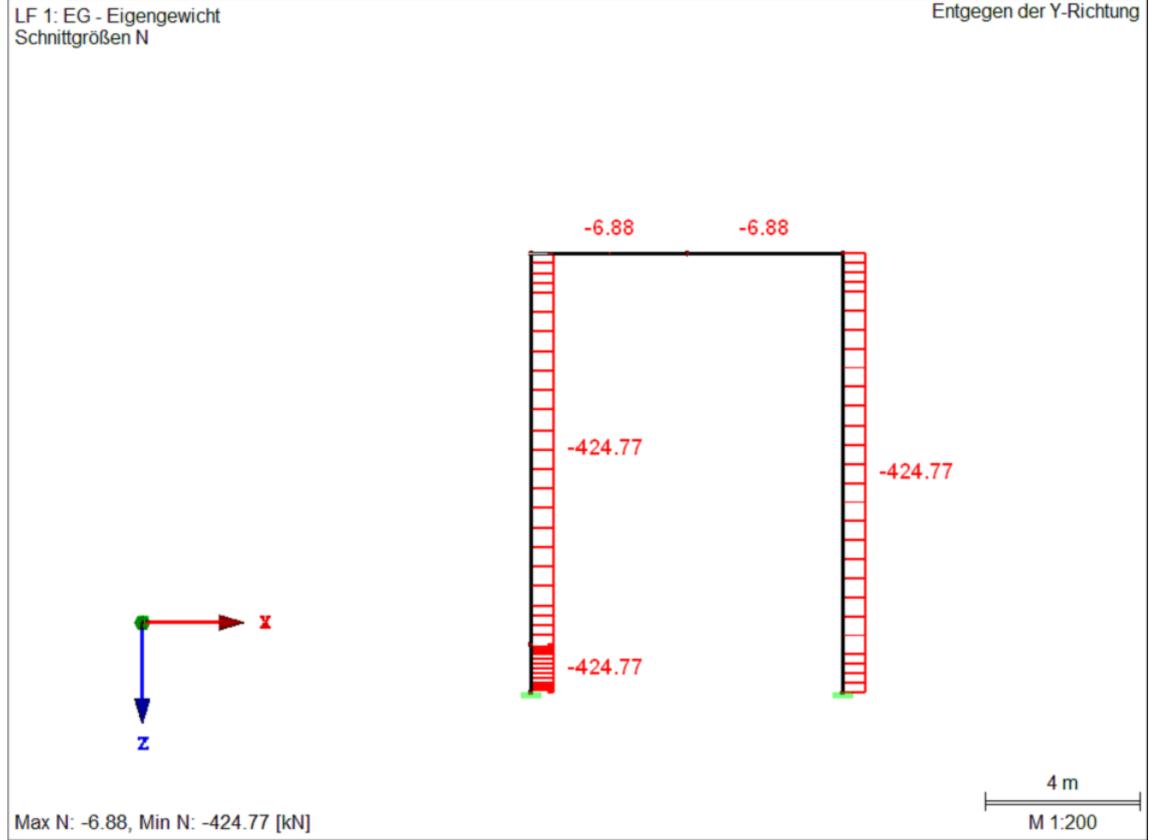
Knoten – Lagerkräfte

Knoten Nr.	LF/LK	Lagerkräfte [kN]		Lagermomente M_y	
		P_x	P_z		
3	LK1	-44.75	2097.42	152.62	GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10 GZT (STR/GEO) - Erdbeben GZT (STR/GEO) - Außergewöhnlich - psi-2,1 - Gl. 6.11e
	LK2	85.87	1087.13	-592.78	
	LK3	70.27	2073.52	-30.22	
5	LK1	83.81	2135.14	-349.42	GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10 GZT (STR/GEO) - Erdbeben GZT (STR/GEO) - Außergewöhnlich - psi-2,1 - Gl. 6.11e
	LK2	162.64	1425.88	-882.51	
	LK3	94.82	2138.02	-416.20	

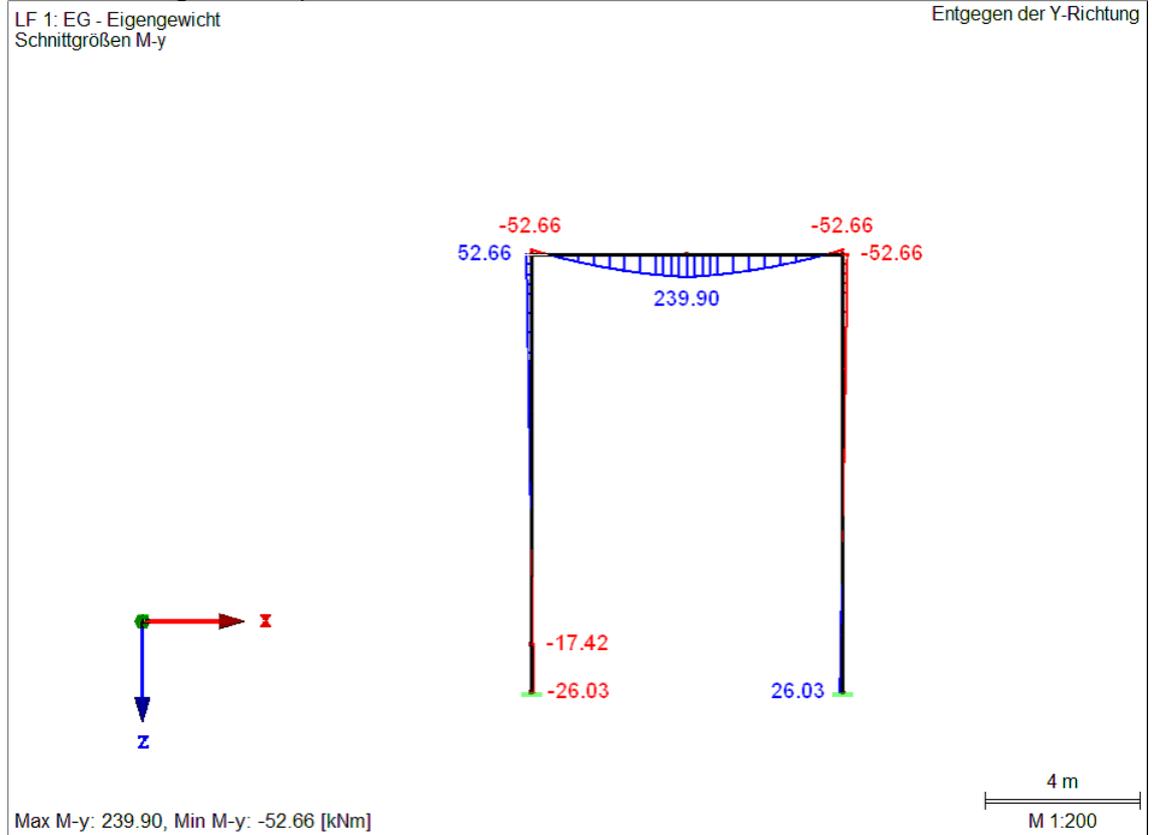
Querschnitte – Schnittgrößen

Stab Nr.	LF/LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Kräfte [kN]		Momente M_y [kNm]	
				N [kN]	V_z [kN]		
Querschnitt-Nr. 1: Rechteck 800/1200							
1	LK1	1	0.000	> -83.81	929.28	-456.51	
		6	4.030	> -83.81	767.64	2962.79	
	LK2	1	0.000	> -162.64	368.17	388.70	
		6	4.030	> -162.64	255.01	1644.41	
	LK3	1	0.000	> -94.82	909.50	-407.71	
		6	4.030	> -94.82	751.00	2938.20	
4	LK1	6	0.000	> -83.81	-805.36	2962.79	
		2	4.030	> -83.81	-967.00	-608.52	
	LK2	6	0.000	> -162.64	-593.76	1644.41	
		2	4.030	> -162.64	-706.93	-976.48	
	LK3	6	0.000	> -94.82	-815.50	2938.20	
		2	4.030	> -94.82	-974.00	-667.62	
Querschnitt-Nr. 2: Stahlbetonstützen: Rechteck 800/800							
2	LK1	1	0.000	> -2097.42	-61.83	456.51	
		7	10.180	> -2097.42	-46.62	-95.51	
	LK2	1	0.000	> -1087.13	85.87	-388.70	
		7	10.180	> -1087.13	85.87	485.45	
	LK3	1	0.000	> -2073.52	-58.19	407.71	
		7	10.180	> -2073.52	-32.84	-55.67	
3	LK1	2	0.000	> -2135.14	83.81	-608.52	
		5	11.430	> -2135.14	83.81	349.42	
	LK2	2	0.000	> -1425.88	162.64	-976.48	
		5	11.430	> -1425.88	162.64	882.51	
	LK3	2	0.000	> -2138.02	94.82	-667.62	
		5	11.430	> -2138.02	94.82	416.20	
5	LK1	7	0.000	> -2097.42	-46.62	-95.51	
		3	1.250	> -2097.42	-44.75	-152.62	
	LK2	7	0.000	> -1087.13	85.87	485.45	
		3	1.250	> -1087.13	85.87	592.78	
	LK3	7	0.000	> -2073.52	67.16	-55.67	
		3	1.250	> -2073.52	70.27	30.22	

LF 1: Schnittgrößen N



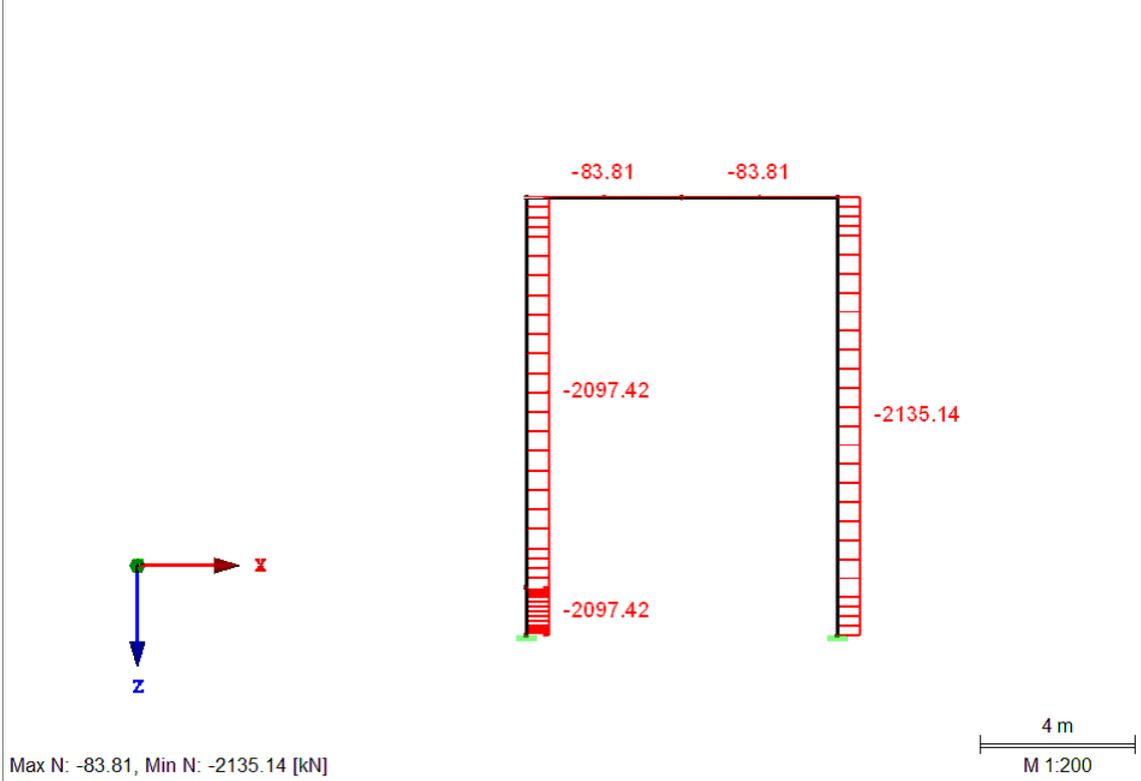
LF 1: Schnittgrößen M_y



LK 1: Schnittgrößen N

LK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10
Schnittgrößen N

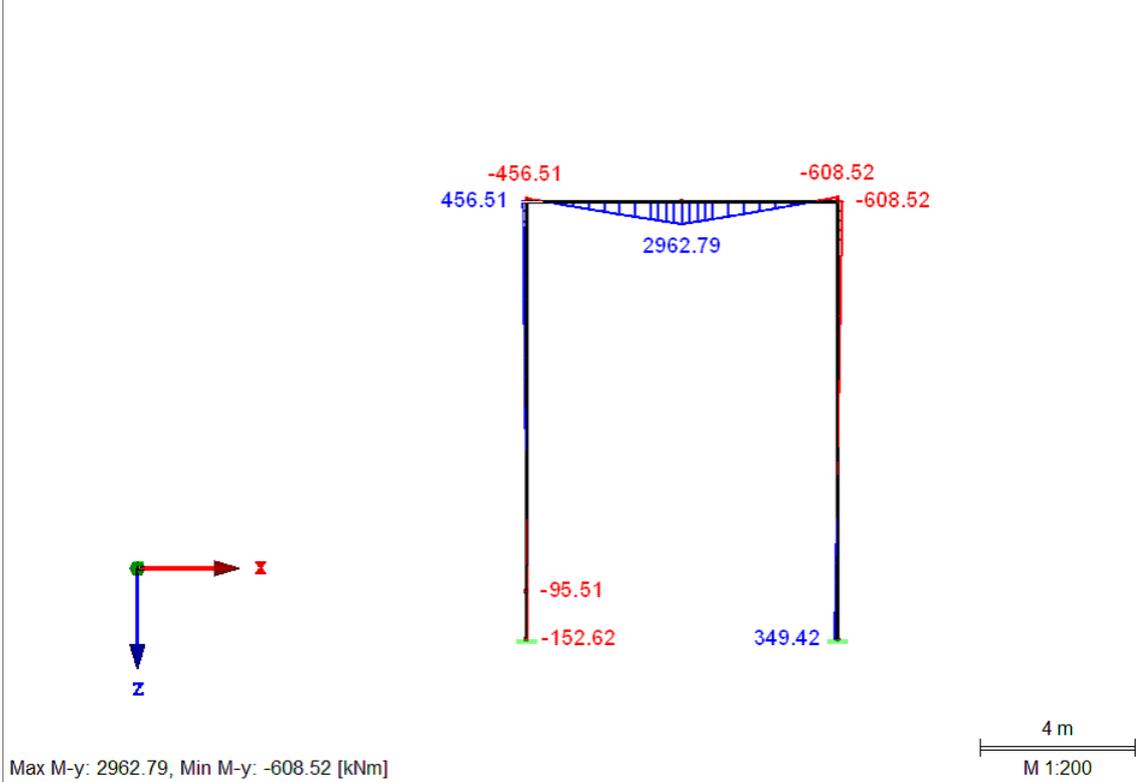
Entgegen der Y-Richtung



LK 1: Schnittgrößen M_y

LK 1: GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10
Schnittgrößen M_y

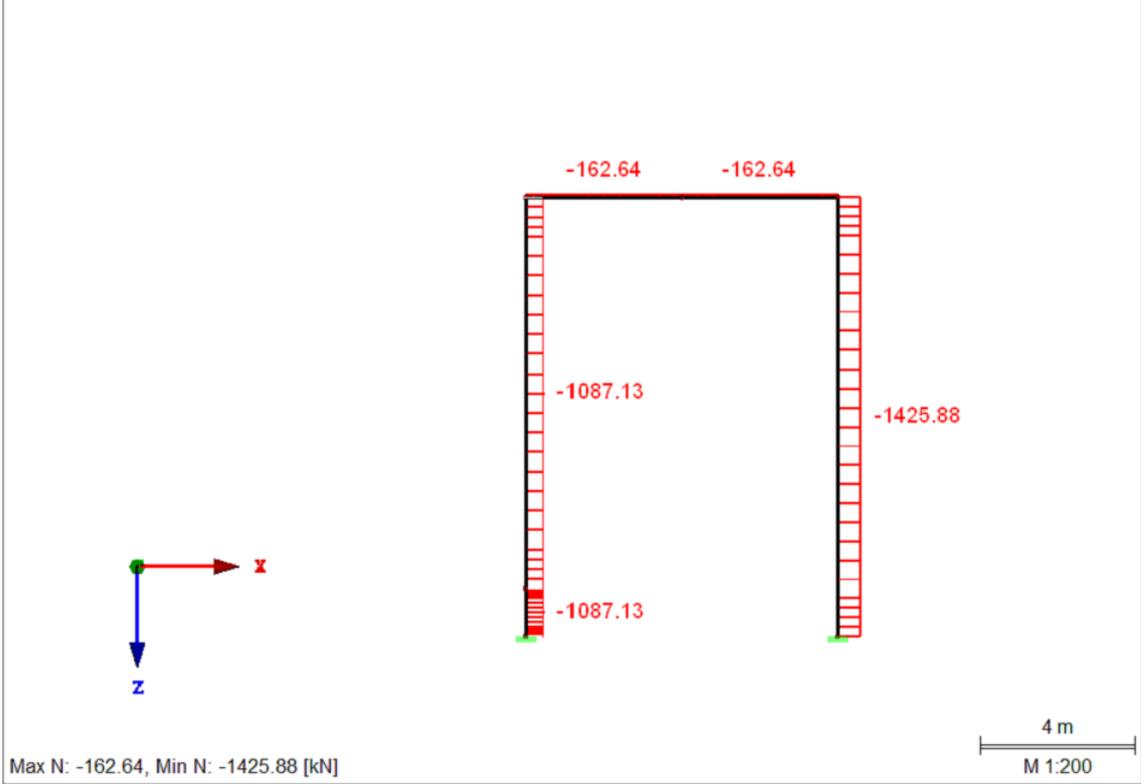
Entgegen der Y-Richtung



LK 2: Schnittgrößen N

LK 2: GZT (STR/GEO) - Erdbeben
Schnittgrößen N

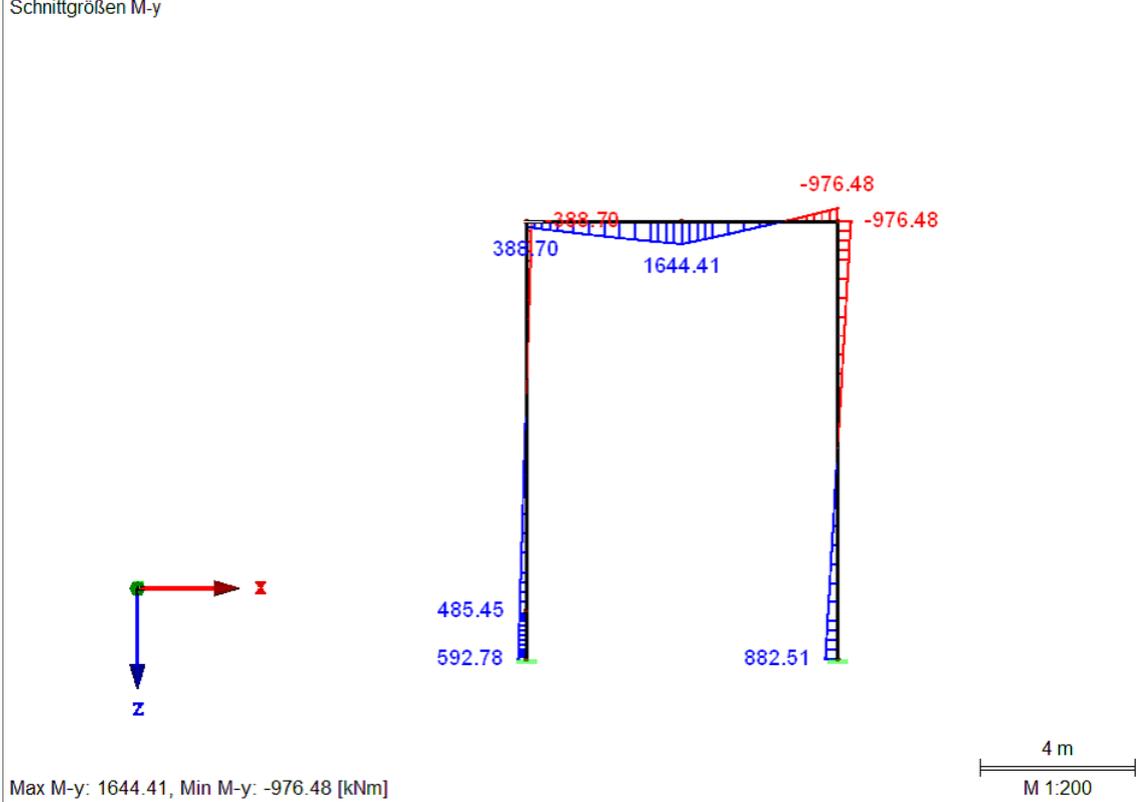
Entgegen der Y-Richtung



LK 2: Schnittgrößen M_y

LK 2: GZT (STR/GEO) - Erdbeben
Schnittgrößen M_y

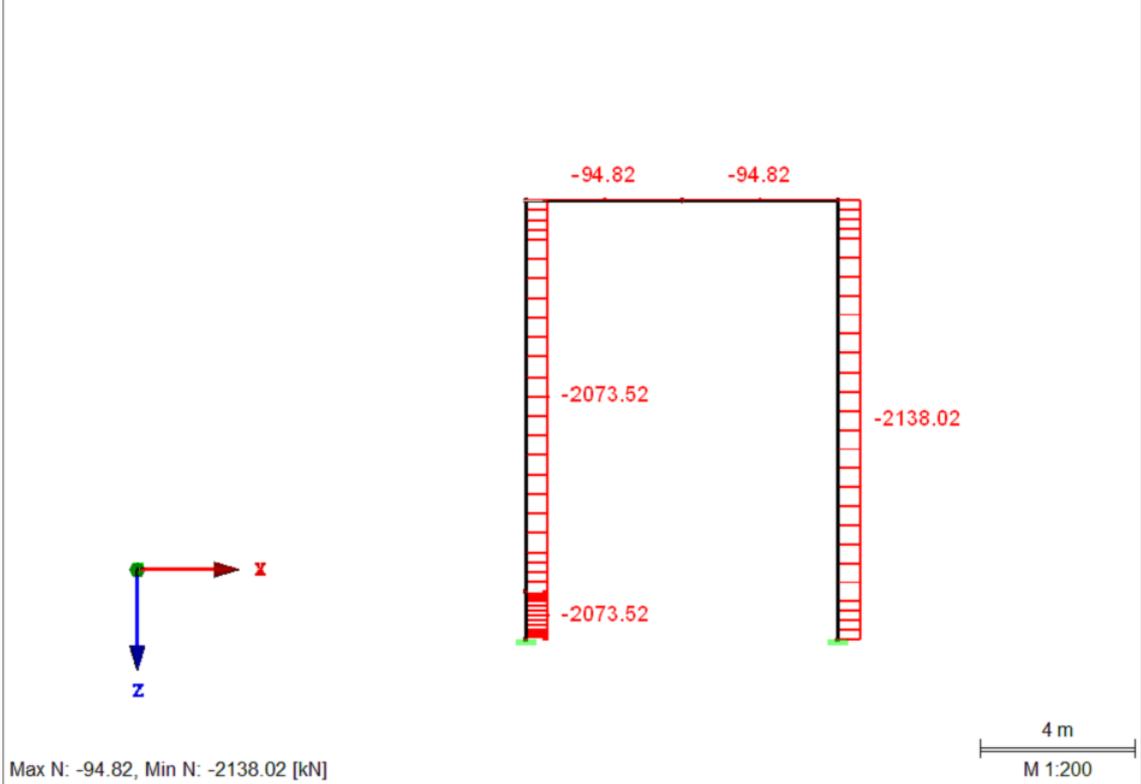
Entgegen der Y-Richtung



LK 3: Schnittgrößen N

LK 3: GZT (STR/GEO) - Außergewöhnlich - psi-2,1 - Gl. 6.11e
Schnittgrößen N

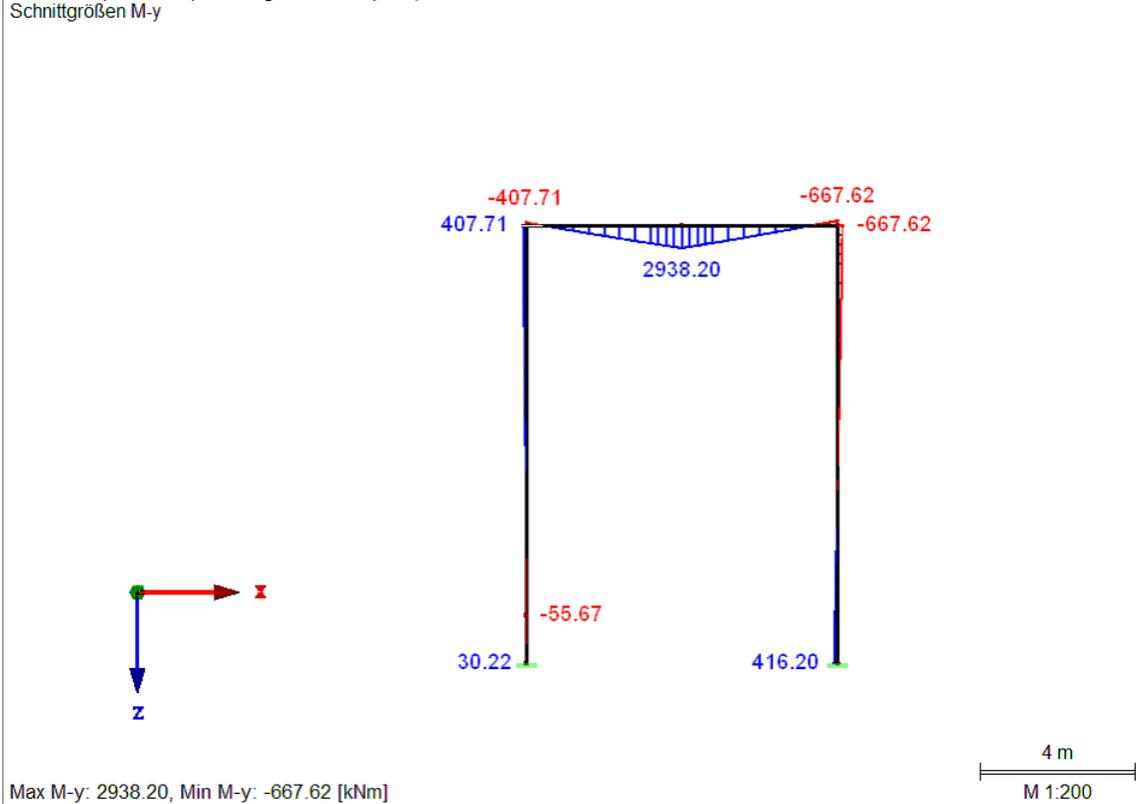
Entgegen der Y-Richtung



LK 3: Schnittgrößen M_y

LK 3: GZT (STR/GEO) - Außergewöhnlich - psi-2,1 - Gl. 6.11e
Schnittgrößen M-y

Entgegen der Y-Richtung



4.3.2.5 Bemessung der Riegel

Es folgt die programmgestützte Bemessung der Riegel.

Zugrunde liegt die Schnittgrößenermittlung am ebenen Rahmen.

RF-BETON Stäbe

FA1
Stahlbeton-Bemessung

Basisangaben

Stahlbetonbemessung nach	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12		
TRAGFÄHIGKEIT			
Zu bemessende Lastkombinationen:	LK1	GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10 Ständig und vorübergehend	
	LK2	GZT (STR/GEO) - Erdbeben Ständig und vorübergehend	
	LK3	GZT (STR/GEO) - Außergewöhnlich - psi-2,1 - Gl. 6.11e Ständig und vorübergehend	
GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT			
Zu bemessende Lastkombinationen:	LK4	GZG - Quasi-ständig Quasi-ständig, k-t: 0.400	
Einstellungen der Bemessungssituation für GZG-Nachweise			
Lastkombination:			
Charakteristisch mit Direktlast	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_3 \cdot f_{yk}$		
Charakteristisch mit Zwangsverformung	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_4 \cdot f_{yk}$		
Häufig	Nachweise: w_k		
Quasi-ständig	Nachweise: $k_2 \cdot f_{ck}$, w_k , u_l		
Verformung beziehen auf:	Unverformtes System		

Materialien

Mat.-Nr.	Materialbezeichnung		Kommentar
	Beton-Festigkeitsklasse	Betonstahl	
1	Beton C25/30	B 500 S (B)	

Materialkennwerte

Mat.-Nr.	Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit
1	Beton-Festigkeitsklasse: Beton C25/30			
	Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit	f_{ck}	25.000	N/mm ²
	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit	f_{cm}	33.000	N/mm ²
	Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit	f_{ctm}	2.600	N/mm ²
	5%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.05}$	1.800	N/mm ²
	95%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.95}$	3.300	N/mm ²
	Mittelwert des Elastizitätsmoduls	E_{cm}	31000.000	N/mm ²
	Charakteristische Dehnungen für nichtlineare Berechnungen			
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	e_{c1}	-2.100	‰
	Bruchdehnung	e_{cu1}	-3.500	‰
	Charakteristische Dehnungen für Parabel-Rechteck-Diagramm			
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	e_{c2}	-2.000	‰
	Bruchdehnung	e_{cu2}	-3.500	‰
	Exponent der Parabel	n	2	
	Spezifisches Gewicht	g	25.00	kN/m ³
	Betonstahl: B 500 S (B)			
	Elastizitätsmodul	E_s	200000	N/mm ²
	Charakteristischer Wert der Streckgrenze	f_{yk}	500	N/mm ²
	Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit	f_{tk}	540	N/mm ²
	Rechnerische Bruchdehnung	e_{uk}	50.000	‰

Bewehrungssatz Nr. 1 – „Stb.-Riegel“

Angewendet auf Stäbe:	1, 4
LÄNGSBEWEHRUNG	
Mögliche Durchmesser:	14.0, 16.0, 20.0, 25.0, 28.0 mm
Max. Anzahl der Lagen:	2
Min. Abstand für erste Lage:	20.0 mm
Min. Abstand für weitere Lage:	20.0 mm
Verankerungstyp:	Gerade
Stahloberfläche:	Gerippt
Bewehrungsstaffellung:	Keine
BÜGELBEWEHRUNG	
Mögliche Durchmesser:	10.0 mm
Anzahl der Schnitte:	2
Neigung:	90°
Verankerungstyp:	Haken
Bügelanordnung:	Gleiche Abstände
BEWEHRUNGSANORDNUNG	
Betondeckung nach Norm	-
Betondeckung c-oben:	40.0 mm
Betondeckung c-unten:	40.0 mm
Betondeckung c-seitig:	40.0 mm
Bewehrungsanordnung:	-z (oben) - +z (unten) (optimierte Verteilung)
Torsionsbewehrung über den Umfang verteilen:	x
Berücksichtigte Schnittgrößen:	N, V-y, V-z, M-T, M-y, M-z
MINDESTBEWEHRUNG	
Mindestbewehrungsfläche (min A-s,oben):	nach Norm
Mindestbewehrungsfläche (min A-s,unten):	nach Norm
Mindestlängsbewehrung nach Norm:	-
Mindestschubbewehrung nach Norm:	x
Längsbewehrung für Querkraftnachweis:	Ansatz der erforderlichen Längsbewehrung
EINSTELLUNGEN ZU EN 1992-1-1:2004/A1:2014	
Max. Bewehrungsgrad:	8.00 %
Begrenzung der Druckzone	x
Teilsicherheit Gamma-c	ST+V 1.50, AU1.30, GZG 1.00
Teilsicherheit Gamma-s	ST+V 1.15, AU1.00, GZG 1.00
Abminderungsbeiwert Alpha-cc	ST+V 0.85, AU0.85, GZG 1.00
Abminderungsbeiwert Alpha-ct	ST+V 0.85, AU0.85, GZG 1.00
Min. veränderliche Druckstrebenneigung	18.43 °
Max. veränderliche Druckstrebenneigung	45.00 °

Querschnitte

Quer.-Nr.	Material Nr.	Querschnitts-Bezeichnung	Anmerkungen	Kommentar
2	1	Rechteck 800/1200		

Erforderliche Bewehrung

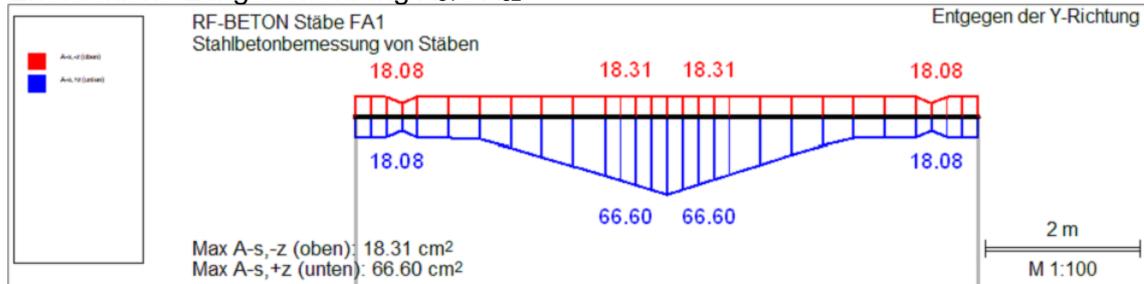
Bewehrung	Stab Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Bewehrungsfläche	Einheit	Fehlermeldung bzw. Hinweis
Stab Nr. 1 - Rechteck 800/1200						
A _{s,-z} (oben)	1	4.030	LK1	18.31	cm ²	28)
A _{s,+z} (unten)	1	4.030	LK1	66.60	cm ²	
A _{s,T}	1	0.000	LK3	0.00	cm ²	
a _{sw,V} ,Bügel	1	0.000	LK1	6.86	cm ² /m	58)
a _{sw,T} ,Bügel	1	0.000	LK3	0.00	cm ² /m	
Stab Nr. 4 - Rechteck 800/1200						
A _{s,-z} (oben)	4	0.000	LK1	18.31	cm ²	28)
A _{s,+z} (unten)	4	0.000	LK1	66.60	cm ²	
A _{s,T}	4	0.000	LK3	0.00	cm ²	
a _{sw,V} ,Bügel	4	4.030	LK3	7.26	cm ² /m	58)
a _{sw,T} ,Bügel	4	0.000	LK3	0.00	cm ² /m	

Gebrauchstauglichkeitsnachweis (ohne Durchbiegung)

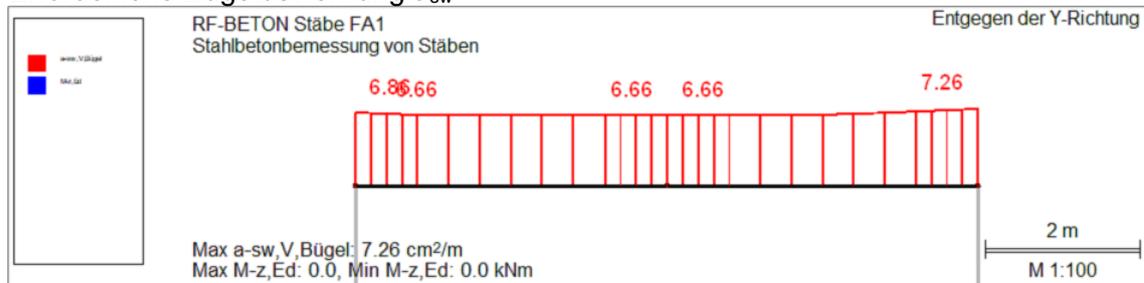
Stab Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Typ	Vorh. Wert	Nachweis			Ausnutzung	Hinweis
					Grenzwert	Einheit			
Stab Nr. 1 - Rechteck 800/1200									
1	4.030	LK4	A _{s,min}	18.47	18.31	cm ²		1.00	
1	4.030	LK4	lim d _s	16.0	70.0	mm		0.23	
1	4.030	LK4	lim s _l	0.037	0.208	m		0.18	
1	4.030	LK4	w _k	0.113	0.300	mm		0.38	
Stab Nr. 4 - Rechteck 800/1200									
4	0.000	LK4	A _{s,min}	18.47	18.31	cm ²		1.00	
4	0.000	LK4	lim d _s	16.0	70.0	mm		0.23	
4	0.000	LK4	lim s _l	0.037	0.208	m		0.18	
4	0.000	LK4	w _k	0.113	0.300	mm		0.38	

- 28) Die obere Längsbewehrung wurde für GZG erhöht.
- 58) Unter Verwendung des Näherungswertes für den Hebelarm z.
- 207) Rissbreite wird direkt begrenzt (eingehalten).

Erforderliche Längsbewehrung A_{s1} / A_{s2}



Erforderliche Bügelbewehrung a_{sw}



4.3.2.6 Bemessung der Stützen

RF-BETON Stützen

FA1

Stahlbeton-Bemessung

Basisangaben

Bemessung nach Norm:	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12	
TRAGFÄHIGKEIT		
Zu bemessende Lastkombinationen:	LK1	GZT (STR/GEO) – Ständig / vorübergehend – Gl. 6.10 Ständig und vorübergehend
	LK2	GZT (EQU) – Erdbeben Ständig und vorübergehend
	LK3	GZT (STR/GEO) – Außergewöhnlich – psi-2,1 – Gl. 6.11e Ständig und vorübergehend
KRIECHERZEUGENDE DAUERLAST		
Zu bemessende Lastkombinationen:	LK4	GZG – Quasi-ständig

Materialien

Mat.-Nr.	Materialbezeichnung		Kommentar
	Beton-Festigkeitsklasse	Betonstahl	
1	Beton C25/30	B 500 S (B)	

Materialkennwerte

Mat.-Nr.	Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit	
1	Beton-Festigkeitsklasse: Beton C25/30				
	Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit	f_{ck}	25.000	N/mm ²	
	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit	f_{cm}	33.000	N/mm ²	
	Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit	f_{ctm}	2.600	N/mm ²	
	5%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.05}$	1.800	N/mm ²	
	95%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.95}$	3.300	N/mm ²	
	Mittelwert des Elastizitätsmoduls	E_{cm}	31000.000	N/mm ²	
	Charakteristische Dehnungen für nichtlineare Berechnungen				
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c1}	-2.100	‰	
	Bruchdehnung	ϵ_{cu1}	-3.500	‰	
	Charakteristische Dehnungen für Parabel-Rechteck-Diagramm				
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c2}	-2.000	‰	
	Bruchdehnung	ϵ_{cu2}	-3.500	‰	
	Exponent der Parabel	n	2		
	Spezifisches Gewicht	g	25.00	kN/m ³	
	Betonstahl: B 500 S (B)				
	Elastizitätsmodul	E_s	200000	N/mm ²	
	Charakteristischer Wert der Streckgrenze	f_{yk}	500	N/mm ²	
	Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit	f_{tk}	540	N/mm ²	
Rechnerische Bruchdehnung	ϵ_{uk}	50.000	‰		

Querschnitte

Quer.-Nr.	Material Nr.	Querschnitts-Bezeichnung	Anmerkungen	Kommentar
2	1	Rechteck 800/800		

Bewehrungssatz Nr. 2 – „Stb.-Stützen“

Angewendet auf Stäbe:	3
Angewendet auf Stabzüge:	1
LÄNGSBEWEHRUNG	
Mögliche Durchmesser:	20.0 mm
Bewehrungsanordnung – Rechteck:	Zweiseitig – parallel zur y-Achse
Max. Anzahl der Lagen – Rechteck:	1
Mindestabstand erste Bewehrungslage:	20.0 mm
Verankerungsart:	Gerade
Bewehrungsoberfläche:	Gerippt
BÜGEL	
Mögliche Durchmesser:	8.0/ 10.0 mm
Anzahl Schnitte – Rechteck:	2
Min. Querkraftbewehrung A_{sw} :	gemäß Norm
Verankerungsart:	Haken
KONSTRUKTIVE BEWEHRUNG	
Max. Abstand der konstruktiven Bewehrung:	300.0 mm
BETONDECKUNG	
Betondeckung nach Norm	-
Randmaß Betondeckung – Rechteck C_z :	40.0 mm
Randmaß Betondeckung – Rechteck C_y :	40.0 mm
Stabdurchmesser zur Vorbemessung:	16.0 mm
Maßgebende Schnittgrößen:	N, V-y, V-z, M-y, M-z
EINSTELLUNGEN ZU DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12	
Maximaler Längsbewehrungsgrad nach Norm	x
Mindestlängsbewehrung nach Norm für Brückenbau	x
Teilsicherheitsbeiwert gemäß Tabelle 2.1N: g_c :	1.5000
Teilsicherheitsbeiwert gemäß Tabelle 2.1N: g_s :	1.1500
Faktor a_{cc} :	0.8500
Min. Betondruckstrebenneigung:	18.434 °

Anmerkung

Auf der sicheren Seite liegend erfolgt die Bemessung der Stützen, im Rahmen der Vor-dimensionierung, idealisiert als Kragstütze.

Parameter der Stäbe

Stab Nr.	Querschnitt	Richtung	Knick-gefährdung	System verschieblich	Systemlänge [m]	Knicklägen-beiwert b	Ersatzlänge [m] / Schlankheit
3	2 Rechteck 800/800	um y-Achse	+	-	11.430	2.0000	22.860 / 99.0
		um z-Achse	+	+	11.430	0.0000	0.000 / 0.0

Parameter der Stabsätze

Stabsatz Nr.	Querschnitt	Richtung	Knick-gefährdung	System verschieblich	Systemlänge [m]	Knicklägen-beiwert b	Ersatzlänge [m] / Schlankheit
1	3 Rechteck 800/800	um y-Achse	+	-	11.430	2.0000	22.860 / 99.0
		um z-Achse	+	+	11.430	0.0000	0.000 / 0.0

Nachweis der Stäbe

Stab Nr.	Maßgebender Lastfall	Nachweis Verhältnis	Kriterium	Anmerkungen
3	Querschnitt Nr. 2 – Rechteck 800/800	0.8157		LK3
	LK3			
3	Querschnitt Nr. 2 – Rechteck 800/800	0.4548		LK2
	LK2			

Nachweis der Stabsätze

Stabsatz Nr.	Maßgebender Lastfall	Nachweis		Anmerkungen
		Verhältnis	Kriterium	
1	Querschnitt Nr. 2 – Rechteck 800/800 LK1	0.8362	≤ 1	100) NACHWEIS IM KRITISCHEN QUERSCHNITT DER MODELLSTÜTZE NACH ABS. 5.8.8
1	Querschnitt Nr. 2 – Rechteck 800/800 LK1	0.0522	≤ 1	201) QUERKRAFTNACHWEIS ($V_{Ed} / V_{Rd,c} \leq 1$) GEMÄß 6.2.2(2) MIT (6.4)
1	Querschnitt Nr. 2 – Rechteck 800/800 LK2	0.2561	≤ 1	202) QUERKRAFTNACHWEIS ($V_{Ed} / V_{Rd,c} \leq 1$) GEMÄß 6.2.2(1) MIT (6.2.a)

Erforderliche Bewehrung der Stäbe

Stab Nr.	Bewehrung Typ	Stelle x [m]	LF / LK EK	Bewehrung		
				Fläche	Einheit	
3	Rechteck 800/800 Längsbewehrung	0.000	LK2	A_s	28.27	cm²
3	Rechteck 800/800 Querbewehrung	-	-	a _{sw}	4.19	cm ² /m

Erforderliche Bewehrung der Stabsätze

Stabsatz Nr.	Bewehrung	Stelle x [m]	LF / LK EK	Bewehrung		
				Fläche	Einheit	
1	Rechteck 800/800 Längsbewehrung	0.000	LK1	A_s	38.39	cm²
1	Rechteck 800/800 Querbewehrung	-	-	a _{sw}	4.19	cm ² /m

4.3.2.7 Nachweis der Verformungen

RF-BETON Stäbe

FA1
Stahlbeton-Bemessung

Berechnung erfolgt anhand des Modells gemäß Kap. 4.3.2.4.

Zusätzlich werden bei der Verformungsberechnung Effekte des Kriechens, Schwindens und des gerissenen Betons berücksichtigt. Es liegt die gewählte Bewehrung gemäß Kap. 4.3.2.5 zugrunde. Dennoch ist die ermittelte Verformung mit einer starken Schwankung behaftet, und stellt lediglich einen Erwartungswert dar.

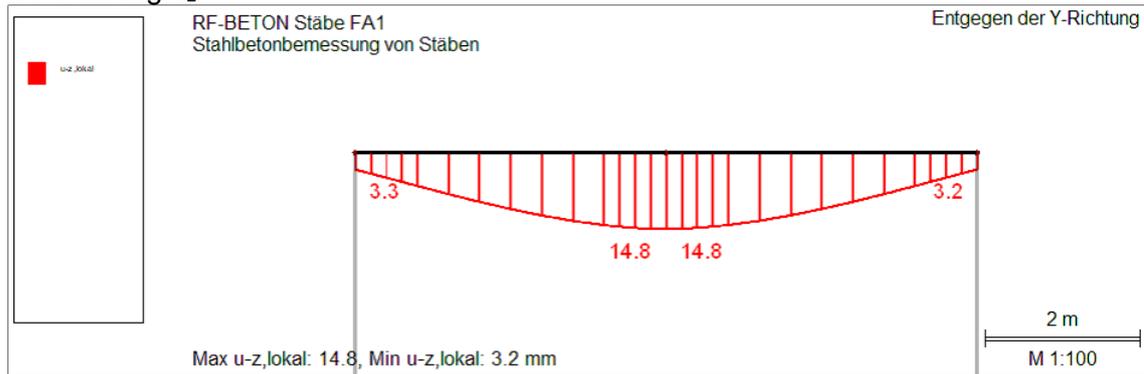
Einstellungen – nichtlineare Berechnung (Zustand II)

Zustand II - im Grenzzustand GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT erfassen:	x
Kriechen und Schwinden berücksichtigen:	x
TENSION STIFFENING	
Ansatz über modifizierte Stahlkennlinie	
Anzusetzende Betonzugfestigkeit f-ct:	f-ctm
Anpassungsfaktor der Zugfestigkeit f-ct,R:	1.00
Normalkraft als Initialkraft	-
LK4 - GZG - Quasi-ständig	
Als Dauerlast	x
Faktor Beta-2	0.338
NACHWEISVERFAHREN - Schub- und Torsionssteifigkeit	
Schubsteifigkeit:	Ansetzen der linear-elastischen Schubsteifigkeit
Torsionssteifigkeit:	Berechnung nach Ansatz von Leonhardt
KONVERGENZEINSTELLUNGEN	
Laststufen:	
Anzahl der Laststufen:	3
Lastaufbringung:	Linear
Zwischenschritt 1	
Laststufe Nr. 1, Aufgebrachter Lastanteil	50.0 %
Zwischenschritt 2	
Laststufe Nr. 2, Aufgebrachter Lastanteil	80.0 %
Iterationskennwerte:	
Maximale Anzahl der Iterationen pro Laststufe:	50
Dämpfung der Steifigkeitsänderung in einem Iterationszyklus:	
Dämpfungsfaktor	0.500
Abbruchschranken	
$e_1 = (1/g)_i - (1/g)_{i-1} :$	0.0010
$e_2 = (E_{I_i} - E_{I_{i-1}})^2 / (E_{I_i})^2 :$	0.0010
$e_3 = U_{max,i} - U_{max,i-1} :$	1.0000

Kriechen/ Schwinden

Quersch. Nr.	Material Nr.	Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit
1	1	Rechteck 800/1200			
Art der Ermittlung					
		Ermittlung der Kriechzahl		Alter	
		Ermittlung des Schwindmaßes		Alter	
Eingabewerte					
		Betrachtetes Betonalter (Kriechen)	t_k	27393	Tage
		Betrachtetes Betonalter (Schwinden)	t_s	27393	Tage
		Wirksame Bauteildicke			
		Querschnittsfläche	A_c	0.960	m ²
		Luft ausgesetzter Umfang	u	3.600	m
		Wirksame Bauteildicke	h_0	0.533	m
		Zementart	ZArt	N	
		Relative Luftfeuchte	RH	50	%
		Betonalter Schwindbeginn	t_s	28	Tage
		Betonalter Kriechbeginn		Ermitteln	
		Temperatur berücksichtigen		Nein	
		Wirksames Alter (Temperatur)	t_r	7.000	Tage
		Zementart berücksichtigen		Ja	
		Betonalter Kriechbeginn	t_0	7.000	Tage
Ergebnis					
		Definierte Kriechzahl	$j(t,t_0)$	2.967	
		Definiertes Schwindmaß	$e(t,t_s)$	-0.390	‰

Verformung u_z



$w_{zII} = 14,8 \text{ mm}$

$w_{zul.} = 8.060 / 250 = 32,2 \text{ mm}$

$w_{zII} \leq w_{zul.} \checkmark$

4.3.2.8 *Beurteilung der Ergebnisse*

Die abgeschätzten Querschnittsabmessungen liefern vertretbare Bemessungsergebnisse. Darüber hinaus sind keine unzulässigen Verformungen zu erwarten.

Im Hinblick auf den ermittelten Betonstahlbedarf wäre ggf. eine Reduzierung der Querschnittsabmessungen möglich.

Durch eine Verringerung der Querschnittsabmessungen würde sich auch der Betonstahlbedarf erhöhen und die Durchbildung einer kollisionsfreien Bewehrungsführung würde in Detailpunkten des Rahmensystems, wie z.B. den biegesteif auszubildenden Anschlusspunkten zwischen den Riegeln und den Außenstützen, zunehmend erschwert.

Darüber hinaus würde die Konstruktion verformungsempfindlicher.

Auch die Resultate aus der Berücksichtigung räumlicher Trag- und Einwirkungseffekte sind an dieser Stelle schwer abschätzbar, folglich ist eine Optimierung der Querschnittsabmessung erst nach einer detaillierteren Betrachtung des gesamten, räumlichen Rahmensystems sinnvoll.

Die Querschnittsabmessungen werden zunächst wie abgeschätzt belassen.

Die Wahl einer höheren Betonfestigkeitsklasse würde den Betonstahlbedarf an dieser Stelle lediglich unwesentlich beeinflussen. Folglich wird auch die Betongüte beibehalten.

4.3.3 Vordimensionierung des Einzelfundamente

Die vorgesehene Überschüttung der Einzelfundamente hat z. T. günstigen Einfluss auf erforderliche geotechnische Nachweise und dient baupraktischen Gründen. So müssen z.B. zukünftig geplante Leitungen nicht um die Fundamente geführt werden.

Im Rahmen dieser statischen Betrachtungen wird der günstige Einfluss der Überschüttung in den Nachweisen nicht berücksichtigt, um u.a. die Tragfähigkeit der Bauteile im Bauzustand nicht zu beeinflussen.

Darüber hinaus liegen keine Angaben zu Störkanten o.Ä. im Untergrund vor. Infolgedessen wird die Überschüttungshöhe der Fundamente konstruktiv mit $h_{\bar{u}} = 0,50$ m gewählt.

4.3.3.1 Ermittlung der Grundrissabmessungen der Fundamente

Die Abschätzung der Abmessungen der Einzelfundamente erfolgt unter Ansatz quadratischer Grundrissabmessungen über den Nachweis der auftretenden Sohldruckspannungen, sowie über den Nachweis der klaffenden Fuge.

Die folgenden Berechnungen vernachlässigen das Eigengewicht des Fundamentes, sowie des aufliegenden Bodens. Diese Vereinfachung liegt im Hinblick auf die Sohldruckbeanspruchungen auf der unsicheren, und bei der Ermittlung der auftretenden Exzentrizität auf der sicheren Seite. Diese Aspekte werden bei der Auswahl der Abmessungen berücksichtigt.

Den angesetzten Belastungen liegt die Schnittgrößenermittlung Kap. 4.3.2.4 zugrunde.

Nachweis der Sohldruckbeanspruchung

Maßgebend sind die Lagerbeanspruchung der EK 3 gemäß Kap. 4.3.2.

$$N_{Ed} \quad \sim \quad 2.140 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} \quad \sim \quad 420 \text{ kNm}$$

$$e \quad = \quad 420 / 2.140 \quad = \quad 0,2 \text{ m}$$

$$\sigma_{Rd} \quad = \quad 450 / 1,4 \quad = \quad 321,4 \text{ kN/m}^2$$

$$A'_{\text{erf.}} \quad = \quad 2.140 / 321,4 \quad = \quad 6,66 \text{ m}^2$$

$$b'_{\text{erf.}} \quad = \quad 6,66^{0,5} \quad = \quad 2,58 \text{ m}$$

$$b_{\text{erf.,1}} \quad = \quad 2,58 + 2 \times 0,2 \quad = \quad \mathbf{2,98 \text{ m}}$$

Nachweis der klaffenden FugeNachweis unter ständiger Last

$$N_{Ed} \sim 1,35 \times 425 = 573,8 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} \sim 1,35 \times 26 = 35,1 \text{ kNm}$$

$$e = 35,1 / 573,8 = 0,06 \text{ m}$$

$$b_{\text{erf.,2}} = 0,06 / (1/6)^{0,5} = \mathbf{0,15 \text{ m}}$$

Nachweis unter gesamter Last

Maßgebend ist die Beanspruchung der EK 2 gemäß Kap. 4.3.2.

$$N_{Ed} \sim 1.400 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} \sim 890 \text{ kNm}$$

$$e = 890 / 1.200 = 0,63 \text{ m}$$

$$b_{\text{erf.,3}} = 0,63 / (1/9)^{0,5} = \mathbf{1,89 \text{ m}}$$

Wahl der Abmessungen

Die Abmessungen der Fundamente werden mit $a_F = b_F = \mathbf{3,0 \text{ m}}$ abgeschätzt.

4.3.3.2 Ermittlung der Höhe der Fundamente

Die Höhe der Fundamente wird so gewählt, dass keine Querkraftbewehrung innerhalb der Fundamente erforderlich ist.

Abschätzung der Fundamentenhöhe [3]

$$h_F = 0,3 \times 3,0 = 1,00 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \text{gew. } h_F = 1,00 \text{ m}$$

Durchstanztragfähigkeit ohne Durchstanz- bzw. Querkraftbewehrung

$$d \sim 0,90 \text{ m}$$

$$\sigma_d = 2.140 / 3,0^2 = 237,8 \text{ kN/m}^2$$

$$u_0 = 4 \times 0,6 = 2,4 \text{ m}$$

kritischer Rundschnitt

$$a_\lambda = (3,0 - 0,6) / 2 = 1,2 \text{ m}$$

$$\lambda = 1,2 / 0,90 = 1,33 \leq 2,0$$

$$\Rightarrow \text{iterative Bestimmung des kritischen Rundschnittes erforderlich!}$$

Iterative Bestimmung des kritischen Rundschnittes mittels Hilfsmittel Hegger/ Siburg [11]

$$c / d = 0,8 / 0,9 = 0,89; \quad l / c = 3,0 / 0,8 = 3,75$$

$$\Rightarrow a_{\text{crit}} / d \sim 0,51$$

$$\Rightarrow a_{\text{crit}} = 0,51 \times 0,9 = 0,46 \text{ m}$$

$$u_{\text{crit}} = 4 \times 0,8 + 2 \times \pi \times 0,46 = 6,09 \text{ m}$$

Bemessungswert der aufzunehmenden Schubspannung im kritischen Rundschnitt

$$A_1 = 0,8^2 + 4 \times 0,8 \times 0,46 + \pi \times 0,46^2 = 2,77 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{Ed}} = (1,1 \times (2,14 - 2,77 \times 0,2378)) / (5,87 \times 0,9) = 0,31 \text{ MN/m}^2$$

$$V_{\text{Rd,c,min.}} = 0,035 \times (1 + (200 / 900)^{0,5})^{1,5} \times 25^{0,5} \times (0,9 / 0,49) = 0,57 \text{ MN/m}^2$$

$$V_{\text{Ed}} / V_{\text{Rd,c,min.}} = 0,54 \leq 1,0 \checkmark$$

Bei Ausführung der abgeschätzten Höhe des Fundamentes von 1,0 m ist keine Durchstanzbewehrung erforderlich. Die abgeschätzte Höhe $h_F = 1,00 \text{ m}$ wird beibehalten.

4.4 Bemessung

4.4.1 Silogerüst

4.4.1.1 Bemessung der Silogerüstes als räumliches Stabwerk

4.4.1.1.1 Modelleingabe

Die Bemessung des Silogerüstes erfolgt anhand eines räumlichen Stabwerks, unter Ansatz der im Vorfeld ermittelten Belastungen und Abmessungen des Systems.

Die bis jetzt vernachlässigten Torsionseinwirkungen und räumlichen Tragwirkungen des Systems werden berücksichtigt.

Um die Aussteifung des Systems zu gewährleisten, und die zu erwartenden Verformungen zu minimieren, werden in sämtlichen Knoten, in denen Riegel an Stützen anschließen biegesteife Anschlüsse vorgesehen.

Darüber hinaus sind die Stahlbetonstützen an ihren Fußpunkten eingespannt gelagert.

Aufgrund der Symmetrie des Systems erübrigt sich die Eingabe einiger Einwirkungen aus sämtlichen Einwirkungsrichtungen. Es werden die Bewehrungsmengen des maßgebenden Riegels, der maßgebenden Stütze für jeweils sämtliche Bauteile dieser Art angesetzt.

Es liegt eine Systemhöhe von $h_{SG} = 11,43$ m und eine Systembreite von $b_{SG} = 8,06$ m, vor. Die vertikalen Auflagerkräfte des Silos wirken um das Maß $e_{x,y} = 0,25$ m exzentrisch auf die Riegel des Silogerüstes ein. Horizontale Belastungen des Lagerpunktes sind, bei Ansatz von 3 cm Verguss, um das Maß $e_z = 1,32$ m versetzt. Die Höhe der Lasteinleitung wird auf der sicheren Seite liegend auf die Oberkante des Pratzen-Fußbleches festgesetzt.

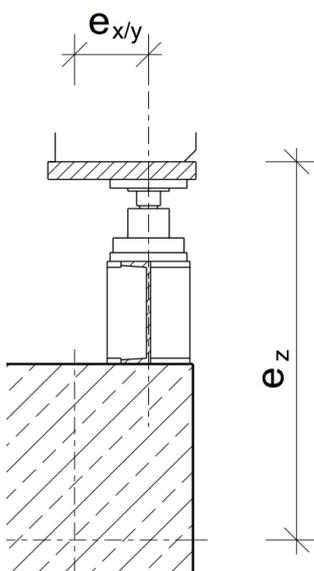


Abbildung 4.4.1-1: Exzentrizitäten Silo Lagerung

4.4.1.1.2 Lastfälle

Den angesetzten Belastungen liegt Kap. 4.2 zugrunde.

Eigengewicht

LF 1: EG – Eigengewicht

Eigengewicht der Stahlbetonbauteile

Der Ansatz des Eigengewichtes der Stahlbetonbauteile erfolgt programmintern. Da im Folgenden jedoch die Eigengewichte der einzelnen Bauteile zu der Ermittlung von Erdbelastungen benötigt werden, werden diese hier zusammengestellt.

$$F_{z,G,R,k} = 25 \times 1,2 \times 0,8 \times 8,06 = 193,44 \text{ kN}$$

$$F_{z,G,S,k} = 25 \times 0,8^2 \times 11,43 = 182,88 \text{ kN}$$

Eigengewicht Apparat S 01

$$F_{z,g,S01,k} = = 44,44 \text{ kN}$$

$$M_{x,g,S01,k} = 44,44 \times 0,25 = 11,11 \text{ kNm}$$

Eigengewicht Laufsteg LS 01

$$q_{z,g,LS01,k} = = 1,0 \text{ kN/m}$$

$$m_{x,g,LS01,k} = 0,5 \times 0,8 = 0,4 \text{ kNm/m}$$

Nutzlast

LF 2: NL – S 01

$$F_{z,NL,S01,k} = = 1.000 \text{ kN}$$

$$M_{x,NL,S01,k} = 1.000 \times 0,25 = 250 \text{ kNm}$$

LF 3: NL – LS 01

$$q_{z,NL,LS01,k} = = 3,2 \text{ kN/m}$$

$$m_{x,NL,LS01,k} = 1,6 \times 0,8 = 1,28 \text{ kNm/m}$$

Schnee

LF 4: S – Schnee

Schneebelastung der Riegel

$$q_{z,s,R,k} = 0,65 \times 0,80 = 0,52 \text{ kN/m}$$

Schneebelastung S 01

$$F_{z,s,S01,k} = = 8,67 \text{ kN}$$

$$M_{x,s,S01,k} = 8,67 \times 0,25 = 2,17 \text{ kNm}$$

Schneebelastung LS 01

$$q_{z,s,LS01,k} = = 0,52 \text{ kN/m}$$

$$m_{x,s,S01,k} = 0,26 \times 0,80 = 0,21 \text{ kNm/m}$$

Wind

LF 5: W – Wind 0°

Windbelastung der Stahlbetonriegel

$$q_{h,w,R,k} = 1,04 \times 1,20 = 1,25 \text{ kN/m}$$

Windbelastung der Stahlbetonstützen

$$q_{h,w,S,k} = 1,04 \times 0,80 = 0,83 \text{ kN/m}$$

Windbelastung S 01

Die horizontalen Windbelastungen treten an sämtlichen Auflagerpunkten des Silos auf. Das aufzunehmende Moment, welches aus der Windkraftbeanspruchung resultiert, wird lediglich über zwei der Auflager abgetragen.

$$F_{h,w,S01,k} = = 7,18 \text{ kN}$$

$$F_{z,w,S01,k} = = 2,36 \text{ kN}$$

$$M_{x,w,S01,k} = (\pm 2,36 \times 0,25) \pm 7,18 \times 1,32 = (\pm 0,59) \pm 9,48 \text{ kNm}$$

LF 6: W – Wind 90°

Belastung analog zu LF 5, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

LF 7: W – Wind 180°

Belastung analog zu LF 5, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

LF 8: W – Wind 270°

Belastung analog zu LF 5, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

LF 9: W – Wind 45°

Windbelastung der Stahlbetonriegel

Die Windbelastung der Stahlbetonriegel wird idealisiert als Einzellast erfasst.

$$F_{h,w,R,k} = 1,04 \times 1,2 \times 8,06 / 2^{0,5} = 7,11 \text{ kN}$$

Windbelastung der Stahlbetonstützen

$$q_{h,w,S,k} = 1,04 \times 0,80 / 2^{0,5} = 1,18 \text{ kN/m}$$

Die Belastung wird in Komponenten modelliert.

Windbelastung S01

Die Windbeanspruchung tritt an sämtlichen Auflagerpunkten auf. Die horizontale Belastung des Auflagerpunktes ist gegenüber der Riegelachse um 45° verdreht.

$$F_{x/y,w,S01,k} = 7,18 / 2^{0,5} = 5,08 \text{ kN}$$

$$F_{z,w,S01,k} = 1,18 \text{ kN}$$

$$M_{y,w,S01,k} = 5,08 \times 1,32 = 6,71 \text{ kNm}$$

$$M_{x,w,S01,k} = 1,18 \times 0,25 \pm 5,52 \times 1,32 = -0,30 \pm 6,71 \text{ kNm}$$

LF 10: W – Wind 135°

Analog zu LF 9, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

LF 11: W – Wind 225°

Analog zu LF 9, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

LF 12: W – Wind 315°

Analog zu LF 9, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

Erdbeben

Die horizontalen Erdbebenbelastungen der Stahlbetonriegel werden in den jeweiligen Schwerpunkten angesetzt. Die Erdbebenbelastungen der Stahlbetonstützen an den Kopfpunkten dieser.

Die Erdbebenbelastungen des Silos werden gemäß 4.2.5 in das Modell eingepflegt.

LF 13: AE – Erdbeben 0°

Erdbebenbelastung der Stahlbetonriegel

$$F_{h,AE,R,k} = 193,44 \times 0,10 = 19,34 \text{ kN}$$

Erdbebenbelastung der Stahlbetonstützen

$$F_{h,AE,S,k} = 182,88 \times 0,10 = 18,29 \text{ kN}$$

Erdbebenbelastung S 01

Die horizontalen Erdbebenbelastungen treten an sämtlichen Auflagerpunkten des Silos auf. Das aufzunehmende Moment, welches aus der Erdbebenbelastung resultiert, wird lediglich über zwei der Auflager abgetragen.

$$F_{h,AE,S01,k} = 84,92 \text{ kN}$$

$$F_{z,AE,S01,k} = 27,86 \text{ kN}$$

$$M_{x,AE,S01,k} = 27,86 \times 0,25 \pm 84,92 \times 1,32 = 7,0 \pm 112,1 \text{ kNm}$$

LF 14: AE – Erdbeben 90°

Analog zu LF 13, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

LF 15: AE – Erdbeben 180°

Analog zu LF 13, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

LF 16: AE – Erdbeben 270°

Analog zu LF 13, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

LF 17: AE – Erdbeben 45°

Erdbebenbelastung der Stahlbetonriegel und -stützen analog zu LF 13, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

Erdbebenbelastung S 01

Die Erdbebenbeanspruchung tritt an sämtlichen Auflagerpunkten auf. Die horizontale Belastung des Auflagerpunktes ist gegenüber der Riegelachse um 45° verdreht.

$$\begin{aligned}
 F_{xy,AE,S01,k} &= 84,92 / 2^{0,5} &= 60,05 \text{ kN} \\
 F_{z,AE,S01,k} &= &= 13,93 \text{ kN} \\
 M_{y,AE,S01,k} &= 60,05 \times 1,32 &= 79,27 \text{ kNm} \\
 M_{x,AE,S01,k} &= 13,93 \times 0,25 \pm 60,05 \times 1,32 &= 3,48 \pm 79,27 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

LF 18: AE – Erdbeben 135°

Analog zu LF 17, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

LF 19: AE – Erdbeben 225°

Analog zu LF 17, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

LF 20: AE – Erdbeben 315°

Analog zu LF 17, an die Einwirkungsrichtung angepasst.

Windbelastung S01

Die Windbeanspruchung tritt an sämtlichen Auflagerpunkten auf. Die horizontale Belastung des Auflagerpunktes ist gegenüber der Riegelachse um 45° verdreht.

Anprall

Um die Anzahl der zu untersuchenden Lastfälle, und folglich Lastkombinationen, zu reduzieren werden die Anpralllasten lediglich auf eine der Stützen angesetzt.

Sämtliche Stützen werden gleich ausgeführt. Es werden die Bewehrungsmengen der maßgebenden Stütze dem Modell entnommen. Infolgedessen ist diese Vereinfachung an dieser Stelle zulässig.

LF 21: A – Anprall +X

$$F_{x,A,k} = \quad = \quad = 100 \text{ kN}$$

LF 22: A – Anprall -X

$$F_{x,A,k} = \quad = \quad = -100 \text{ kN}$$

LF 23: A – Anprall +Y

$$F_{y,A,k} = \quad = \quad = 100 \text{ kN}$$

LF 24: A – Anprall -Y

$$F_{y,A,k} = \quad = \quad = -100 \text{ kN}$$

4.4.1.1.3 Bemessung des Silogerüstes

Es folgt die Berechnung des Silogerüstes als räumliches Stabwerkmodell.

Modell – Basisangaben

Allgemein	Modellname	:	4.4.1.1.3 Bemessung des Silogerüstes
	Projektname	:	BA
	Projektbezeichnung	:	Neubau eines Tanklagers und eines Silogerüstes
	Modelltyp	:	3D
	Positive Richtung der globalen Z-Achse	:	Nach unten
	Klassifizierung der Lastfälle und Kombinationen	:	Nach Norm: EN 1990
	x Kombinationen automatisch erzeugen	:	Nationaler Anhang: DIN – Deutschland x Lastkombinationen
Optionen	Erdbeschleunigung g	:	10.00 m/s ²

FE-Netz-Einstellungen

Allgemein	Angestrebte Länge der Finiten Elemente	l_{FE}	:	0.250 m
	Maximaler Abstand zwischen Knoten und Linie um in die Linie zu integrieren	e	:	0.001 m
	Maximale Anzahl der FE-Netz-Knoten (in Tausenden)		:	500
Stäbe	Anzahl Teilungen von Stäben mit Seil, Bettung, Voute oder plastischer Charakteristik		:	10
	x Stäbe bei Theorie III. Ordnung bzw. Durchschlagproblem intern teilen x Teilung der Stäbe durch den Knoten, der auf den Stäben liegt			
Flächen	Maximales Verhältnis der FE-Viereck-Diagonalen	D_D	:	1.800
	Maximale Neigung von zwei Finiten Elementen aus der Ebene	a	:	0.50 °
	Form der Finiten Elemente:		:	Drei- und Vierecke X Gleiche Quadrate generieren, wo möglich

Materialien

Mat. Nr.	Modul E [kN/cm ²]	Modul G [kN/cm ²]	Querdehnzahl n [-]	Spez. Gewicht g [kN/m ³]	Wärmedehnz. a [1/°C]	Teilsich.-Beiwert γ_M [-]	Material-Modell
1	Beton C25/30 3100.00	EN 1992-1-1:2004/A1:2014 1291.67	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Isotrop linear elastisch

Knoten

Knoten Nr.	Knotentyp	Bezugs-Knoten	Koordinaten-System	Knotenkoordinaten			Kommentar
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
1	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	0.000	Gelagert
2	Standard	-	Kartesisch	0.000	8.060	0.000	Gelagert
3	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	-1.250	
4	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	-11.430	
5	Standard	-	Kartesisch	0.000	4.030	-11.430	
6	Standard	-	Kartesisch	0.000	8.060	-11.430	
7	Standard	-	Kartesisch	4.030	0.000	-11.430	
8	Standard	-	Kartesisch	4.030	8.060	-11.430	
9	Standard	-	Kartesisch	8.060	0.000	0.000	Gelagert
10	Standard	-	Kartesisch	8.060	8.060	0.000	Gelagert
11	Standard	-	Kartesisch	8.060	0.000	-11.430	
12	Standard	-	Kartesisch	8.060	4.030	-11.430	
13	Standard	-	Kartesisch	8.060	8.060	-11.430	

Linien

Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge L [m]		Kommentar
1	Polylinie	1,3	1.250	Z	
2	Polylinie	2,6	11.430	Z	
3	Polylinie	3,4	10.180	Z	
4	Polylinie	5,4	4.030	Y	
5	Polylinie	6,5	4.030	Y	
6	Polylinie	4,7	4.030	X	
7	Polylinie	8,6	4.030	X	
8	Polylinie	7,11	4.030	X	
9	Polylinie	13,8	4.030	X	
10	Polylinie	9,11	11.430	Z	
11	Polylinie	10,13	11.430	Z	
12	Polylinie	11,12	4.030	Y	
13	Polylinie	12,13	4.030	Y	

Knotenlager

Lager Nr.	Knoten Nr.	Achsensystem	Stütze in Z	Lagerung bzw. Feder					
				u _x	u _y	u _z	j _x	j _y	j _z
1	1,2,9,10	Global X,Y,Z	-	x	x	x	x	x	x

Querschnitte

Quers. Nr.	Mater. Nr.	I _T [cm ⁴]	I _y [cm ⁴]	I _z [cm ⁴]	Hauptachsen a [°]	Drehung a' [°]	Gesamtabmessungen [mm]	
		A [cm ²]	A _y [cm ²]	A _z [cm ²]			Breite b	Höhe h
1	Rechteck 800/1200 1	9600.0	11520000.0	8000.0	0.00	0.00	800.0	1200.0
2	Rechteck 800/800 1	6400.0	3413333.5	5333.3	0.00	0.00	800.0	800.0

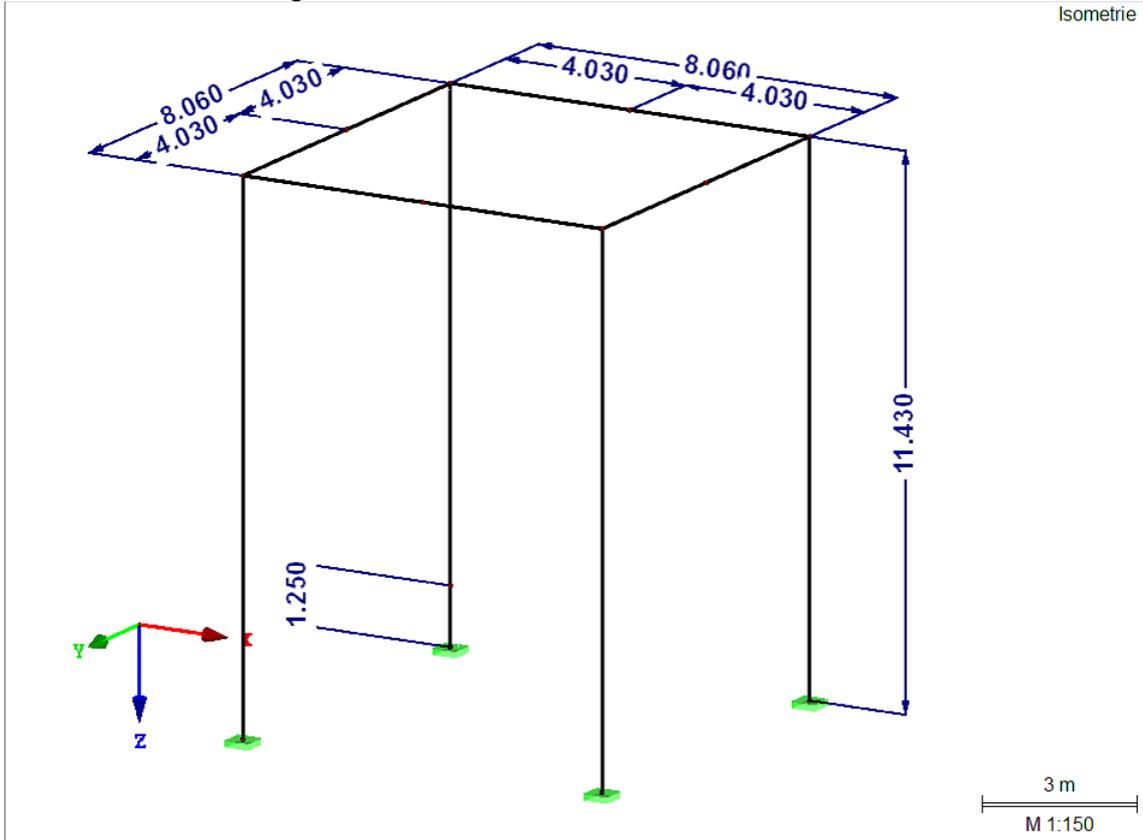
Stäbe

Stab Nr.	Linie Nr.	Stabtyp	Drehung		Querschnitt		Gelenk Nr.		Länge L [m]	
			Typ	b [°]	Anfang	Ende	Anfang	Ende		
1	1	Balkenstab	Winkel	0.00	2	2	-	-	1.250	Z
2	2	Balkenstab	Winkel	0.00	2	2	-	-	11.430	Z
3	3	Balkenstab	Winkel	0.00	2	2	-	-	10.180	Z
4	4	Balkenstab	Winkel	0.00	1	1	-	-	4.030	Y
5	5	Balkenstab	Winkel	0.00	1	1	-	-	4.030	Y
6	6	Balkenstab	Winkel	0.00	1	1	-	-	4.030	X
7	7	Balkenstab	Winkel	0.00	1	1	-	-	4.030	X
8	8	Balkenstab	Winkel	0.00	1	1	-	-	4.030	X
9	9	Balkenstab	Winkel	0.00	1	1	-	-	4.030	X
10	10	Balkenstab	Winkel	0.00	2	2	-	-	11.430	Z
11	11	Balkenstab	Winkel	0.00	2	2	-	-	11.430	Z
12	12	Balkenstab	Winkel	0.00	1	1	-	-	4.030	Y
13	13	Balkenstab	Winkel	0.00	1	1	-	-	4.030	Y

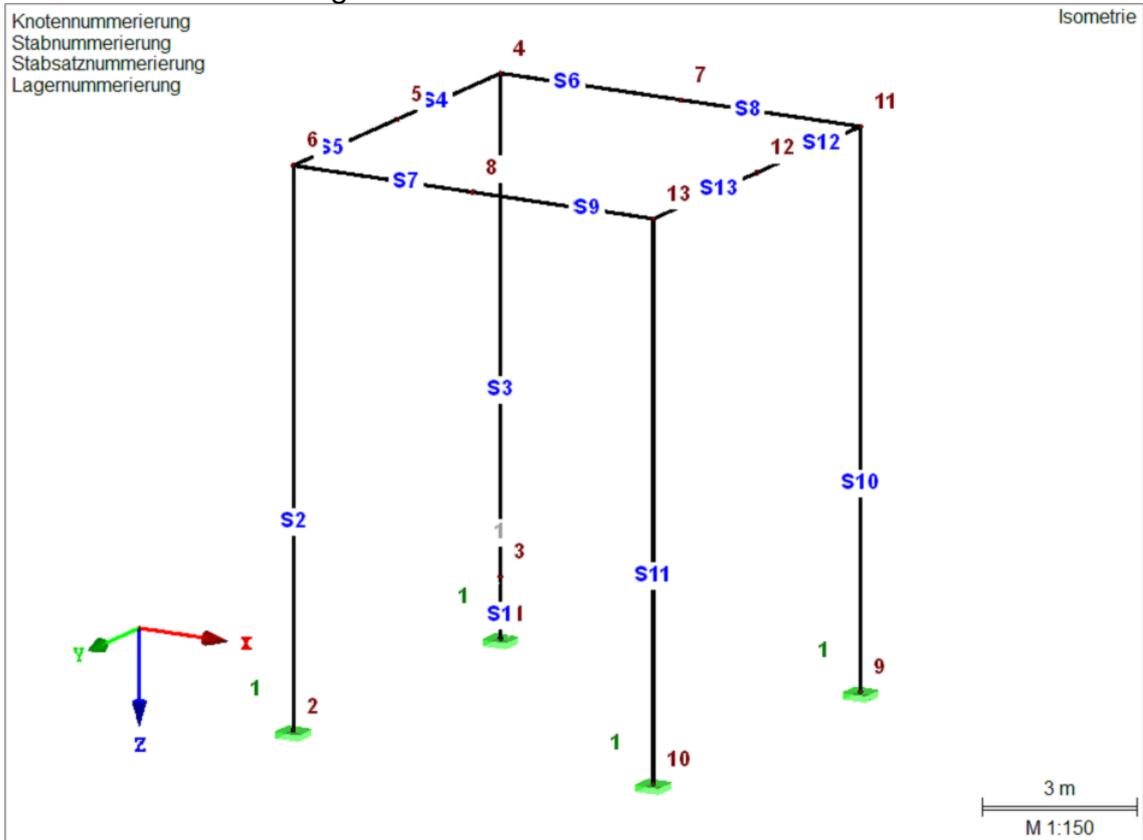
Stabsätze

Satz Nr.	Stabsatz Bezeichnung	Typ	Stab Nr.	Länge [m]	Kommentar
1	Stabzug 1	Stabzug	1,3	11.430	

Modell – Abmessungen



Modell – Nummerierung



Lastfälle

Lastfall	LF-Bezeichnung	EN 1990 DIN Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung			
			Aktiv	X	Y	Z
LF1	EG - Eigengewicht	Ständig	x	0.000	0.000	1.000
LF2	NL - S 01	Nutzlasten - Kategorie E: Lagerräume	-			
LF3	NL - LS 01	Nutzlasten - Kategorie E: Lagerräume	-			
LF4	S - Schnee	Schnee (H £ 1000 m über NN)	-			
LF5	W - Wind 0°	Wind	-			
LF6	W - Wind 90°	Wind	-			
LF7	W - Wind 180°	Wind	-			
LF8	W - Wind 270°	Wind	-			
LF9	W - Wind 45°	Wind	-			
LF10	W - Wind 135°	Wind	-			
LF11	W - Wind 225°	Wind	-			
LF12	W - Wind 315°	Wind	-			
LF13	AE - Erdbeben 0°	Erdbeben	-			
LF14	AE - Erdbeben 90°	Erdbeben	-			
LF15	AE - Erdbeben 180°	Erdbeben	-			
LF16	AE - Erdbeben 270°	Erdbeben	-			
LF17	AE - Erdbeben 45°	Erdbeben	-			
LF18	AE - Erdbeben 135°	Erdbeben	-			
LF19	AE - Erdbeben 225°	Erdbeben	-			
LF20	AE - Erdbeben 315°	Erdbeben	-			
LF21	A - Anprall +X	Außergewöhnlich	-			
LF22	A - Anprall -X	Außergewöhnlich	-			
LF23	A - Anprall +Y	Außergewöhnlich	-			
LF24	A - Anprall -Y	Außergewöhnlich	-			

Einwirkungen

Einwirkung	Einwirkung Bezeichnung	EN 1990 DIN Einwirkungskategorie	Wirkung	Lastfälle in Einwirkung		
E1	Ständig	Ständig	Gleichzeitig	LF1	EG - Eigengewicht	
E2	Nutzlasten	Nutzlasten - Kategorie E: Lagerräume		LF2	NL - S 01	
				LF3	NL - LS 01	
E3	Schnee	Schnee (H £ 1000 m über NN)	Alternativ	LF4	S - Schnee	
E4	Wind	Wind		LF5	W - Wind 0°	
				LF6	W - Wind 90°	
				LF7	W - Wind 180°	
				LF8	W - Wind 270°	
				LF9	W - Wind 45°	
				LF10	W - Wind 135°	
				LF11	W - Wind 225°	
				LF12	W - Wind 315°	
E5	Erdbeben	Erdbeben		Alternativ	LF13	AE - Erdbeben 0°
					LF14	AE - Erdbeben 90°
					LF15	AE - Erdbeben 180°
			LF16		AE - Erdbeben 270°	
			LF17		AE - Erdbeben 45°	
			LF18		AE - Erdbeben 135°	
			LF19		AE - Erdbeben 225°	
			LF20		AE - Erdbeben 315°	
E6	Außergewöhnlich	Außergewöhnlich	Alternativ	LF22	A - Anprall -X	
				LF21	A - Anprall +X	
				LF23	A - Anprall +Y	
				LF24	A - Anprall -Y	

Kombinationsregeln

Kombin. Regel	Bezeichnung	EN 1990 DIN	
		Bemessungssituation	Kombinationsgleichung
KR1	GZT	Grenzzustand der Tragfähigkeit (STR/GEO)	GZT (STR/GEO) - Ständig / Vorübergehend - Gl. 6.10
KR2	GZT - A	Grenzzustand der Tragfähigkeit - Außergewöhnlich	GZT (STR/GEO) - Außergewöhnlich - psi-2,1 - Gl. 6.11e
KR3	GZT - AE	GZT (STR/GEO) - Erdbeben	GZT (STR/GEO) - Erdbeben
KR4	GZG	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit - Quasi-ständig	GZG

Einwirkungskombinationen

Einwirk.-Kombin.	Einwirkungskombination Bezeichnung	EN 1990 DIN Bemessungssituation	Nr.	Faktor	Einwirkung	
EW1	1.35G/s + 1.50QiE/s + 0.75Qs + 0.90Qw	GZT (STR/GEO) - Ständig / Vorübergehend- Gl. 6.10	1	1.35	E1	Ständig
			2	1.50	E2	Nutzlasten
			3	0.75	E3	Schnee
			4	0.90	E4	Wind
EW2	1.35G/s + 1.50QiE + 1.50Qs/s + 0.90Qw	GZT (STR/GEO) - Ständig / Vorübergehend- Gl. 6.10	1	1.35	E1	Ständig
			2	1.50	E2	Nutzlasten
			3	1.50	E3	Schnee
			4	0.90	E4	Wind
EW3	1.35G/s + 1.50QiE + 0.75Qs + 1.50Qw/s	GZT (STR/GEO) - Ständig / Vorübergehend- Gl. 6.10	1	1.35	E1	Ständig
			2	1.50	E2	Nutzlasten
			3	0.75	E3	Schnee
			4	1.50	E4	Wind
EW4	1.00G/s + 0.80QiE + 0.00Qs + 0.00Qw + 1.00A/s	GZT (STR/GEO) - Außergewöhnlich - psi-2,1 - Gl. 6.11e	1	1.00	E1	Ständig
			2	0.80	E2	Nutzlasten
			3	0.00	E3	Schnee
			4	0.00	E4	Wind
			5	1.00	E6	Außergewöhnlich
EW5	1.00G/s + 0.80QiE + 0.00Qs + 0.00Qw + 1.00AE/s	GZT (STR/GEO) - Erdbeben	1	1.00	E1	Ständig
			2	0.80	E2	Nutzlasten
			3	0.00	E3	Schnee
			4	0.00	E4	Wind
			5	1.00	E5	Erdbeben
EW6	1.00G/s + 0.80QiE + 0.00Qs + 0.00Qw	GZG - Quasi-ständig	1	1.00	E1	Ständig
			2	0.80	E2	Nutzlasten
			3	0.00	E3	Schnee
			4	0.00	E4	Wind

Ergebniskombinationen

Ergebn.-kombin.	Bezeichnung	Belastung
EK1	1.00*LF1/s	LF1/s
EK2	1.00*LF2 + 1.00*LF3	LF2 + LF3
EK3	1.00*LF4	LF4
EK4	1.00*LF5 oder 1.00*LF6 oder 1.00*LF7 oder 1.00*LF8 oder 1.00*LF9 oder 1.00*LF10 oder 1.00*LF11 oder 1.00*LF12	LF5 oder bis LF12
EK5		EK1/s + 0.8*EK2 + 0*EK3 + 0*EK4 + EK9/s
EK6	1.00*LF5 oder 1.00*LF6 oder 1.00*LF7 oder 1.00*LF8 oder 1.00*LF9 oder 1.00*LF10 oder 1.00*LF11 oder 1.00*LF12	LF5 oder bis LF12
EK7	1.00*LF13 oder 1.00*LF14 oder 1.00*LF15 oder 1.00*LF16 oder 1.00*LF17 oder 1.00*LF18 oder 1.00*LF19 oder 1.00*LF20	LF13 oder bis LF20
EK8	1.00*LF5 oder 1.00*LF6 oder 1.00*LF7 oder 1.00*LF8 oder 1.00*LF9 oder 1.00*LF10 oder 1.00*LF11 oder 1.00*LF12	LF5 oder bis LF12
EK9	1.00*LF21 oder 1.00*LF22 oder 1.00*LF23 oder 1.00*LF24	LF21 oder bis LF24
EK10		EK1/s + 0.8*EK2 + 0*EK3 + 0*EK6 + EK7/s
EK11		EK1/s + 0.8*EK2 + 0*EK3 + 0*EK8
EK12		1.35*LF1/s + 1.5*LF2 + 1.5*LF3 + 0.75*LF4 + 0.9*LF5 oder bis LF12
EK13		1.35*LF1/s + 1.5*LF2 + 1.5*LF3 + 1.5*LF4 + 0.9*LF5 oder bis LF12
EK14		1.35*LF1/s + 1.5*LF2 + 1.5*LF3 + 0.75*LF4 + 1.5*LF5 oder bis LF12
EK15	GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10	EK12/s oder bis EK14
EK16	GZT (STR/GEO) - Außergewöhnlich - psi-2,1 - Gl. 6.11e	EK5/s
EK17	GZT (STR/GEO) - Erdbeben	EK10/s
EK18	GZG - Quasi-ständig	EK11/s

Einwirkungen/ Lastfälle

E 1: Ständig

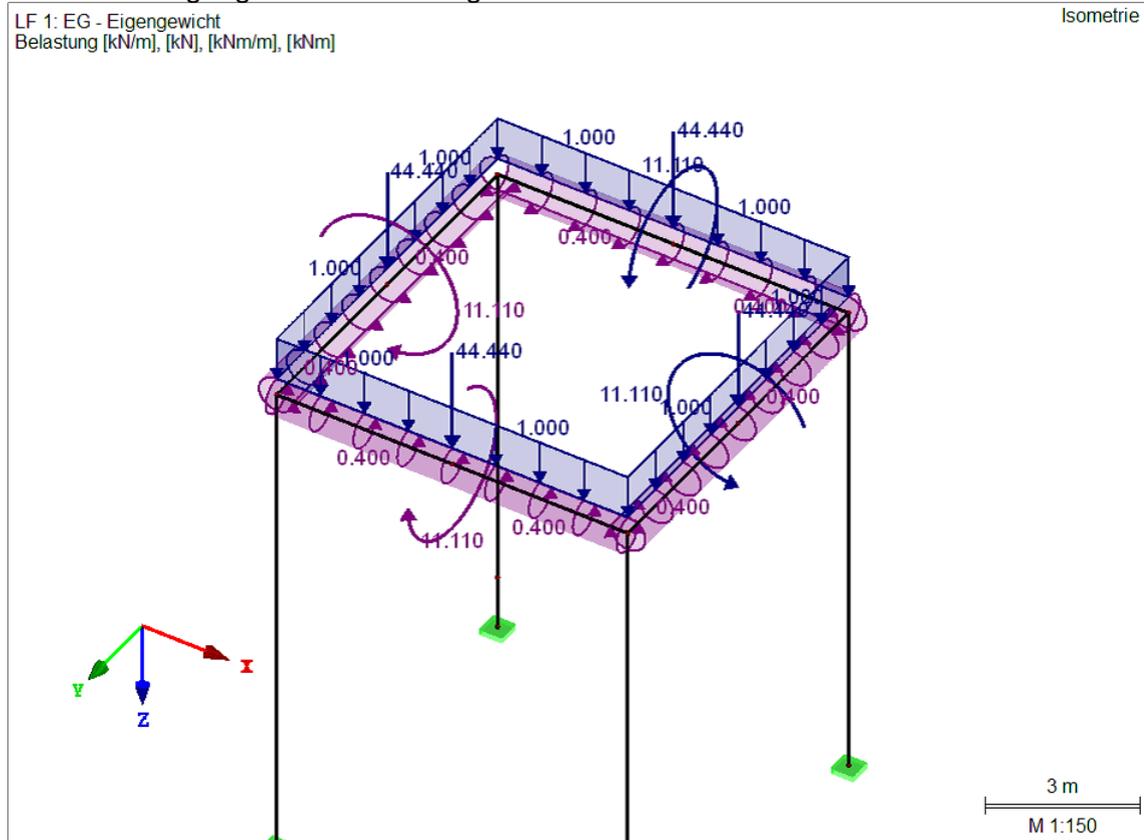
LF 1: EG – Eigengewicht: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten- system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
1	12	0 Globales XYZ	0.000	0.000	44.440	0.000	11.110	0.000
2	8	0 Globales XYZ	0.000	0.000	44.440	-11.110	0.000	0.000
3	5	0 Globales XYZ	0.000	0.000	44.440	0.000	-11.110	0.000
4	7	0 Globales XYZ	0.000	0.000	44.440	11.110	0.000	0.000

LF 1: EG – Eigengewicht: Stablasten

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last- Art	Last- verteilung	Last- Richtung	Bezugs- Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	4-9,13	Kraft	Konstant	ZL	Wahre Länge	p	1.000	kN/m
2	Stäbe	4-9,12,13	Moment	Konstant	x	Wahre Länge	m	-0.400	kNm/m
4	Stäbe	12	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	1.000	kN/m

LF 1: EG – Eigengewicht: Belastung

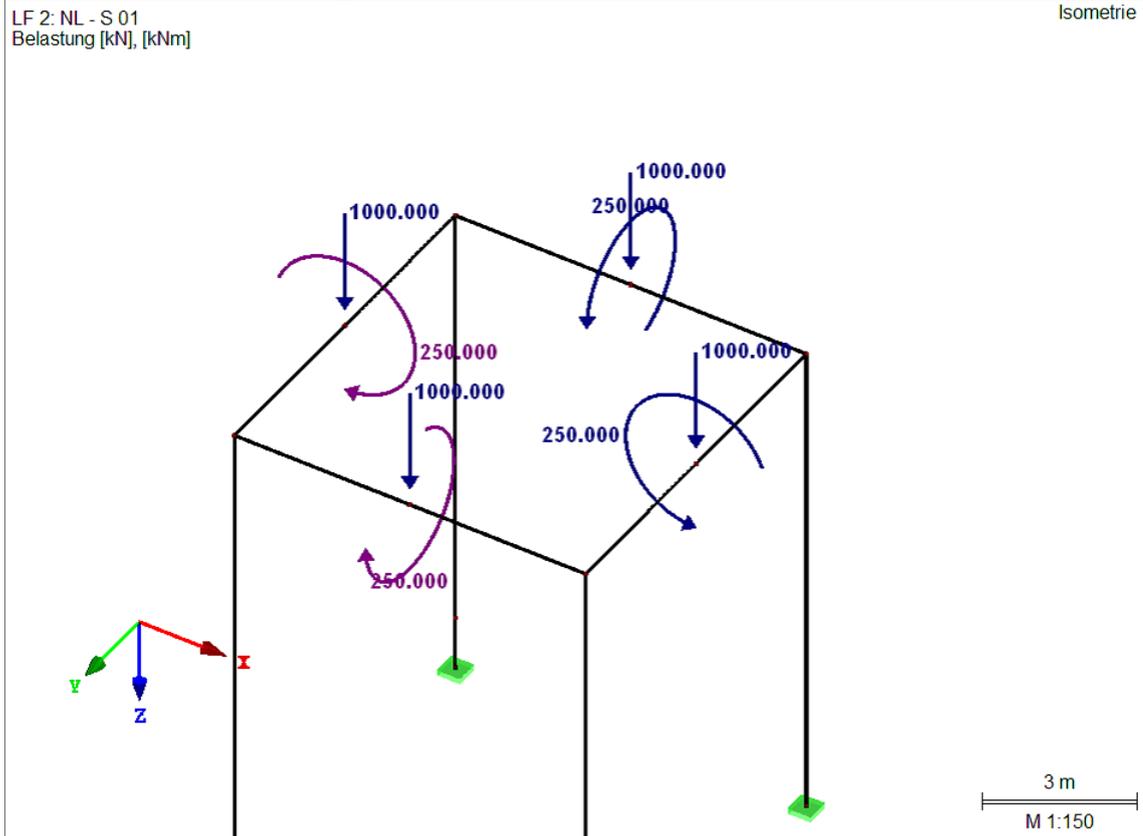


E 2: Nutzlasten

LF 2: NL – S01: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_u	P_y / P_v	P_z / P_w	M_x / M_u	M_y / M_v	M_z / M_w
1	12	0 Globales XYZ	0.000	0.000	1000.000	0.000	250.000	0.000
2	5	0 Globales XYZ	0.000	0.000	1000.000	0.000	-250.000	0.000
3	7	0 Globales XYZ	0.000	0.000	1000.000	250.000	0.000	0.000
4	8	0 Globales XYZ	0.000	0.000	1000.000	-250.000	0.000	0.000

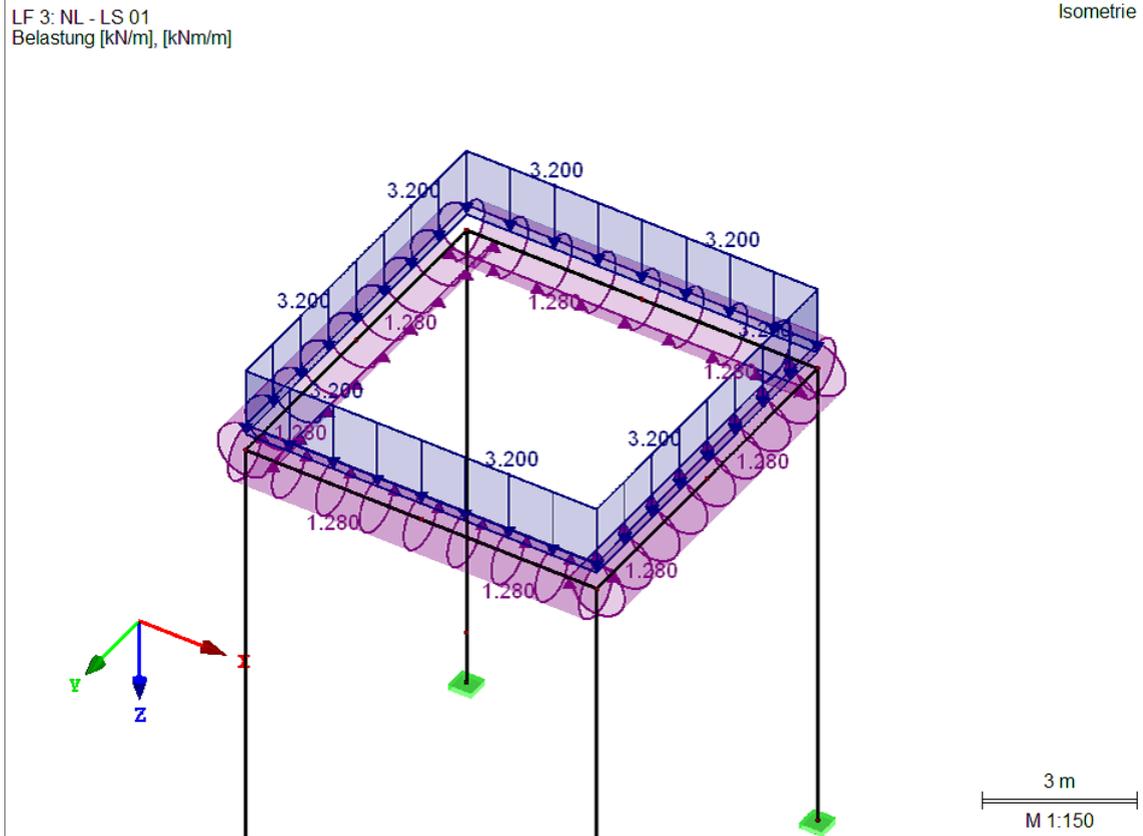
LF 2: NL – S01: Belastung



LF 3: NL – LS01: Stablasten

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	4-9,12,13	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	3.200	kN/m
2	Stäbe	12,13	Moment	Konstant	x	Wahre Länge	m	-1.280	kNm/m
3	Stäbe	5	Moment	Konstant	x	Wahre Länge	m	-1.280	kNm/m
4	Stäbe	4,6,7,9	Moment	Konstant	x	Wahre Länge	m	-1.280	kNm/m
5	Stäbe	8	Moment	Konstant	x	Wahre Länge	m	-1.280	kNm/m

LF 3: NL – LS01: Belastung



E 3: Schnee

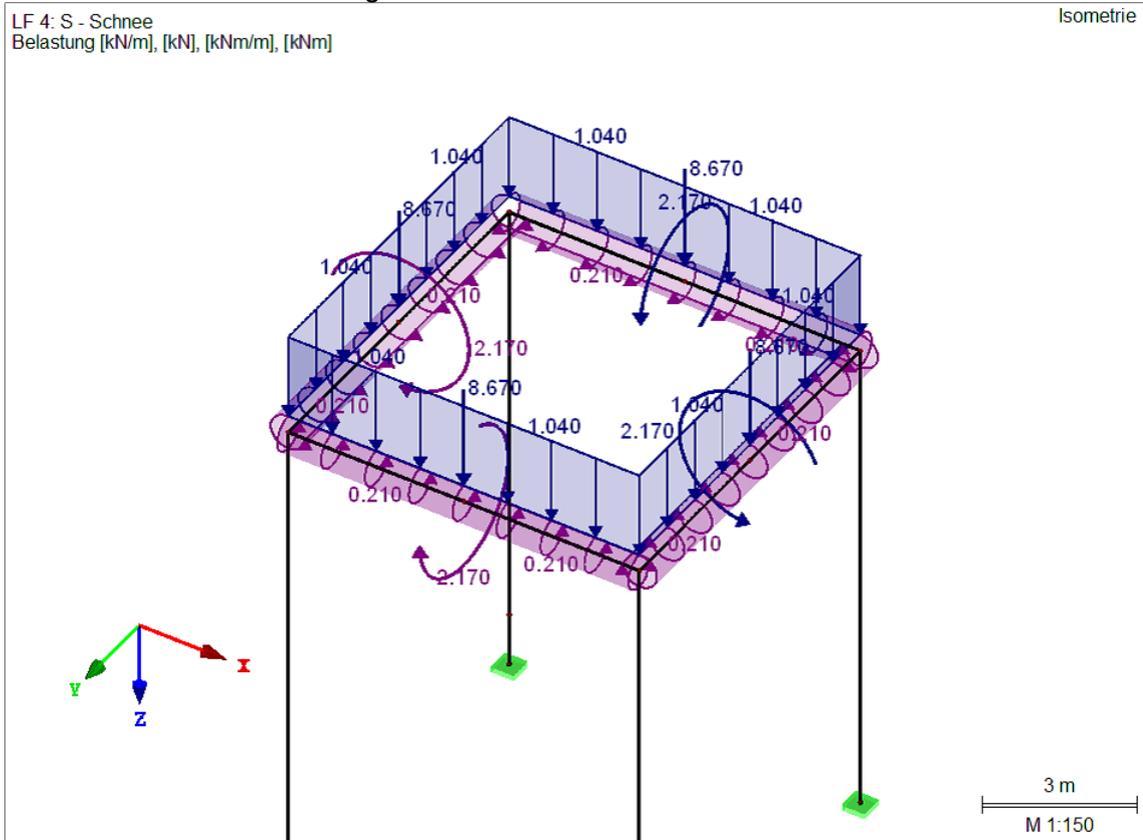
LF 4: S – Schnee: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_u	P_y / P_v	P_z / P_w	M_x / M_u	M_y / M_v	M_z / M_w
1	7	0 Globales XYZ	0.000	0.000	8.670	2.170	0.000	0.000
2	8	0 Globales XYZ	0.000	0.000	8.670	-2.170	0.000	0.000
3	5	0 Globales XYZ	0.000	0.000	8.670	0.000	-2.170	0.000
4	12	0 Globales XYZ	0.000	0.000	8.670	0.000	2.170	0.000

LF 4: S – Schnee: Stablasten

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	4-9,12,13	Kraft	Konstant	z	Wahre Länge	p	1.040	kN/m
2	Stäbe	6-9	Moment	Konstant	x	Wahre Länge	m	-0.210	kNm/m
3	Stäbe	4,5,12,13	Moment	Konstant	x	Wahre Länge	m	-0.210	kNm/m

LF 4: S – Schnee: Belastung



E 4: Wind

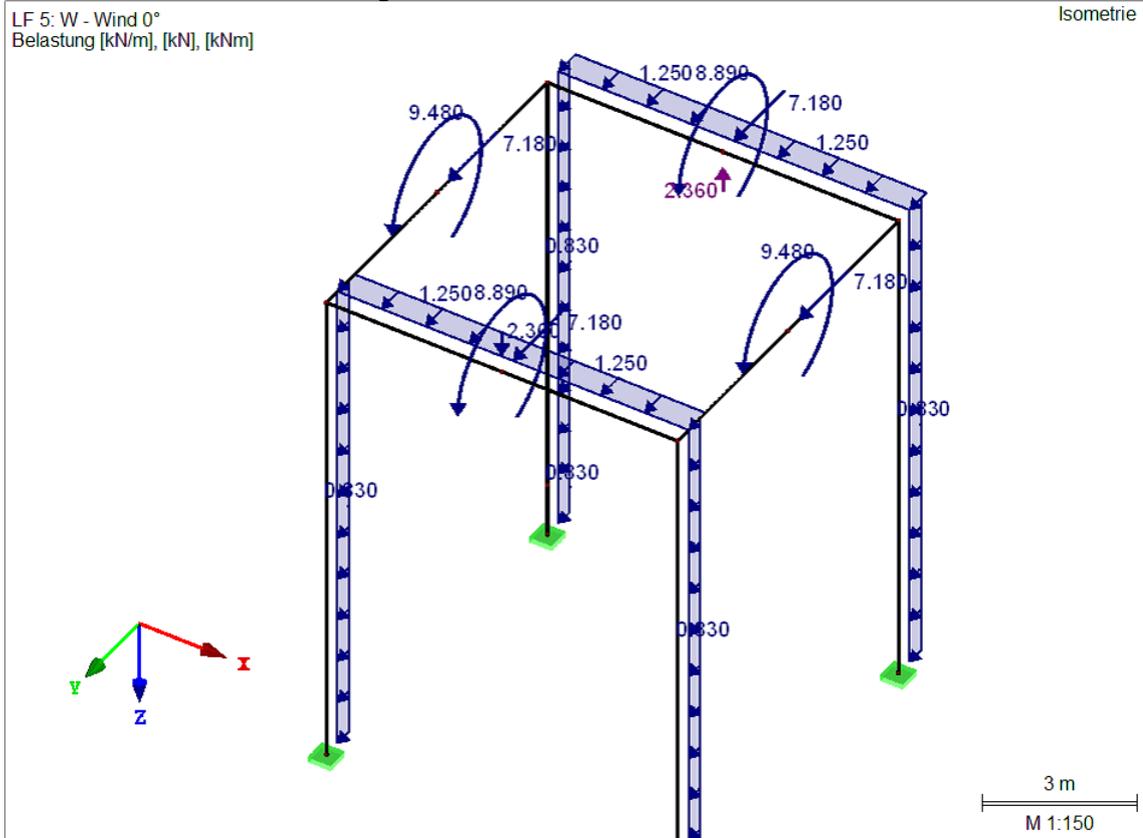
LF 5: W – Wind 0°: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_u	P_y / P_v	P_z / P_w	M_x / M_u	M_y / M_v	M_z / M_w
1	7	0 Globales XYZ	0.000	7.180	-2.360	8.890	0.000	0.000
2	8	0 Globales XYZ	0.000	7.180	2.360	8.890	0.000	0.000
3	5,12	0 Globales XYZ	0.000	7.180	0.000	9.480	0.000	0.000

LF 5: W – Wind 0°: Stablasten

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	6-9	Kraft	Konstant	YL	Wahre Länge	p	1.250	kN/m
2	Stäbe	1-3,10,11	Kraft	Konstant	YL	Wahre Länge	p	0.830	kN/m

LF 5: W – Wind 0°: Belastung



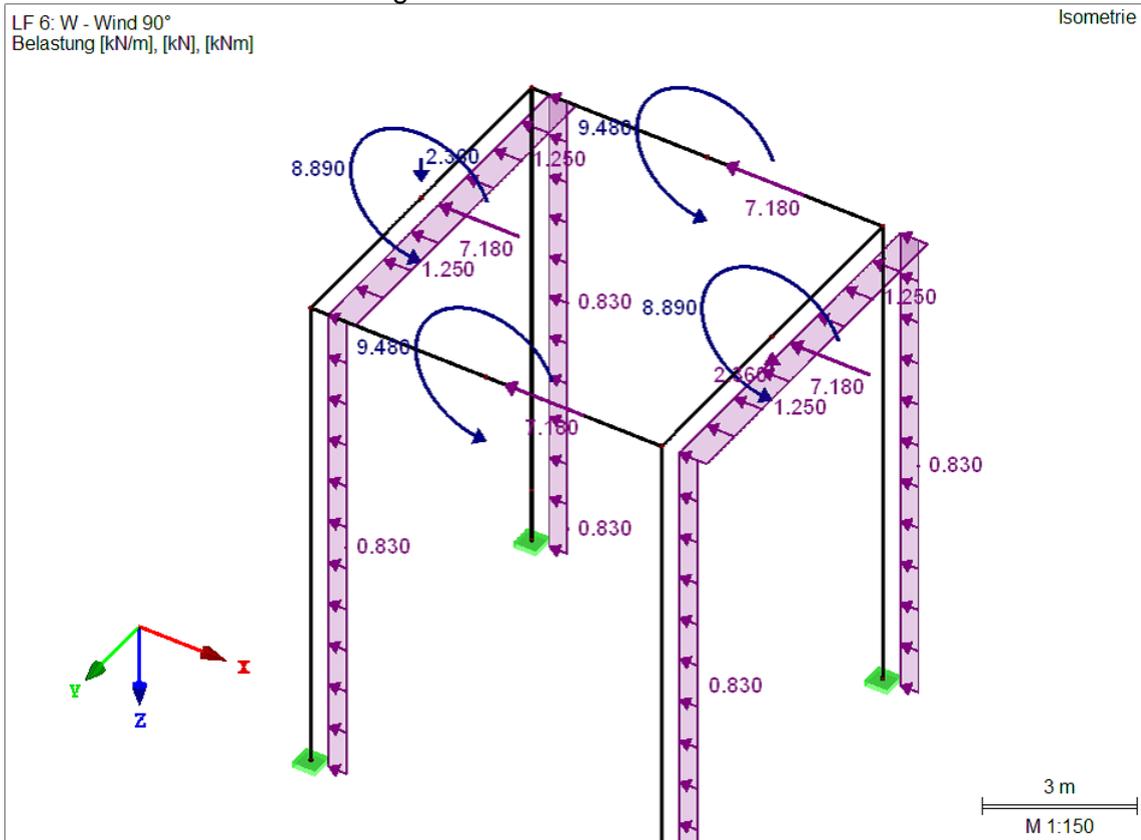
LF 6: W – Wind 90°: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
1	7,8	0 Globales XYZ	-7.180	0.000	0.000	0.000	9.480	0.000
2	5	0 Globales XYZ	-7.180	0.000	2.360	0.000	8.890	0.000
3	12	0 Globales XYZ	-7.180	0.000	-2.360	0.000	8.890	0.000

LF 6: W – Wind 90°: Stablasten

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	1-3,10,11	Kraft	Konstant	XL	Wahre Länge	p	-0.830	kN/m
2	Stäbe	4,5,12,13	Kraft	Konstant	XL	Wahre Länge	p	-1.250	kN/m

LF 6: W – Wind 90°: Belastung



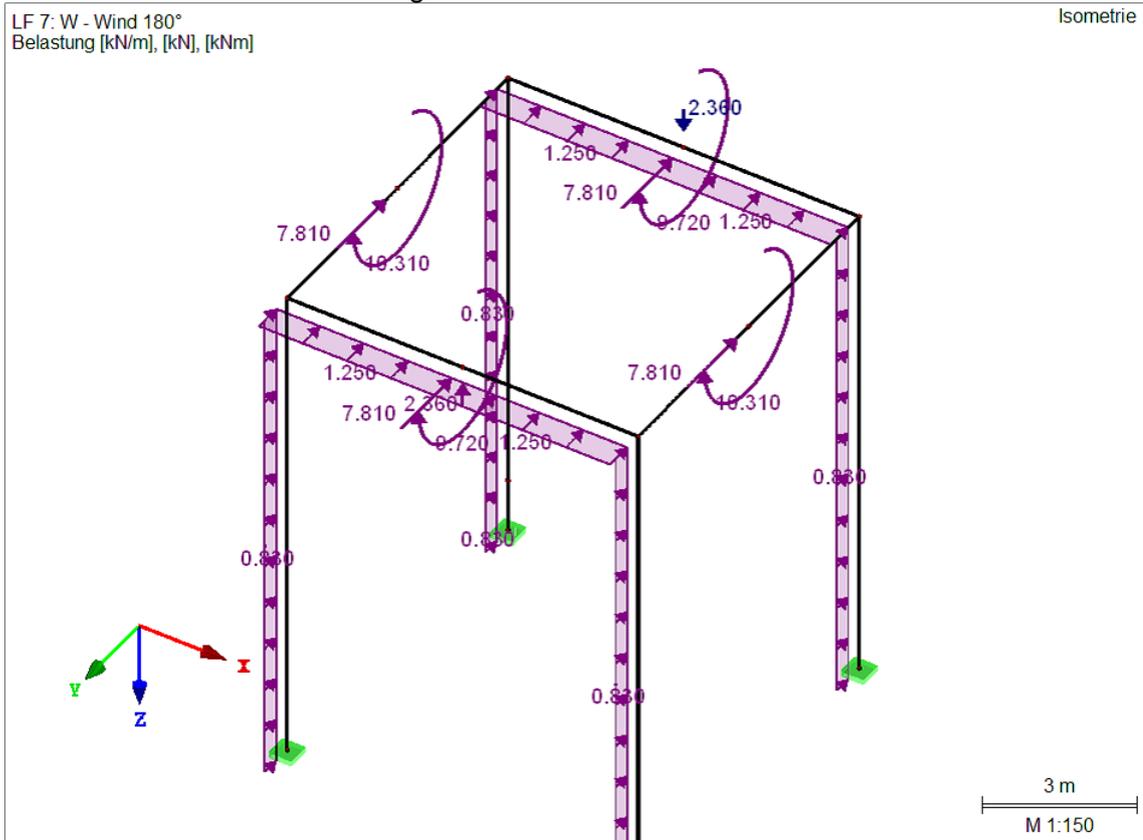
LF 7: W – Wind 180°: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
1	5,12	0 Globales XYZ	0.000	-7.810	0.000	-10.310	0.000	0.000
2	7	0 Globales XYZ	0.000	-7.810	2.360	-9.720	0.000	0.000
3	8	0 Globales XYZ	0.000	-7.810	-2.360	-9.720	0.000	0.000

LF 7: W – Wind 180°: Stablasten

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	6-9	Kraft	Konstant	YL	Wahre Länge	p	-1.250	kN/m
2	Stäbe	1-3,10,11	Kraft	Konstant	YL	Wahre Länge	p	-0.830	kN/m

LF 7: W – Wind 180°: Belastung



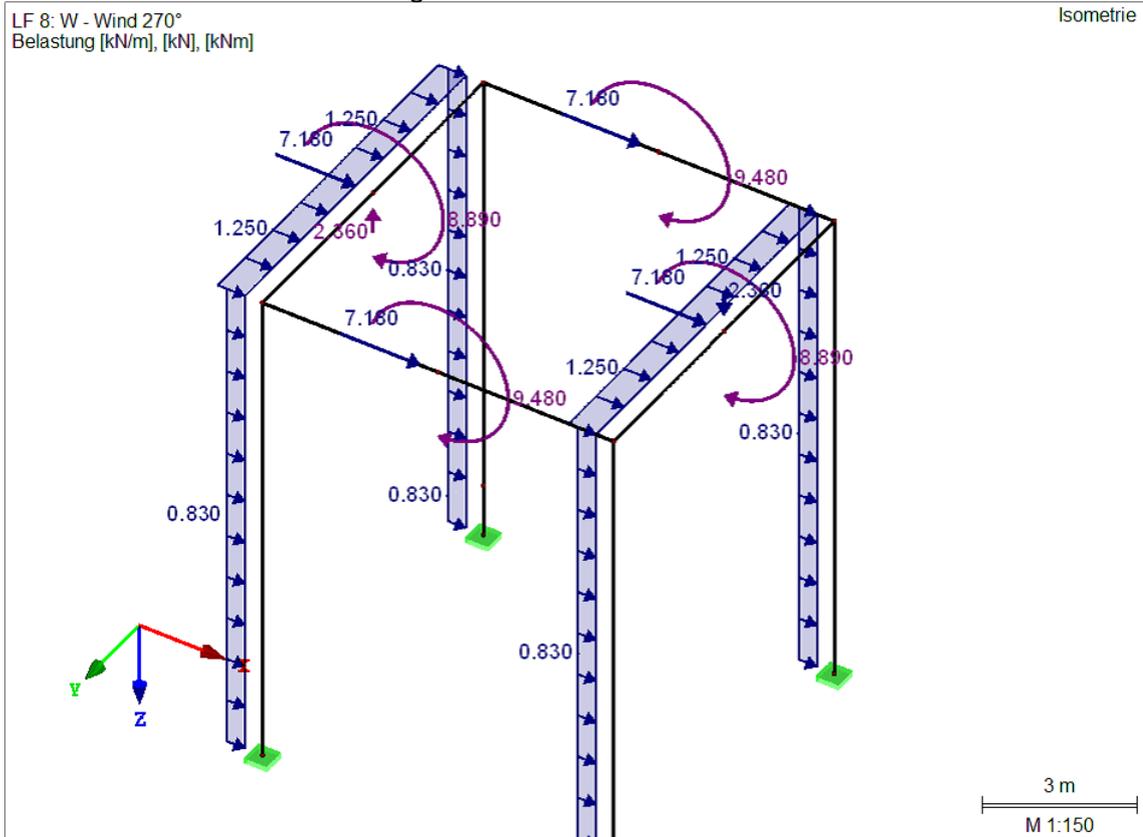
LF 8: W – Wind 270°: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
1	7	0 Globales XYZ	7.180	0.000	0.000	0.000	-9.480	0.000
2	8	0 Globales XYZ	7.180	0.000	0.000	0.000	-9.480	0.000
3	12	0 Globales XYZ	7.180	0.000	2.360	0.000	-8.890	0.000
4	5	0 Globales XYZ	7.180	0.000	-2.360	0.000	-8.890	0.000

LF 8: W – Wind 270°: Stablasten

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	1-3,10,11	Kraft	Konstant	XL	Wahre Länge	p	0.830	kN/m
2	Stäbe	4,5,12,13	Kraft	Konstant	XL	Wahre Länge	p	1.250	kN/m

LF 8: W – Wind 270°: Belastung



LF 9: W – Wind 45°: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinatensystem	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
5	5	0 Globales XYZ	-5.080	5.080	1.180	6.710	6.410	0.000
6	8	0 Globales XYZ	-5.080	5.080	1.180	6.410	6.710	0.000
7	7	0 Globales XYZ	-5.080	5.080	-1.180	6.410	6.710	0.000
8	12	0 Globales XYZ	-5.080	5.080	-1.180	6.710	6.410	0.000

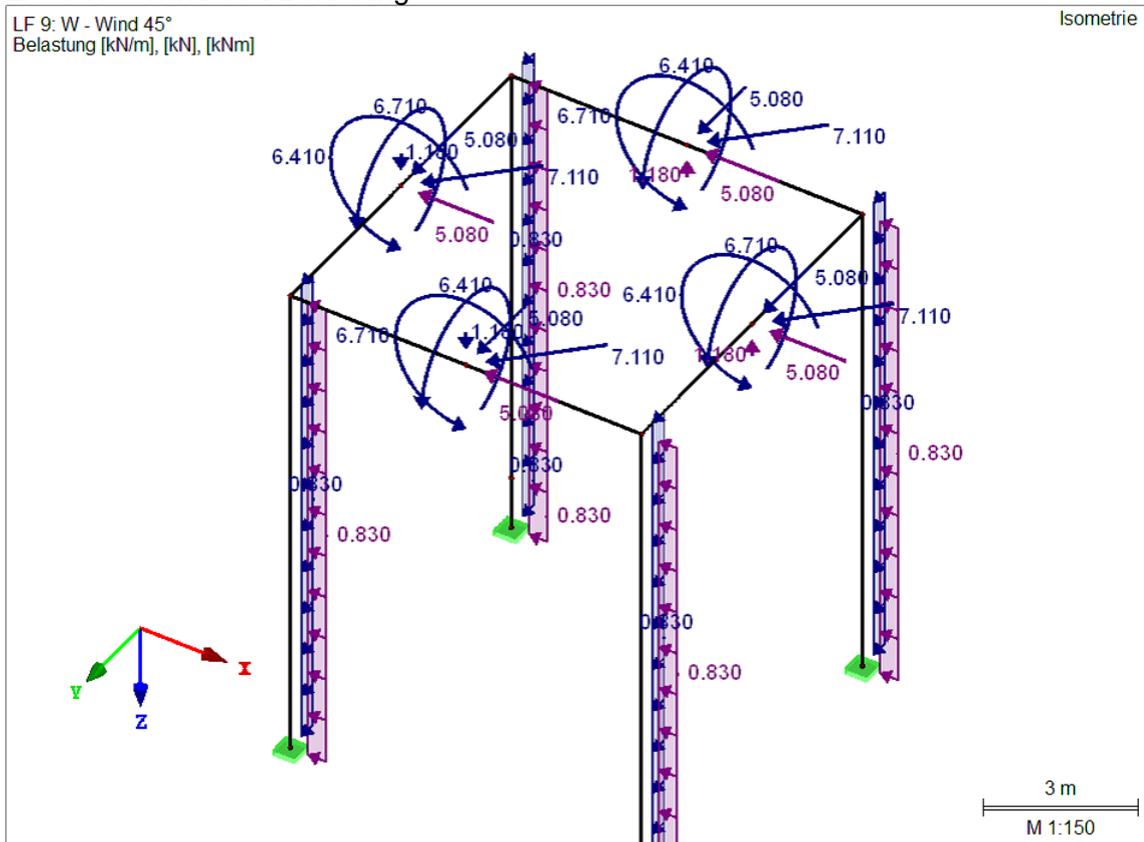
LF 9: W – Wind 45°: Knotenlasten – Richtungsweise – gedreht

Nr.	An Knoten Nr.	Richtungstyp:	Kraft P [kN]	Moment M [kNm]	Folge	Verdrehung [°]		
						um X	um Y	um Z
1	5,7,8,12	Gedreht	7.110	0.000	XYZ	90.00	225.00	0.00

LF 9: W – Wind 45°: Stablasten

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Lastverteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	1-3,10,11	Kraft	Konstant	XP	Projizierte Länge	p	-0.830	kN/m
2	Stäbe	1-3,10,11	Kraft	Konstant	YP	Projizierte Länge	p	0.830	kN/m

LF 9: W – Wind 45°: Belastung



LF 10: W – Wind 135°: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinatensystem	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
1	7	0 Globales XYZ	-5.080	-5.080	1.180	-6.410	6.710	0.000
2	5	0 Globales XYZ	-5.080	-5.080	1.180	-6.710	6.410	0.000
3	8	0 Globales XYZ	-5.080	-5.080	-1.180	-6.410	6.710	0.000
4	12	0 Globales XYZ	-5.080	-5.080	-1.180	-6.710	6.410	0.000

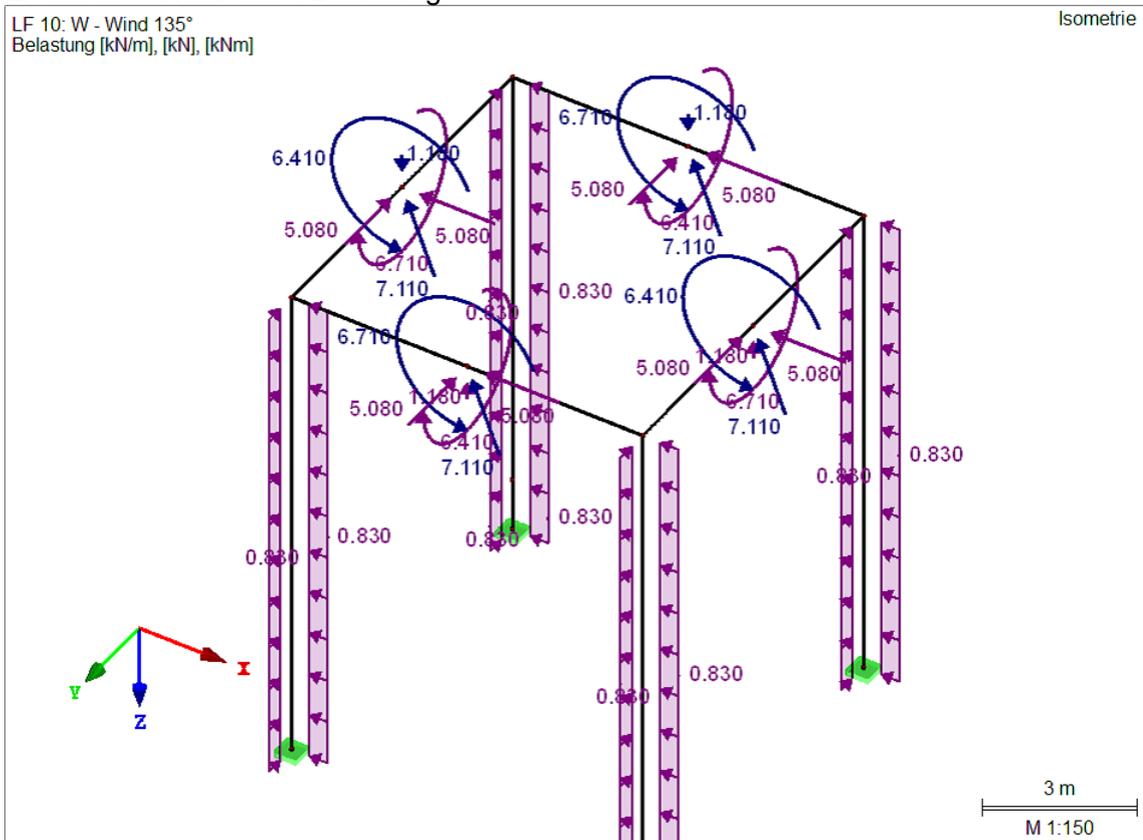
LF 10: W – Wind 135°: Knotenlasten – Richtungsweise – gedreht

Nr.	An Knoten Nr.	Richtungstyp:	Kraft P [kN]	Moment M [kNm]	Folge	Verdrehung [°]		
						um X	um Y	um Z
5	5,7,8,12	Gedreht	7.110	0.000	XYZ	90.00	315.00	0.00

LF 10: W – Wind 135°: Stablasten

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Lastverteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	1-3,10,11	Kraft	Konstant	XL	Wahre Länge	p	-0.830	kN/m
2	Stäbe	1-3,10,11	Kraft	Konstant	YL	Wahre Länge	p	-0.830	kN/m

LF 10: W – Wind 135°: Belastung



LF 11: W – Wind 225°: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
2	5	0 Globales XYZ	5.080	-5.080	-1.180	-6.710	-6.410	0.000
3	8	0 Globales XYZ	5.080	-5.080	-1.180	-6.410	-6.710	0.000
4	12	0 Globales XYZ	5.080	-5.080	1.180	-6.710	-6.410	0.000
5	7	0 Globales XYZ	5.080	-5.080	1.180	-6.410	-6.710	0.000

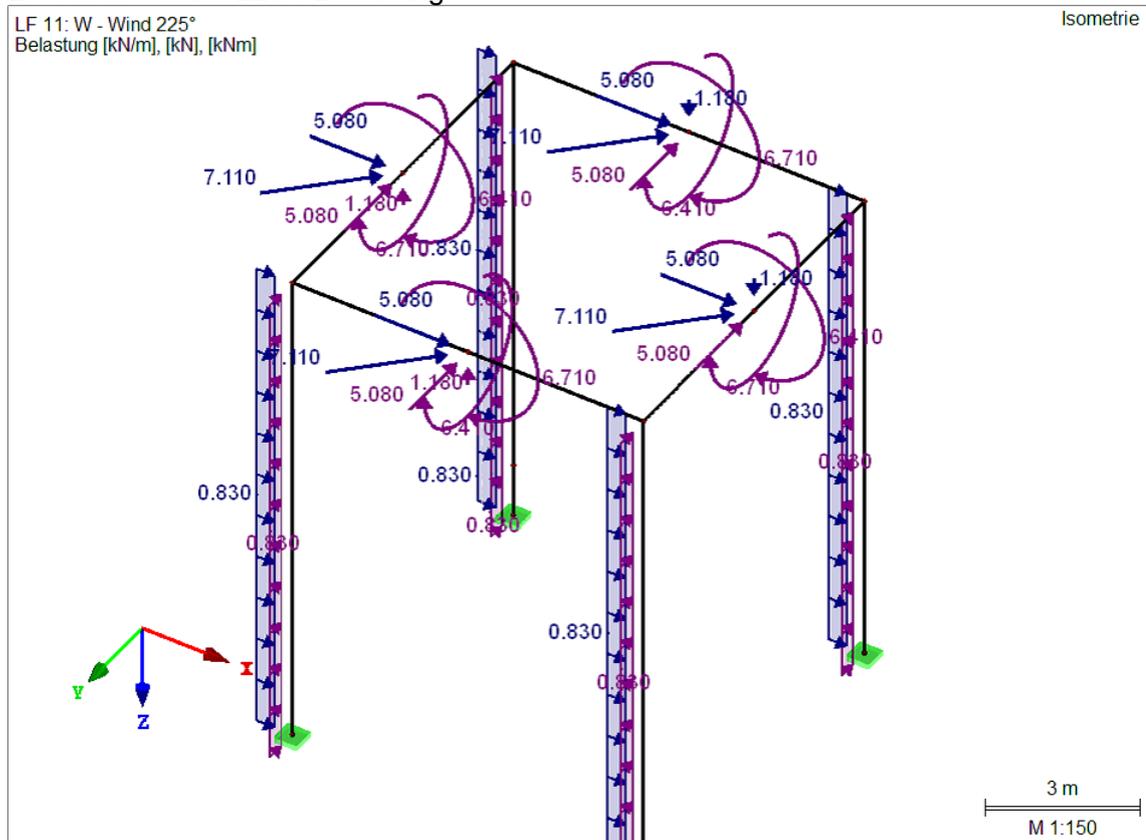
LF 11: W – Wind 225°: Knotenlasten – Richtungsweise – gedreht

Nr.	An Knoten Nr.	Richtungs-typ:	Kraft P [kN]	Moment M [kNm]	Folge	Verdrehung [°]		
						um X	um Y	um Z
1	5,7,8,12	Gedreht	7.110	0.000	XYZ	90.00	45.00	0.00

LF 11: W – Wind 225°: Stablasten

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	1-3,10,11	Kraft	Konstant	YL	Wahre Länge	p	-0.830	kN/m
2	Stäbe	1-3,10,11	Kraft	Konstant	XL	Wahre Länge	p	0.830	kN/m

LF 11: W – Wind 225°: Belastung



LF 12: W – Wind 315°: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinatensystem	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
2	7	0 Globales XYZ	5.080	5.080	-1.180	6.410	-6.710	0.000
3	8	0 Globales XYZ	5.080	5.080	1.180	6.410	-6.710	0.000
4	5	0 Globales XYZ	5.080	5.080	-1.180	6.710	-6.410	0.000
5	12	0 Globales XYZ	5.080	5.080	1.180	6.710	-6.410	0.000

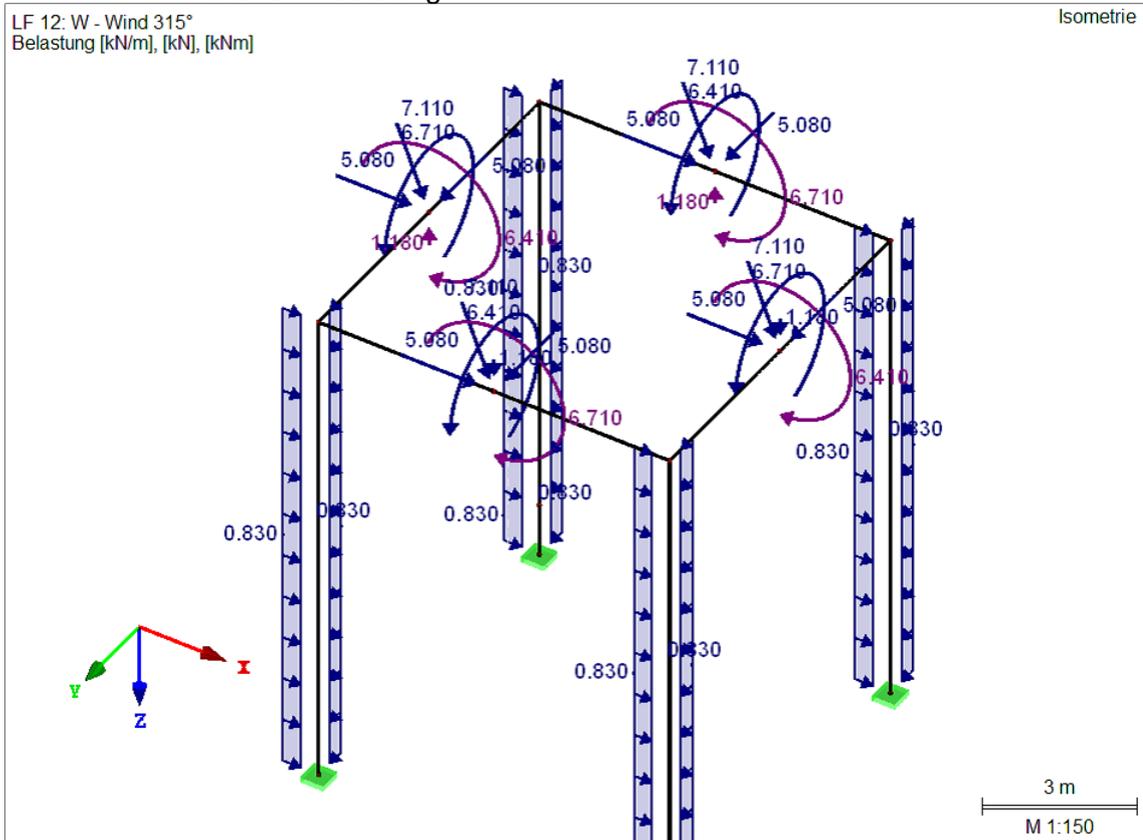
LF 12: W – Wind 315°: Knotenlasten – Richtungsweise – gedreht

Nr.	An Knoten Nr.	Richtungstyp:	Kraft P [kN]	Moment M [kNm]	Folge	Verdrehung [°]		
						um X	um Y	um Z
1	5,7,8,12	Gedreht	7.110	0.000	XYZ	90.00	135.00	0.00

LF 12: W – Wind 315°: Stablasten

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Lastverteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	1-3,10,11	Kraft	Konstant	y	Wahre Länge	p	0.830	kN/m
2	Stäbe	1-3,10,11	Kraft	Konstant	XP	Projizierte Länge	p	0.830	kN/m

LF 12: W – Wind 315°: Belastung

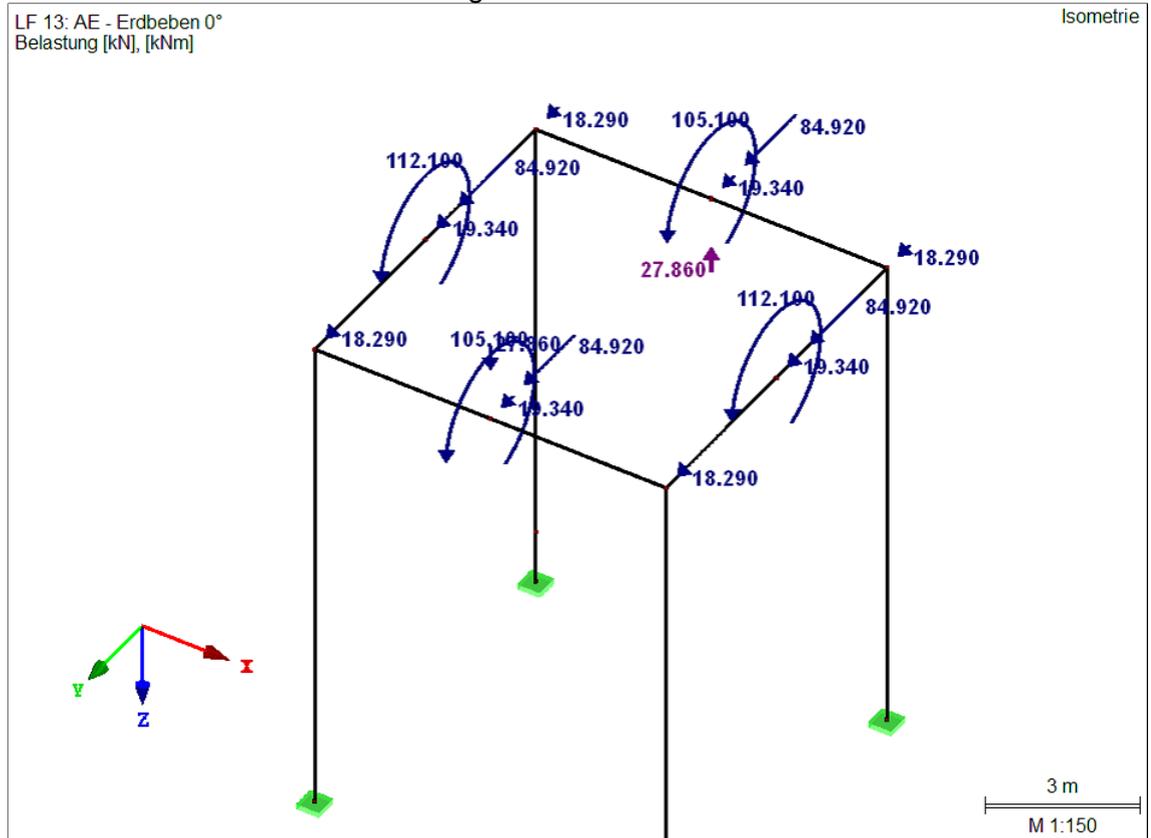


E 5: Erdbeben

LF 13: AE – Erdbeben 0°: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_u	P_y / P_v	P_z / P_w	M_x / M_u	M_y / M_v	M_z / M_w
1	5,7,8,12	0 Globales XYZ	0.000	19.340	0.000	0.000	0.000	0.000
2	4,6,11,13	0 Globales XYZ	0.000	18.290	0.000	0.000	0.000	0.000
3	5,12	0 Globales XYZ	0.000	84.920	0.000	112.100	0.000	0.000
4	7	0 Globales XYZ	0.000	84.920	-27.860	105.100	0.000	0.000
5	8	0 Globales XYZ	0.000	84.920	27.860	105.100	0.000	0.000

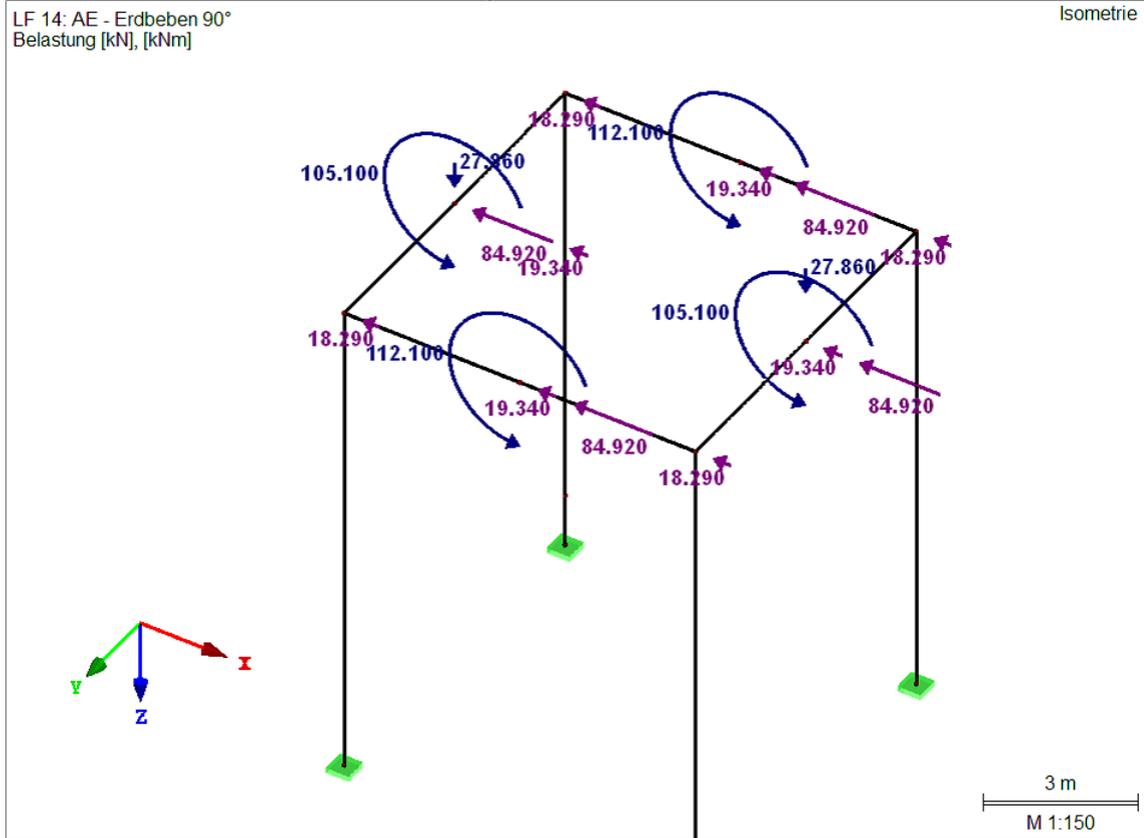
LF 13: AE – Erdbeben 0°: Belastung



LF 14: AE – Erdbeben 90°: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
1	5	0 Globales XYZ	-84.920	0.000	27.860	0.000	105.100	0.000
2	4,6,11,13	0 Globales XYZ	-18.290	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	5,7,8,12	0 Globales XYZ	-19.340	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	12	0 Globales XYZ	-84.920	0.000	27.860	0.000	105.100	0.000
5	7,8	0 Globales XYZ	-84.920	0.000	0.000	0.000	112.100	0.000

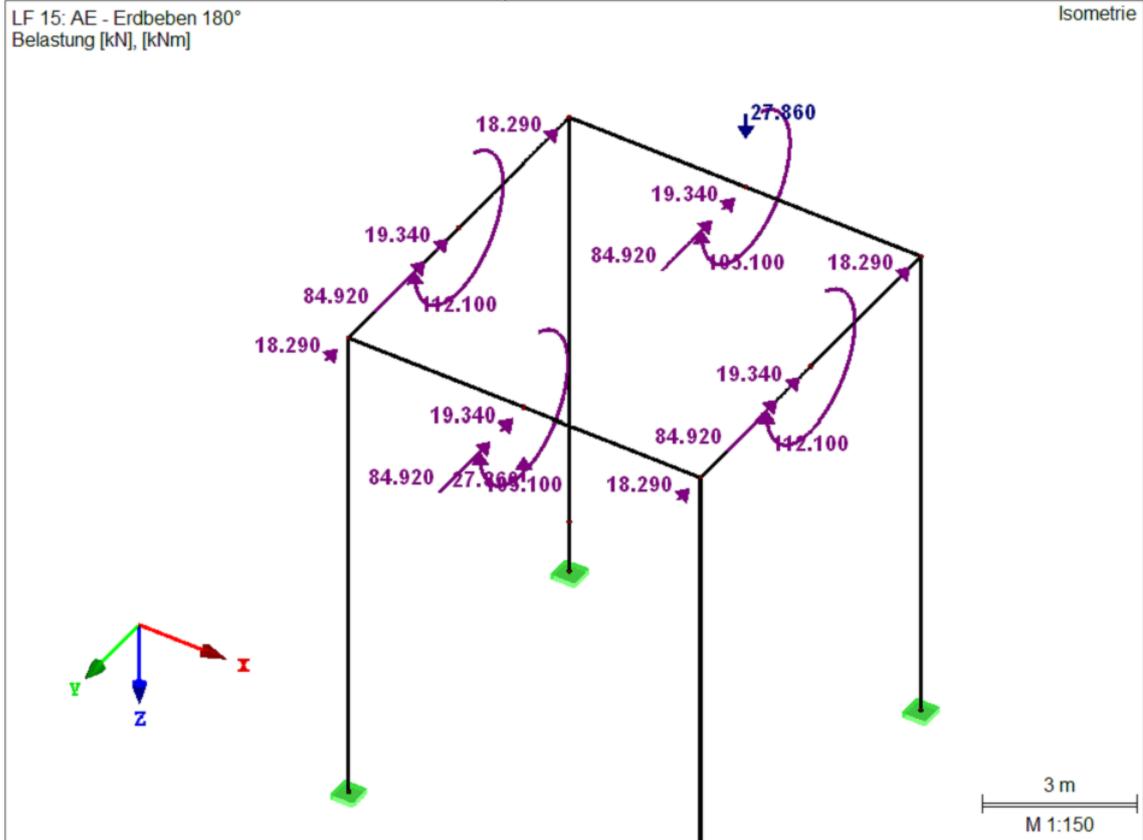
LF 14: AE – Erdbeben 90°: Belastung



LF 15: AE – Erdbeben 180°: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
1	4,6,11,13	0 Globales XYZ	0.000	-18.290	0.000	0.000	0.000	0.000
2	5,7,8,12	0 Globales XYZ	0.000	-19.340	0.000	0.000	0.000	0.000
3	8	0 Globales XYZ	0.000	-84.920	-27.860	-105.100	0.000	0.000
4	7	0 Globales XYZ	0.000	-84.920	27.860	-105.100	0.000	0.000
5	5,12	0 Globales XYZ	0.000	-84.920	0.000	-112.100	0.000	0.000

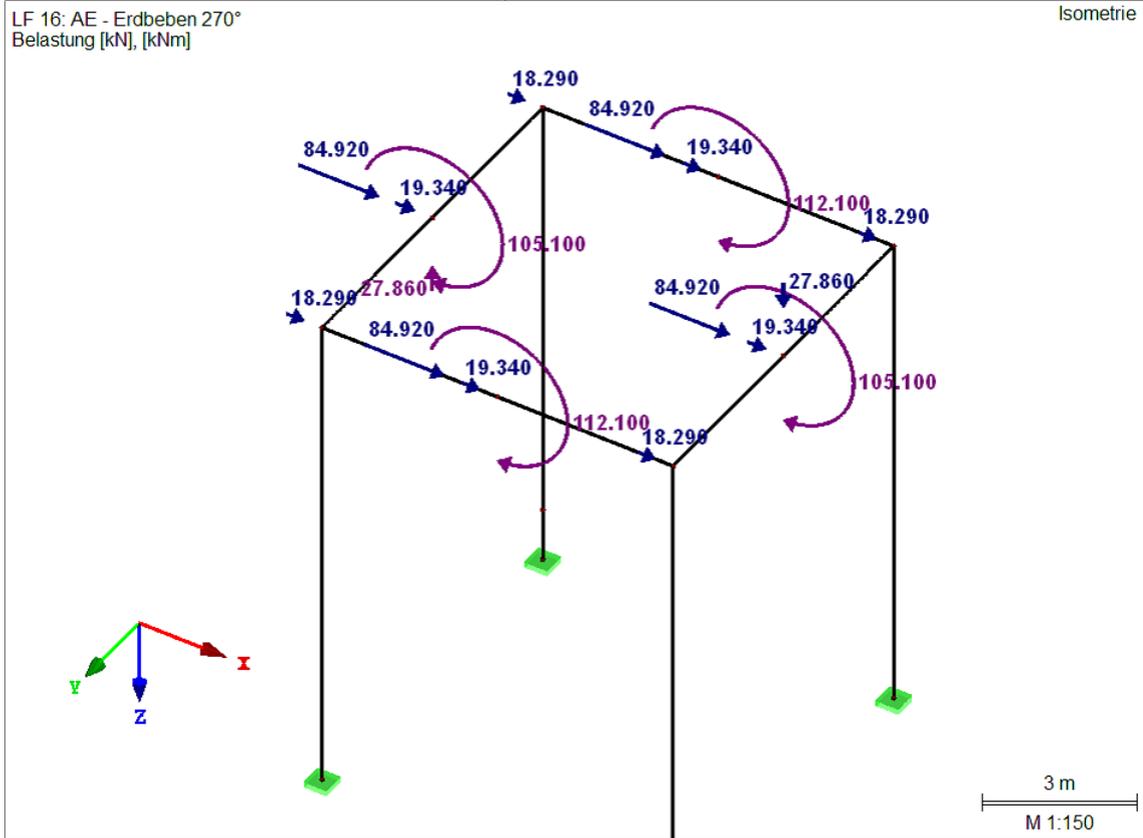
LF 15: AE – Erdbeben 180°: Belastung



LF 16: AE – Erdbeben 270°: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
1	4,6,11,13	0 Globales XYZ	18.290	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	5,7,8,12	0 Globales XYZ	19.340	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	7,8	0 Globales XYZ	84.920	0.000	0.000	0.000	-112.100	0.000
4	5	0 Globales XYZ	84.920	0.000	-27.860	0.000	-105.100	0.000
5	12	0 Globales XYZ	84.920	0.000	27.860	0.000	-105.100	0.000

LF 16: AE – Erdbeben 270°: Belastung



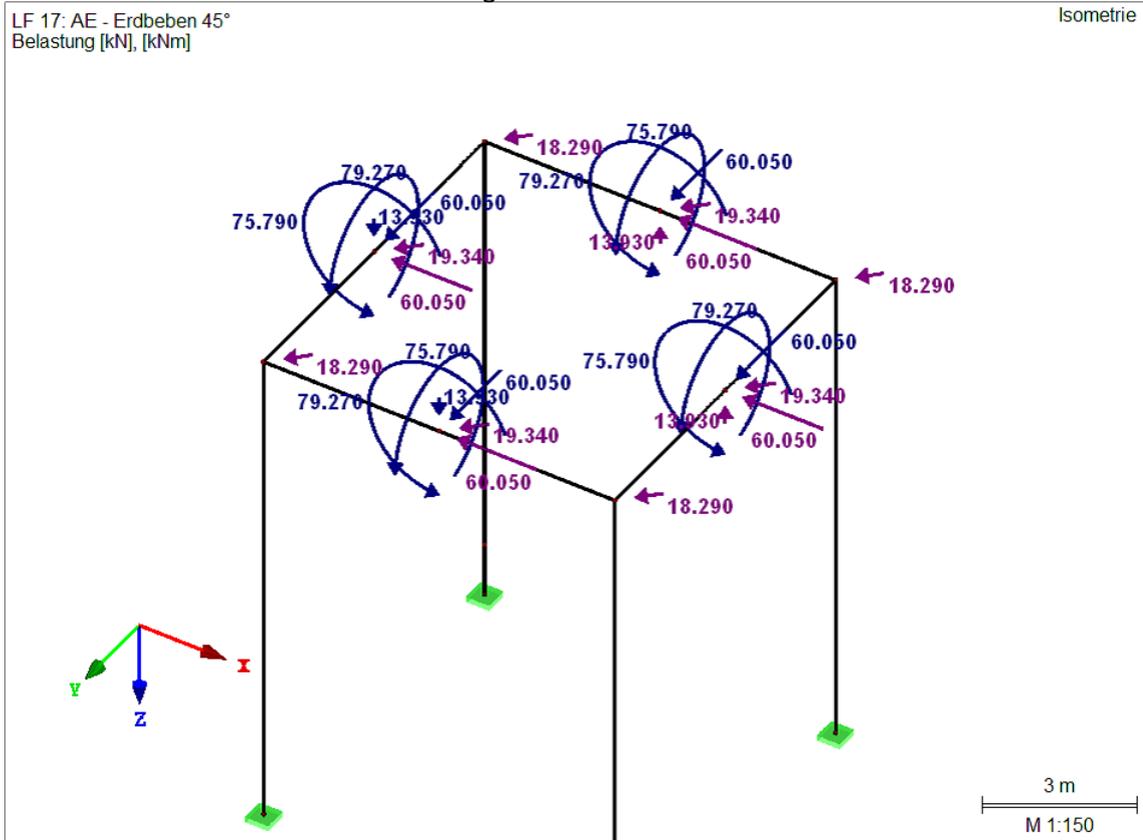
LF 17: AE – Erdbeben 45°: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
3	5	0 Globales XYZ	-60.050	60.050	13.930	79.270	75.790	0.000
4	8	0 Globales XYZ	-60.050	60.050	13.930	75.790	79.270	0.000
5	7	0 Globales XYZ	-60.050	60.050	-13.930	75.790	79.270	0.000
6	12	0 Globales XYZ	-60.050	60.050	-13.930	79.270	75.790	0.000

LF 17: AE – Erdbeben 45°: Knotenlasten – Richtungsweise – gedreht

Nr.	An Knoten Nr.	Richtungs- typ:	Kraft P [kN]	Moment M [kNm]	Folge	Verdrehung [°]		
						um X	um Y	um Z
1	4,6,11,13	Gedreht	-18.290	0.000	XYZ	90.00	45.00	0.00
2	5,7,8,12	Gedreht	-19.340	0.000	XYZ	90.00	45.00	0.00

LF 17: AE – Erdbeben 45°: Belastung



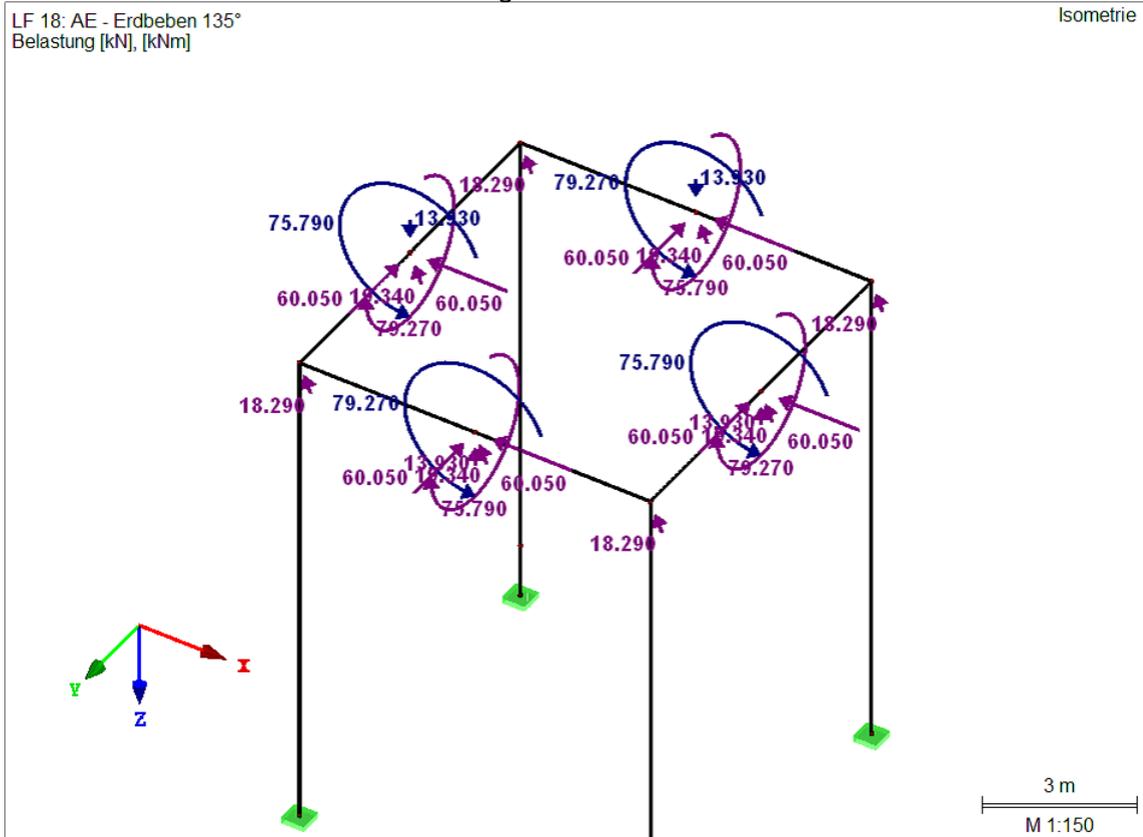
LF 18: AE – Erdbeben 135°: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
3	12	0 Globales XYZ	-60.050	-60.050	-13.930	-79.270	75.790	0.000
4	8	0 Globales XYZ	-60.050	-60.050	-13.930	-75.790	79.270	0.000
5	7	0 Globales XYZ	-60.050	-60.050	13.930	-75.790	79.270	0.000
6	5	0 Globales XYZ	-60.050	-60.050	13.930	-79.270	75.790	0.000

LF 18: AE – Erdbeben 135°: Knotenlasten – Richtungsweise – gedreht

Nr.	An Knoten Nr.	Richtungs-typ:	Kraft P [kN]	Moment M [kNm]	Folge	Verdrehung [°]		
						um X	um Y	um Z
1	5,7,8,12	Gedreht	-19.340	0.000	XYZ	90.00	135.00	0.00
2	4,6,11,13	Gedreht	-18.290	0.000	XYZ	90.00	135.00	0.00

LF 18: AE – Erdbeben 135°: Belastung



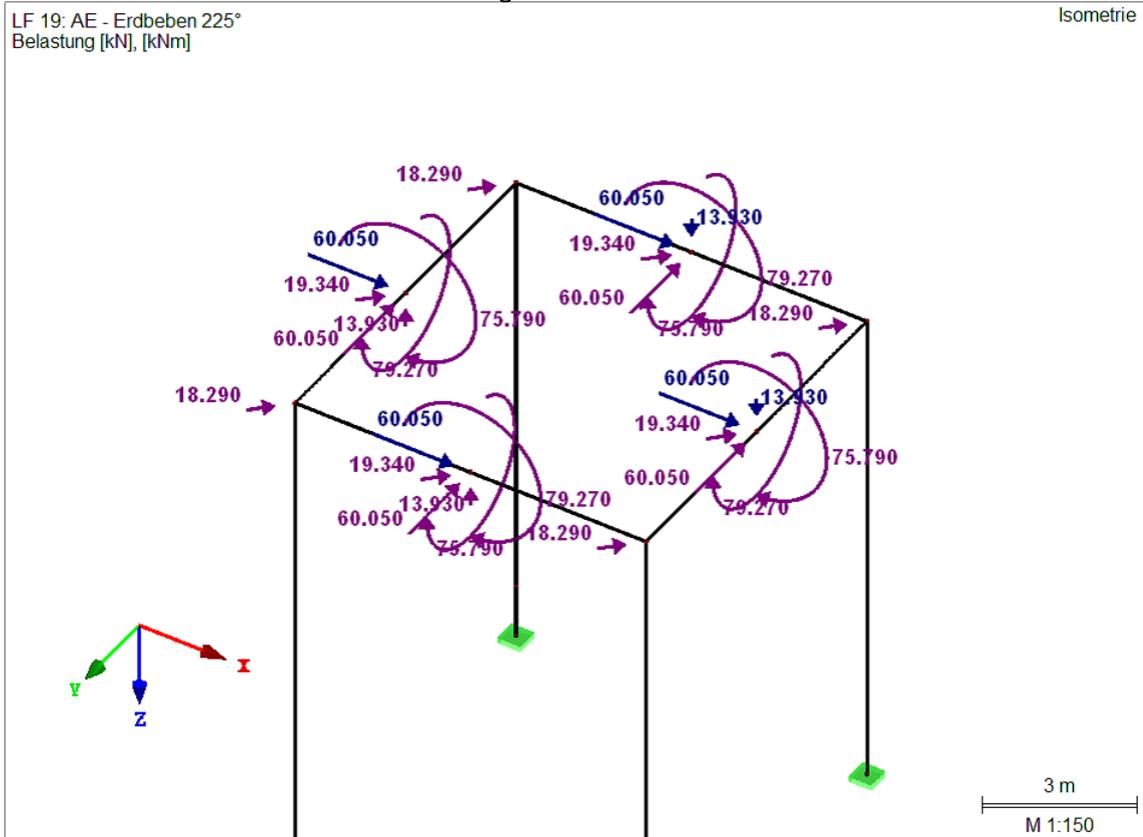
LF 19: AE – Erdbeben 225°: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
3	5	0 Globales XYZ	60.050	-60.050	-13.930	-79.270	-75.790	0.000
4	7	0 Globales XYZ	60.050	-60.050	13.930	-75.790	-79.270	0.000
5	12	0 Globales XYZ	60.050	-60.050	13.930	-79.270	-75.790	0.000
6	8	0 Globales XYZ	60.050	-60.050	-13.930	-75.790	-79.270	0.000

LF 19: AE – Erdbeben 225°: Knotenlasten – Richtungsweise – gedreht

Nr.	An Knoten Nr.	Richtungs-typ:	Kraft P [kN]	Moment M [kNm]	Folge	Verdrehung [°]		
						um X	um Y	um Z
1	4,6,11,13	Gedreht	-18.290	0.000	XYZ	90.00	225.00	0.00
2	5,7,8,12	Gedreht	-19.340	0.000	XYZ	90.00	225.00	0.00

LF 19: AE – Erdbeben 225°: Belastung



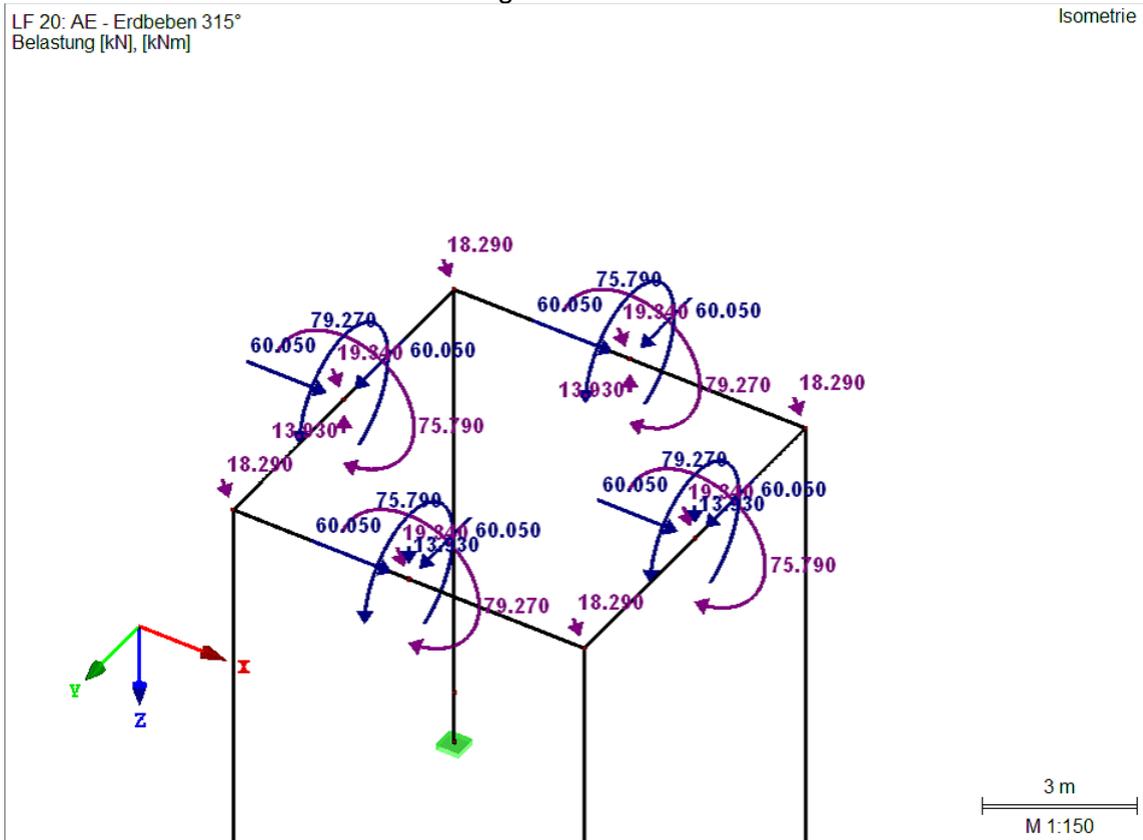
LF 20: AE – Erdbeben 315°: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
3	7	0 Globales XYZ	60.050	60.050	-13.930	75.790	-79.270	0.000
4	8	0 Globales XYZ	60.050	60.050	13.930	75.790	-79.270	0.000
5	12	0 Globales XYZ	60.050	60.050	13.930	79.270	-75.790	0.000
6	5	0 Globales XYZ	60.050	60.050	-13.930	79.270	-75.790	0.000

LF 20: AE – Erdbeben 315°: Knotenlasten – Richtungsweise – gedreht

Nr.	An Knoten Nr.	Richtungs-typ:	Kraft P [kN]	Moment M [kNm]	Folge	Verdrehung [°]		
						um X	um Y	um Z
1	5,7,8,12	Gedreht	-19.340	0.000	XYZ	90.00	315.00	0.00
2	4,6,11,13	Gedreht	-18.290	0.000	XYZ	90.00	315.00	0.00

LF 20: AE – Erdbeben 315°: Belastung



LF 21: A – Anprall +X: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
1	3	0 Globales XYZ	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

LF 22: A – Anprall -X: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
1	3	0 Globales XYZ	-100.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

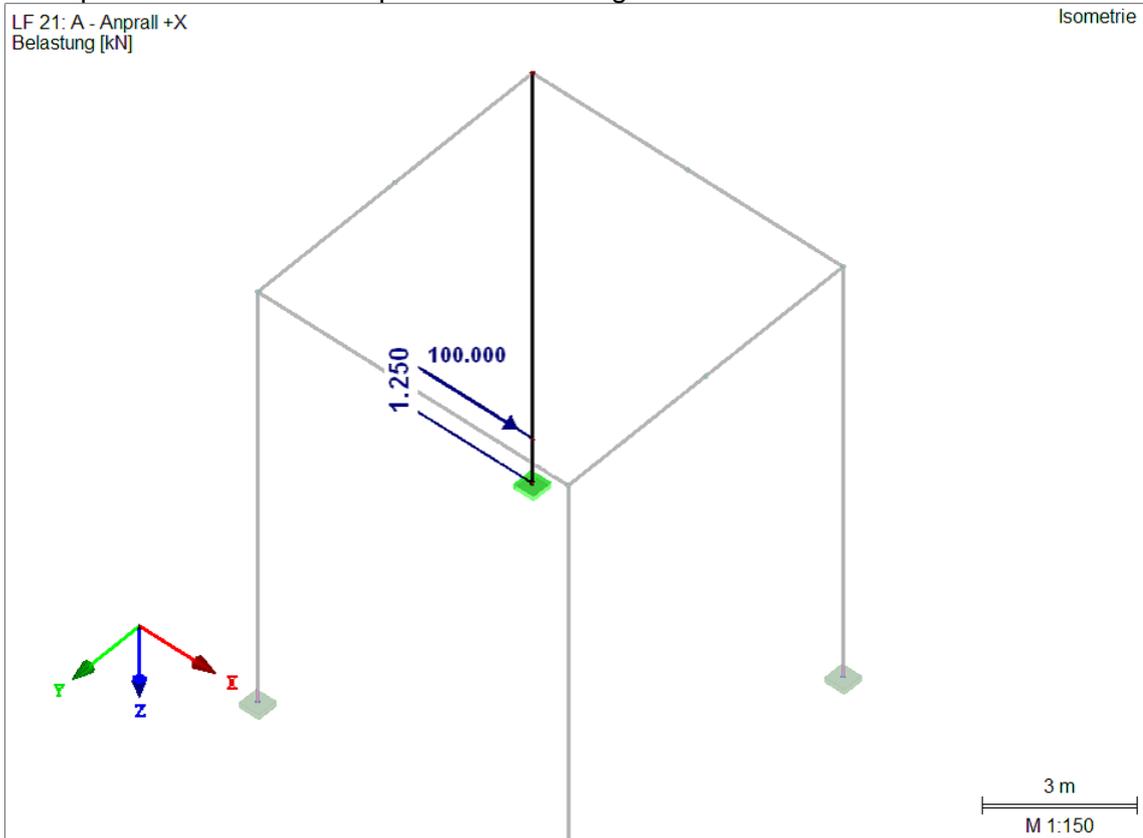
LF 23: A – Anprall +Y: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
1	3	0 Globales XYZ	0.000	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000

LF 24: A – Anprall -Y: Knotenlasten – Komponentenweise

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]			Moment [kNm]		
			P_x / P_U	P_y / P_V	P_z / P_W	M_x / M_U	M_y / M_V	M_z / M_W
1	3	0 Globales XYZ	0.000	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Exemplarisch: LF 21: A – Anprall +X: Belastung



Ergebnisse

Querschnitte – Schnittgrößen

Stab Nr.	EK	Kno- ten Nr.	Stelle x [m]		Kräfte [kN]			Momente [kNm]			Zugehö- rige Lastfälle
					N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z	
Querschnitt-Nr. 1: Rechteck 800/1200											
7	EK17	8	0.000	MAX N	> 45.09	-18.58	171.39	-12.13	186.64	0.00	LF 1,16
7	EK17	8	0.000	MIN N	> -94.17	18.57	-615.87	-105.58	1759.67	0.00	LF 1-3,14
4	EK17	5	0.000	MAX V _y	-24.55	> 52.13	-436.15	-53.01	1751.49	130.95	LF 1-3,14
4	EK17	5	0.000	MIN V _y	-24.77	> -52.13	-8.29	-58.10	199.49	-130.94	LF 1,16
6	EK15	4	0.000	MAX V _z	-80.93	-3.71	> 976.56	184.43	-525.78	-14.97	LF 1-4,6
4	EK15	4	4.030	MIN V _z	-80.93	3.71	> -976.56	-184.43	-525.78	-14.97	LF 1-4,7
5	EK15	5	4.030	MAX M _T	-79.15	5.39	781.48	> 202.48	3077.80	-21.10	LF 1-4,8
4	EK15	5	0.000	MIN M _T	-78.45	-5.38	-781.48	> -202.48	3051.90	-21.10	LF 1,2,4,8
4	EK15	5	0.000	MAX M _y	-78.92	6.17	-804.75	-193.49	> 3104.36	11.42	LF 1-4,10
6	EK17	4	0.000	MIN M _y	-94.17	-18.57	726.94	99.84	> -946.10	-74.85	LF 1-3,14
4	EK17	5	0.000	MAX M _z	10.45	52.13	-36.15	46.99	290.55	> 130.95	LF 1,14
12	EK17	12	4.030	MIN M _z	-61.67	52.13	436.15	158.10	1751.62	> -130.95	LF 1-3,14
Querschnitt-Nr. 2: Rechteck 800/800											
10	EK17	11	11.430	MAX N	> 42.17	80.05	-80.05	0.00	-424.34	-424.34	LF 1,17
1	EK15	1	0.000	MIN N	> -2191.23	-104.99	-104.99	0.00	431.25	-431.25	LF 1-4,10
2	EK17	2	0.000	MAX V _y	-1456.99	> 164.59	-42.87	-4.28	162.15	888.04	LF 1-3,13
1	EK17	1	0.000	MIN V _y	-1456.99	> -164.59	-42.87	4.28	162.15	-888.04	LF 1-3,15
10	EK17	9	0.000	MAX V _z	-1456.99	-42.87	> 164.59	4.28	-888.04	-162.15	LF 1-3,16
1	EK17	1	0.000	MIN V _z	-1457.04	-43.13	> -164.59	-4.28	887.86	-163.10	LF 1-3,14
1	EK17	1	0.000	MAX M _T	-1249.45	-128.27	44.20	> 6.06	-354.99	-672.87	LF 1-3,19
1	EK17	1	0.000	MIN M _T	-428.82	79.20	-93.27	> -6.06	540.53	487.33	LF 1,17
10	EK17	11	11.430	MAX M _y	-1274.11	-42.87	164.59	4.28	> 993.19	327.91	LF 1-3,16
2	EK17	6	11.430	MIN M _y	-1274.16	43.13	-164.59	4.28	> -993.37	-329.84	LF 1-3,14
3	EK17	4	10.180	MAX M _z	-1274.11	-164.59	-42.87	4.28	-327.91	> 993.19	LF 1-3,15
2	EK17	6	11.430	MIN M _z	-1274.11	164.59	-42.87	-4.28	-327.91	> -993.19	LF 1-3,13

Lagerreaktionen – Lastfälle

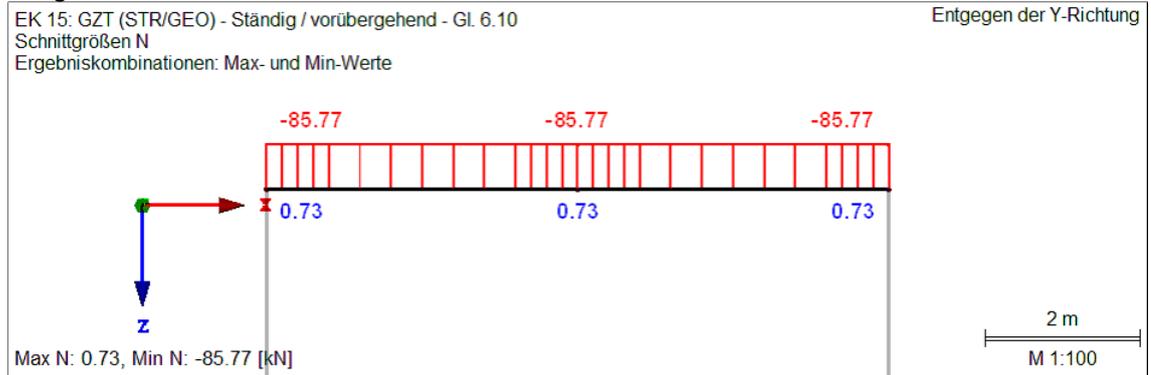
Knoten Nr.	LF/LK	Lagerkräfte [kN]			Lagermomente [kNm]			
		P _x	P _y	P _z	M _x	M _y	M _z	
1	LF1	-7.04	-7.04	428.82	-26.60	26.60	0.00	EG - Eigengewicht
	LF2	-43.29	-43.29	1000.00	-163.67	163.67	0.00	NL - S 01
	LF3	-0.46	-0.46	25.79	-1.76	1.76	0.00	NL - LS 01
	LF4	-0.56	-0.56	17.05	-2.11	2.11	0.00	S - Schnee
	LF5	0.07	21.70	-24.39	109.51	-0.28	0.57	W - Wind 0°
	LF6	-21.70	-0.07	24.39	-0.28	109.51	0.57	W - Wind 90°
	LF7	-0.07	-21.70	24.39	-109.51	0.28	-0.57	W - Wind 180°
	LF8	21.70	0.07	-24.39	0.28	-109.51	-0.57	W - Wind 270°
	LF9	-19.56	19.56	0.00	96.80	96.80	0.83	W - Wind 45°
	LF10	-19.63	-19.63	40.57	-97.08	97.08	0.00	W - Wind 135°
	LF11	19.56	-19.56	0.00	-96.80	-96.80	-0.83	W - Wind 225°
	LF12	19.63	19.63	-40.57	97.08	-97.08	0.00	W - Wind 315°
	LF13	0.84	122.55	-207.54	729.10	-3.21	4.28	AE - Erdbeben 0°
	LF14	-122.55	-1.09	207.58	-4.16	728.92	4.28	AE - Erdbeben 90°
	LF15	-0.84	-122.55	207.54	-729.10	3.21	-4.28	AE - Erdbeben 180°
	LF16	122.55	0.84	-207.54	3.21	-729.10	-4.28	AE - Erdbeben 270°
	LF17	-86.24	86.24	0.00	513.93	513.93	6.06	AE - Erdbeben 45°
	LF18	-87.08	-87.08	288.11	-517.18	517.18	0.00	AE - Erdbeben 135°
	LF19	86.24	-86.24	0.00	-513.93	-513.93	-6.06	AE - Erdbeben 225°
	LF20	87.08	87.08	-288.11	517.18	-517.18	0.00	AE - Erdbeben 315°
	LF21	98.06	-0.28	0.09	-1.66	-106.67	0.66	A - Anprall +X
	LF22	-98.06	0.28	-0.09	1.66	106.67	-0.66	A - Anprall -X
	LF23	-0.28	98.06	0.09	106.67	1.66	-0.66	A - Anprall +Y
	LF24	0.28	-98.06	-0.09	-106.67	-1.66	0.66	A - Anprall -Y

Infolge der Symmetrie des Silogerüsts erfolgt an dieser Stelle lediglich die Ausgabe der Lagerreaktionen an einem Lagerknoten.

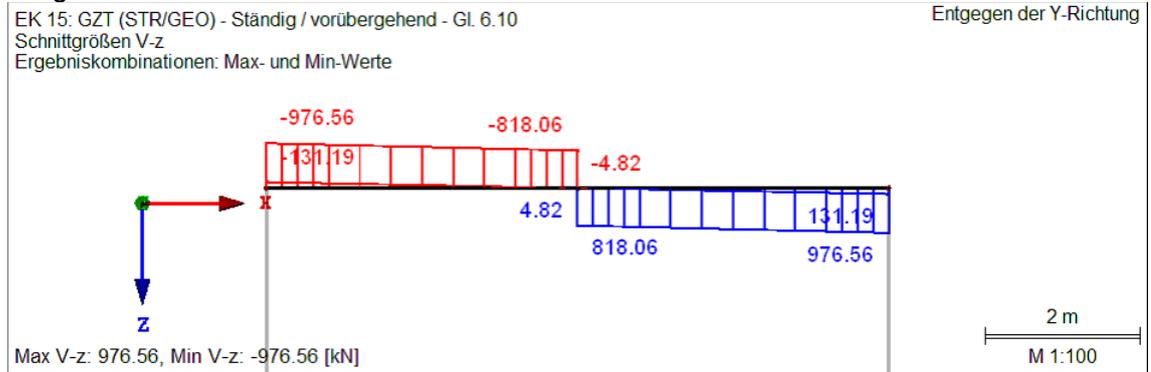
im Folgenden werden die auftretenden Schnittgrößen des maßgebenden Riegels, bzw. der maßgebenden Stütze grafisch zusammengestellt.

Schnittgrößen Riegel: EK 15 – GZT: ständig und vorübergehend

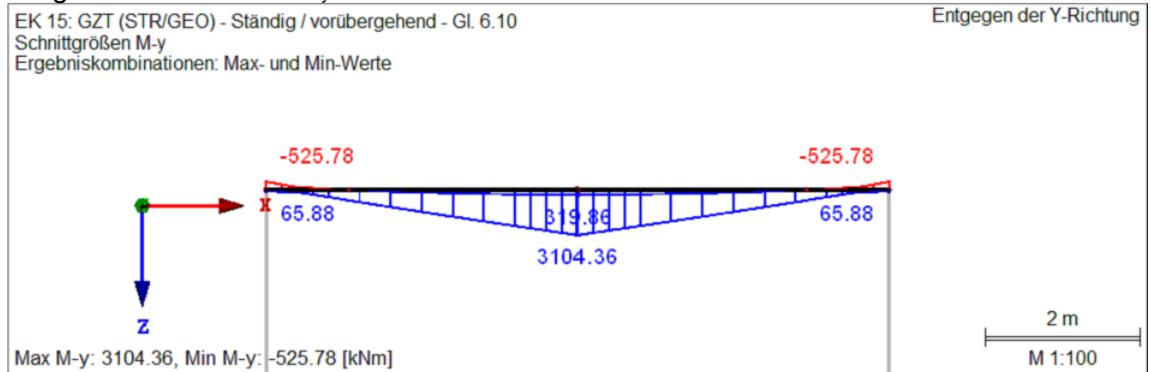
Riegel: EK 15 – GZT: N



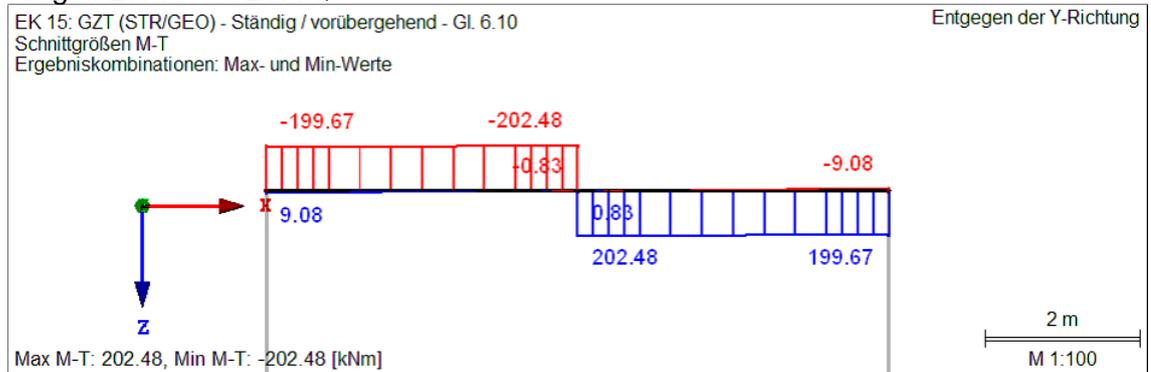
Riegel: EK 15 – GZT: V_z



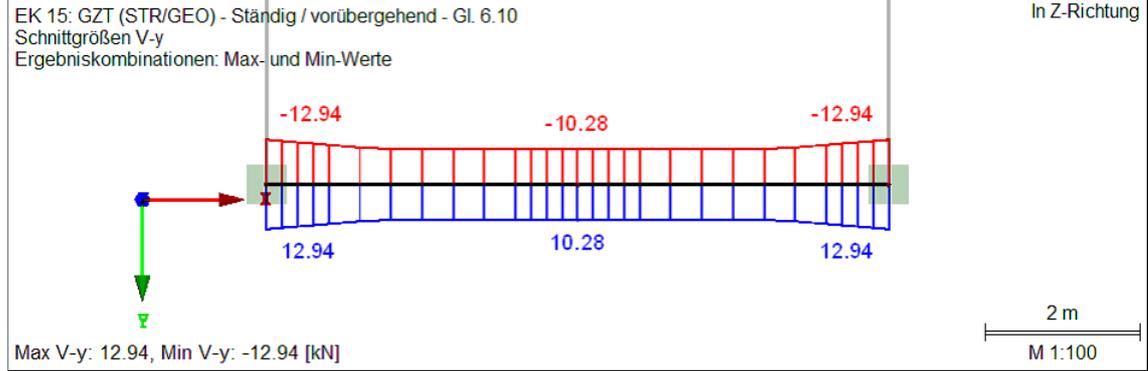
Riegel: EK 15 – GZT: M_y



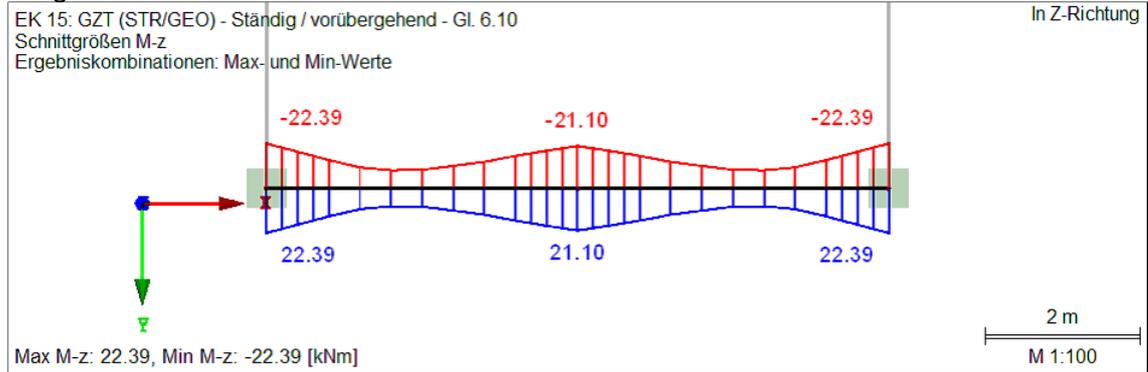
Riegel: EK 15 – GZT: M_T



Riegel: EK 15 – GZT: V_y

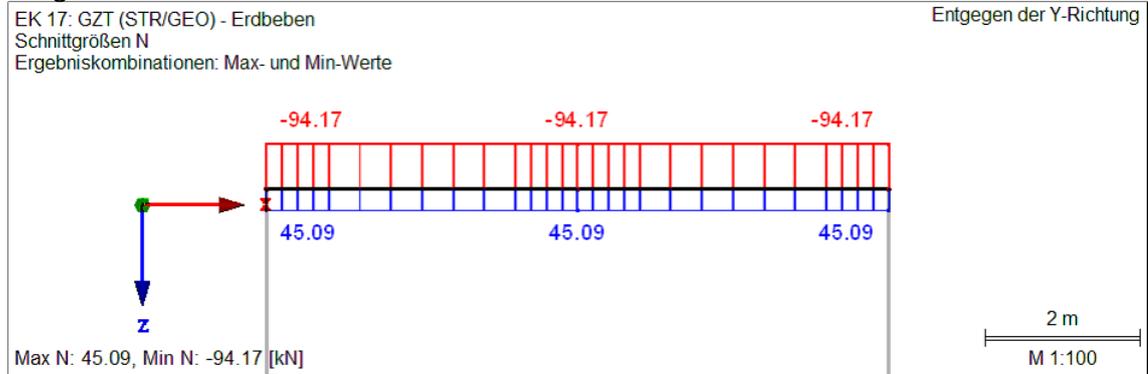


Riegel: EK 15 – GZT: M_z

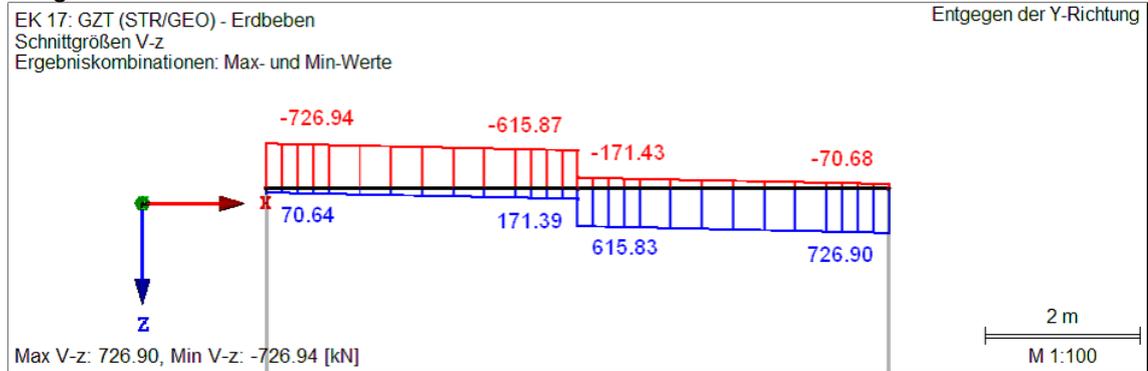


Schnittgrößen Riegel: EK 17 – GZT: Erdbeben

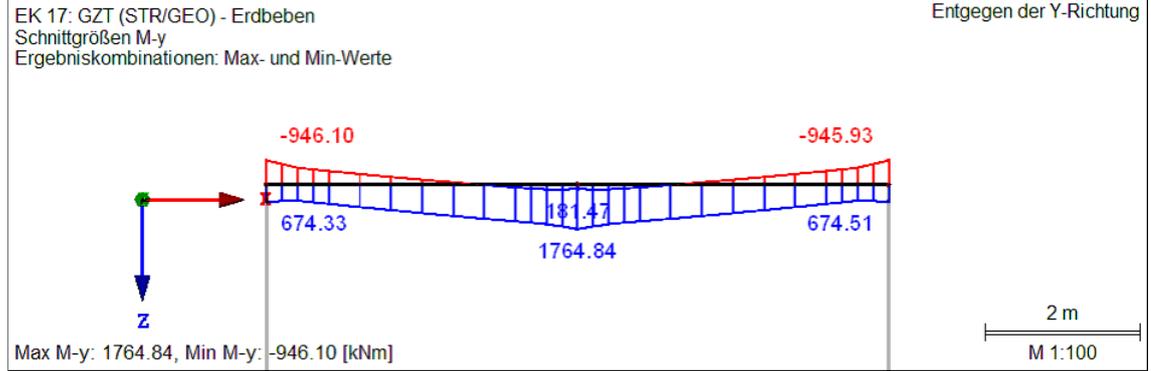
Riegel: EK 17 – GZT: N



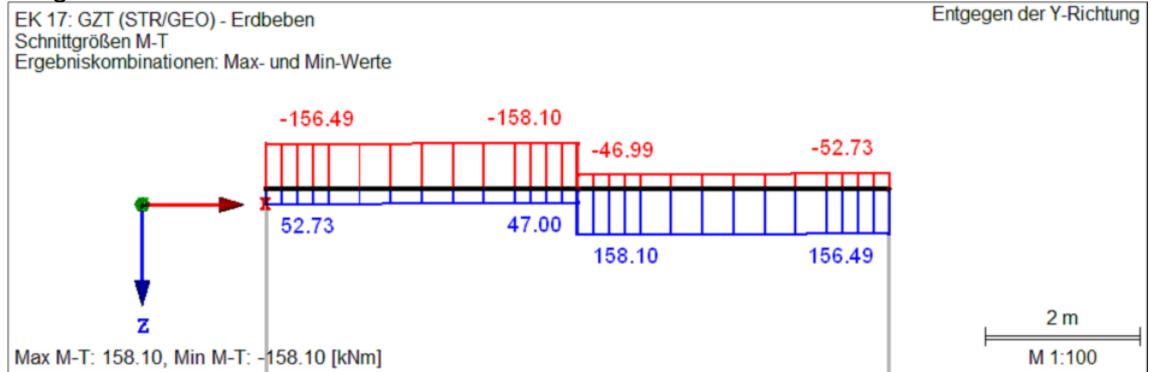
Riegel: EK 17 – GZT: V_z



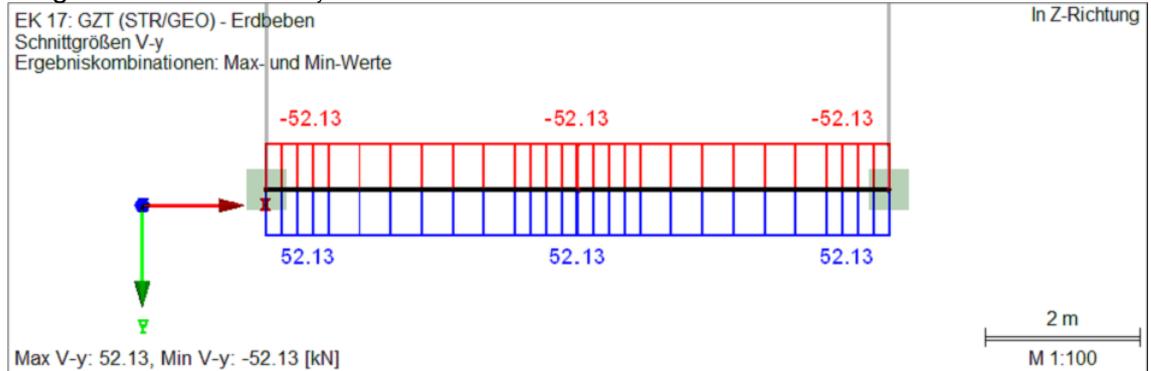
Riegel: EK 17 – GZT: M_y



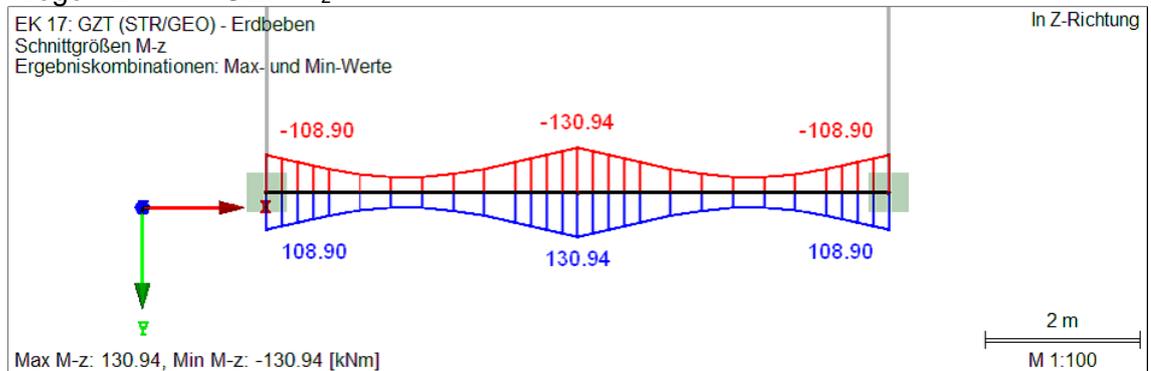
Riegel: EK 17 – GZT: M_T



Riegel: EK 17 – GZT: V_y

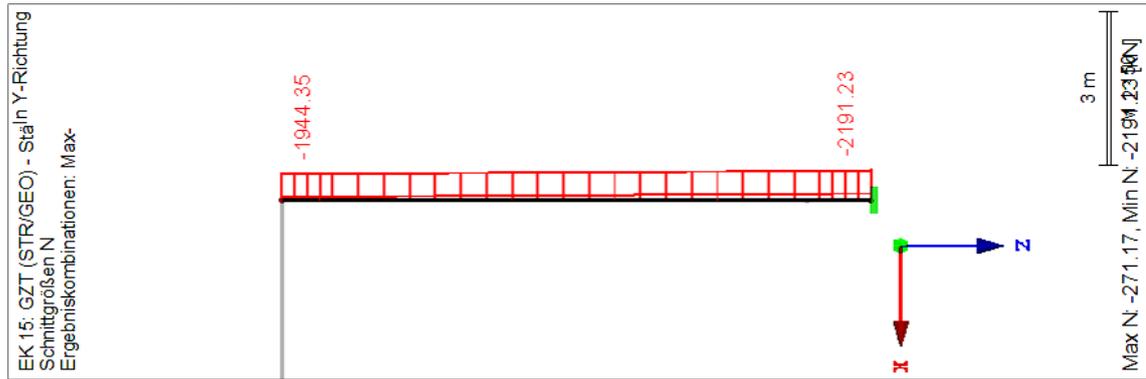


Riegel: EK 17 – GZT: M_z

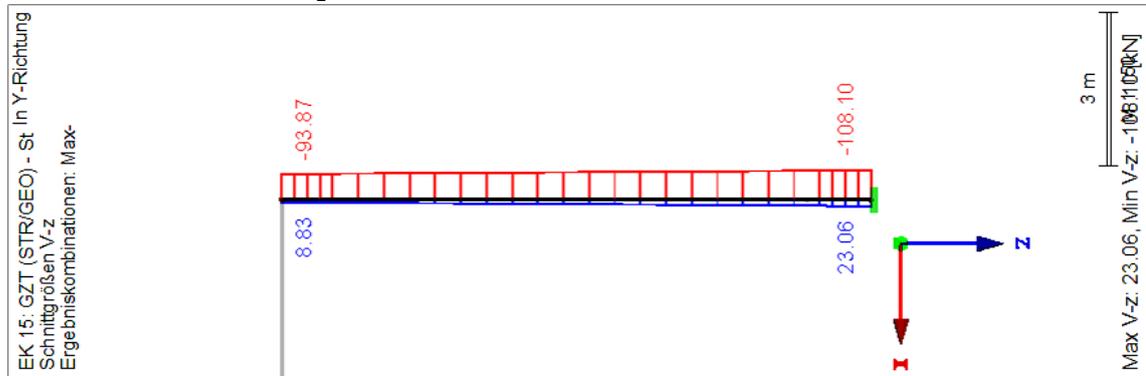


Schnittgrößen Riegel: EK 15 – GZT: ständig und vorübergehend

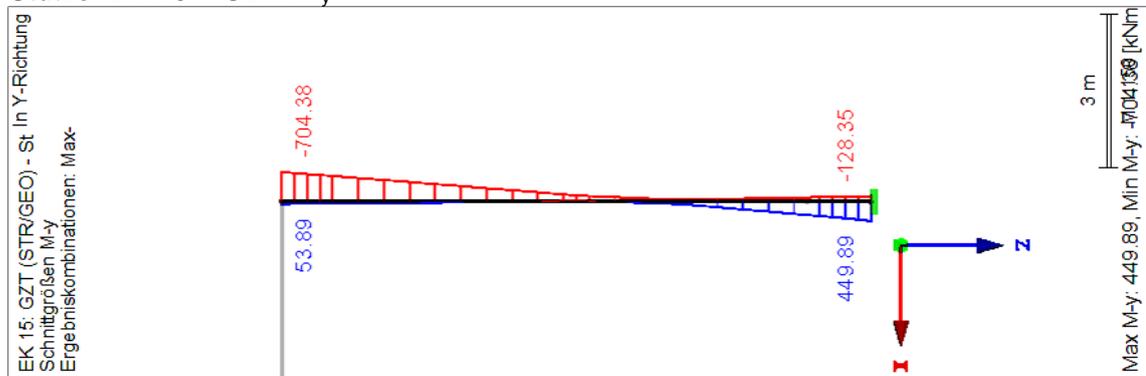
Stütze: EK 15 – GZT: N



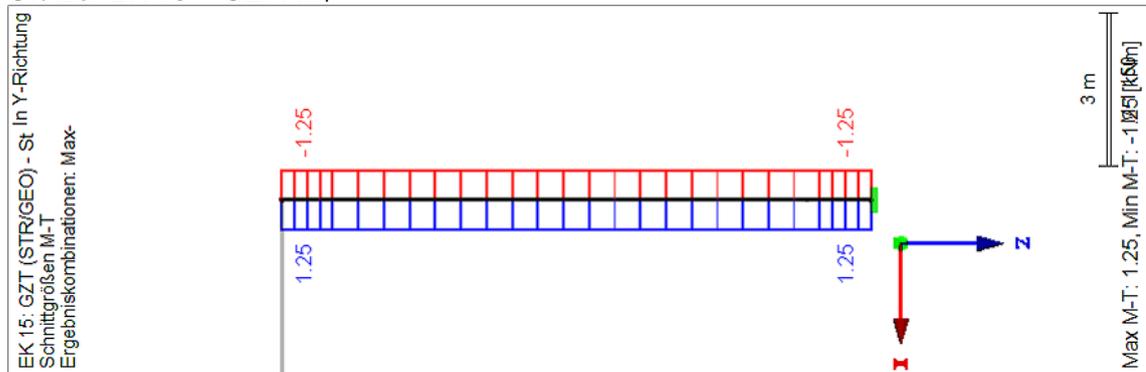
Stütze: EK 15 – GZT: V_z



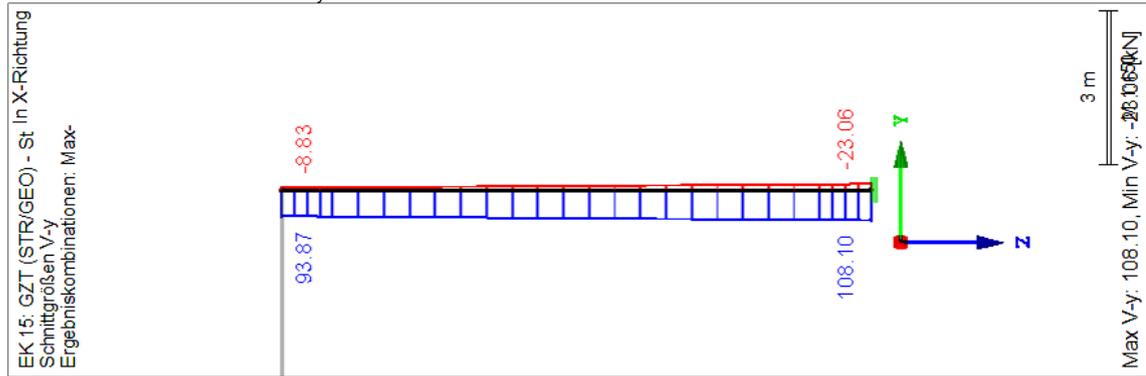
Stütze: EK 15 – GZT: M_y



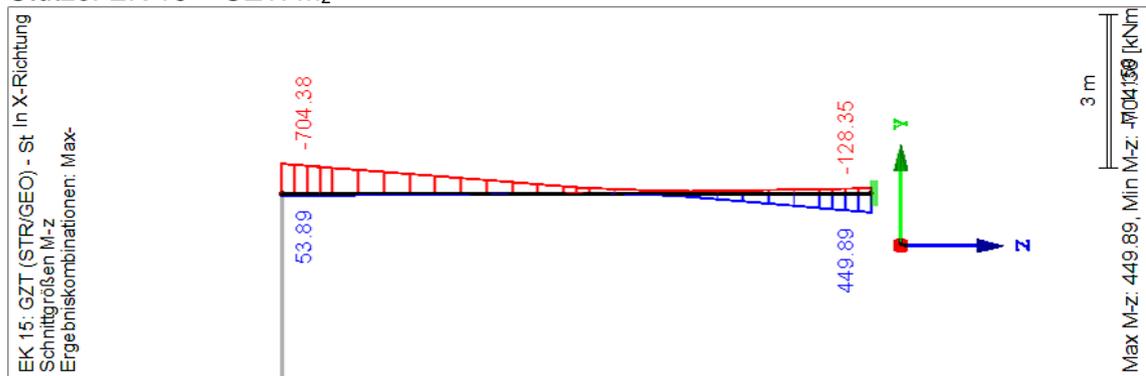
Stütze: EK 15 – GZT: M_T



Stütze: EK 15 – GZT: V_y

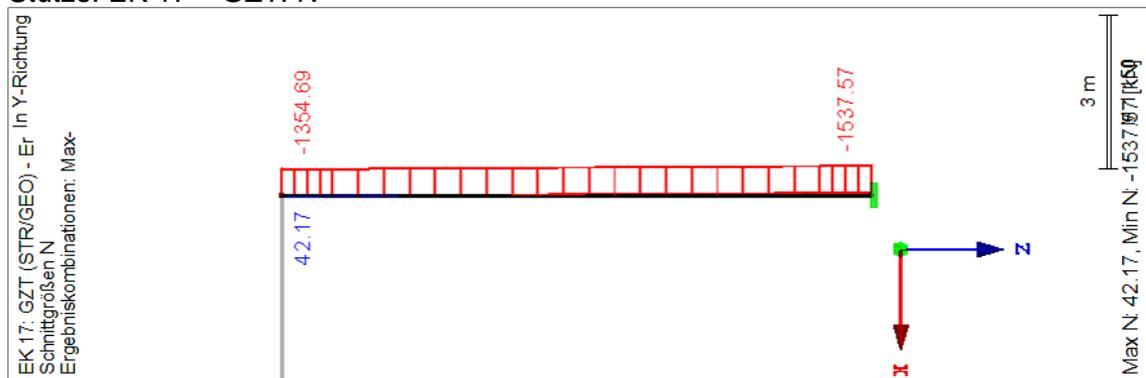


Stütze: EK 15 – GZT: M_z

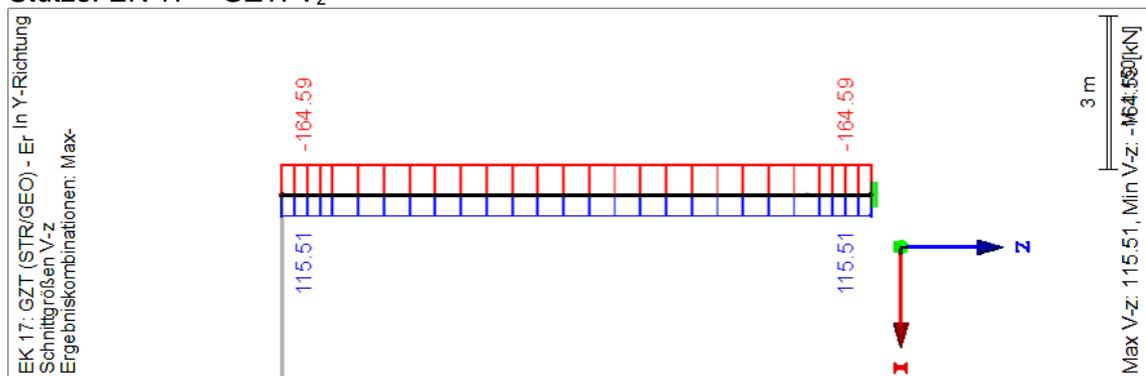


Schnittgrößen Riegel: EK 17 – GZT: Erdbeben

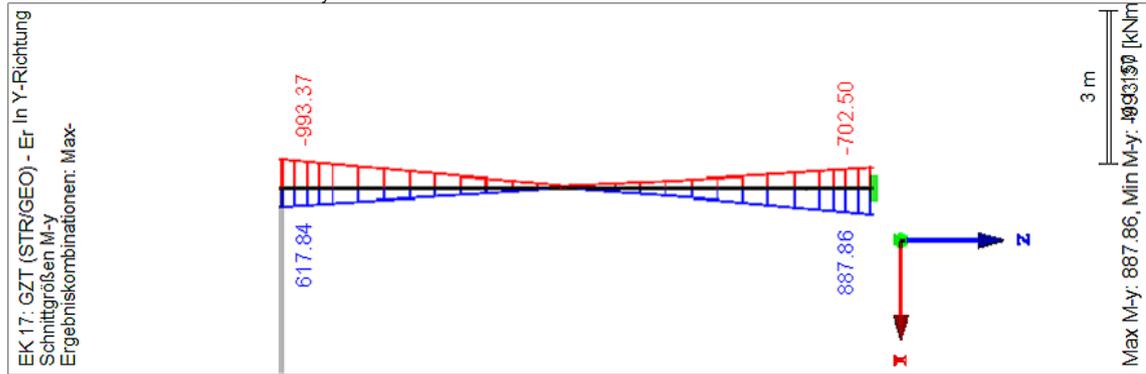
Stütze: EK 17 – GZT: N



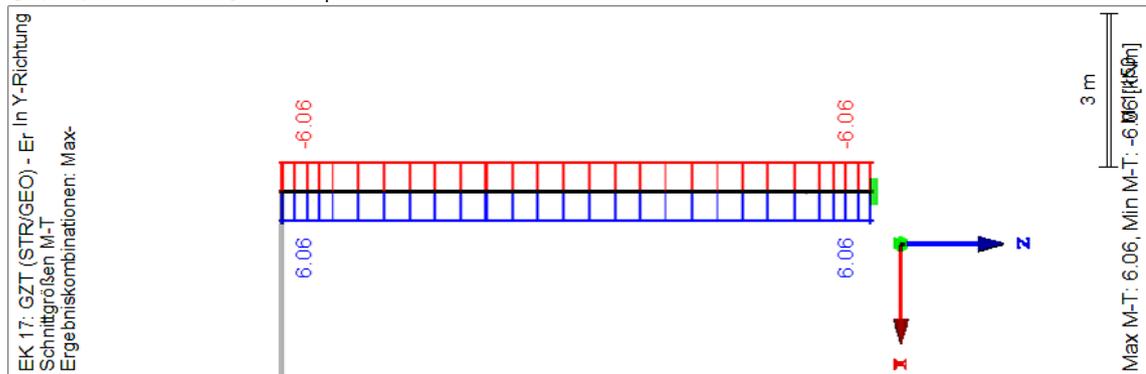
Stütze: EK 17 – GZT: V_z



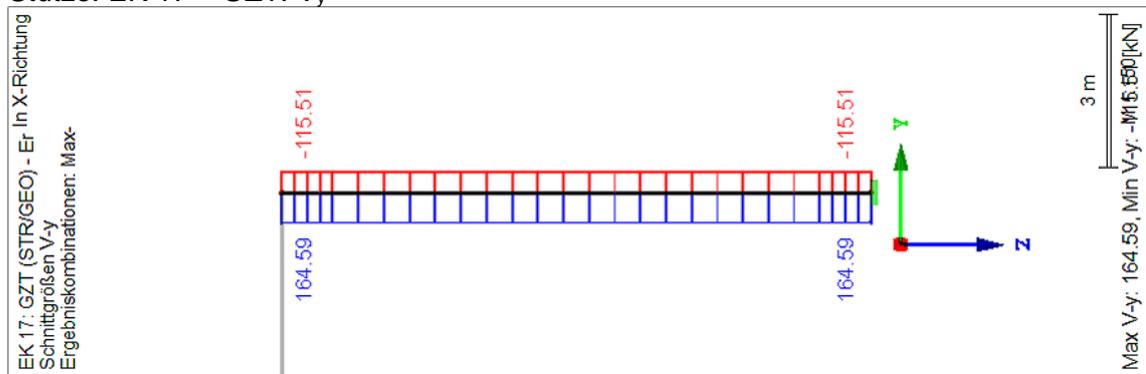
Stütze: EK 17 – GZT: M_y



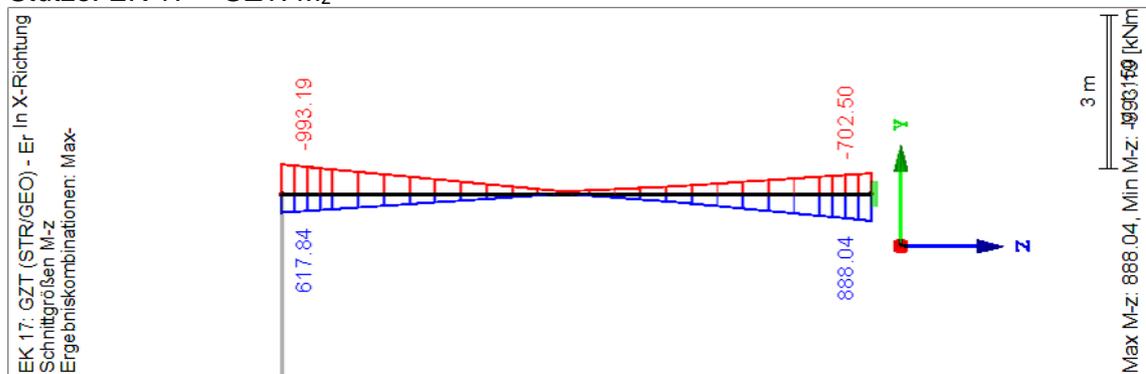
Stütze: EK 17 – GZT: M_T



Stütze: EK 17 – GZT: V_y



Stütze: EK 17 – GZT: M_z



Bemessung RF-BETON Stäbe

FA1
Stahlbeton-Bemessung

Basisangaben

Stahlbetonbemessung nach	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
TRAGFÄHIGKEIT	
Zu bemessende Lastkombinationen:	EK 15 GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10
	EK 16 GZT (STR/GEO) - Außergewöhnlich - psi-2,1 - Gl. 6.11e
	EK 17 GZT (STR/GEO) - Erdbeben
GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT	
Zu bemessende Lastkombinationen:	EK 18 GZG - Quasi-ständig Quasi-ständig, k-t: 0.400
Einstellungen der Bemessungssituation für GZG-Nachweise	
Lastkombination:	
Charakteristisch mit Direktlast	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_3 \cdot f_{yk}$
Charakteristisch mit Zwangsverformung	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_4 \cdot f_{yk}$
Häufig	Nachweise: w_k
Quasi-ständig	Nachweise: $k_2 \cdot f_{ck}$, w_k , u_l
Verformung beziehen auf:	Unverformtes System

Materialien

Mat.-Nr.	Materialbezeichnung		Kommentar
	Beton-Festigkeitsklasse	Betonstahl	
1	Beton C25/30	B 500 S (B)	

Materialkennwerte

Mat.-Nr.	Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit
1	Beton-Festigkeitsklasse: Beton C25/30			
	Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit	f_{ck}	25.000	N/mm ²
	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit	f_{cm}	33.000	N/mm ²
	Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit	f_{ctm}	2.600	N/mm ²
	5%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.05}$	1.800	N/mm ²
	95%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.95}$	3.300	N/mm ²
	Mittelwert des Elastizitätsmoduls	E_{cm}	31000.000	N/mm ²
	Charakteristische Dehnungen für nichtlineare Berechnungen			
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c1}	-2.100	‰
	Bruchdehnung	ϵ_{cu1}	-3.500	‰
	Charakteristische Dehnungen für Parabel-Rechteck-Diagramm			
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c2}	-2.000	‰
	Bruchdehnung	ϵ_{cu2}	-3.500	‰
	Exponent der Parabel	n	2	
	Spezifisches Gewicht	g	25.00	kN/m ³
	Betonstahl: B 500 S (B)			
	Elastizitätsmodul	E_s	200000	N/mm ²
	Charakteristischer Wert der Streckgrenze	f_{yk}	500	N/mm ²
	Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit	f_{tk}	540	N/mm ²
	Rechnerische Bruchdehnung	ϵ_{uk}	50.000	‰

Bewehrungssatz Nr. 1 – „Stb.-Riegel“

Angewendet auf Stäbe:	Alle (4-12)
LÄNGSBEWEHRUNG	
Mögliche Durchmesser:	20.0, 25.0, 28.0 mm
Max. Anzahl der Lagen:	2
Min. Abstand:	30.0 mm
Verankerungstyp:	Gerade
Stahloberfläche:	Gerippt
Bewehrungsstaffellung:	Keine
BÜGELBEWEHRUNG	
Mögliche Durchmesser:	10.0, 12.0 mm
Anzahl der Schnitte:	2
Neigung:	90°
Verankerungstyp:	Haken
Bügelanordnung:	Gleiche Abstände
BEWEHRUNGSANORDNUNG	
Betondeckung nach Norm:	-
Betondeckung c-oben:	40.0 mm
Betondeckung c-unten:	40.0 mm
Betondeckung c-seitig:	40.0 mm
Torsionsbewehrung über den Umfang verteilen:	x
Berücksichtigte Schnittgrößen:	N, V-y, V-z, M-T, M-y, M-z
MINDESTBEWEHRUNG	
Mindestbewehrungsfläche (min A-s,oben):	0.00 cm ²
Mindestbewehrungsfläche (min A-s,unten):	0.00 cm ²
Mindestlängsbewehrung nach Norm:	x
Mindestschubbewehrung nach Norm:	x
Längsbewehrung für Querkraftnachweis:	Ansatz der erforderlichen Längsbewehrung
EINSTELLUNGEN ZU EN 1992-1-1:2004/A1:2014	
Max. Bewehrungsgrad:	8.00 %
Begrenzung der Druckzone:	x
Teilsicherheit Gamma-c:	ST+V 1.50, AU1.50 , GZG 1.00
Teilsicherheit Gamma-s:	ST+V 1.15, AU1.15 , GZG 1.00
Abminderungsbeiwert Alpha-cc:	ST+V 0.85, AU0.85, GZG 1.00
Abminderungsbeiwert Alpha-ct:	ST+V 0.85, AU0.85, GZG 1.00
Min. veränderliche Druckstrebenneigung:	18.43 °
Max. veränderliche Druckstrebenneigung:	45.00 °
GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT	
Rissbreitennachweis	
Grenzwert der zulässigen Rissbreiten w_{kj} :	0.3 mm
Nachweis ohne direkte Rissbreitenberechnung:	x
Berechnung des Grenzdurchmessers $g_{renz} d_s$:	x
Berechnung des max. Stababstandes $g_{renz} s_i$:	x
Nachweis mit direkter Rissbreitenberechnung:	x
Gl. (7.14) für $S_{r, max}$ berücksichtigen:	-
Wirksame Betonzugfestigkeit in der Zeit der Rissbildung:	1.000 * f_{ctm}
$A_{s,min}$ zur Aufnahme von Zwangseinwirkungen:	x
Spannungsverteilung in der Zugzone vor Erstrissbildung:	In Abhängigkeit von definierter Belastung ($k_c = 0-1$)
$A_{s,min}$ Anordnung:	-z (oben) / +z (unten)
Rissbildung innerhalb erster 28 Tage:	-
Spannungsnachweis	
Begrenzung der Betondruckspannung s_c :	-
Begrenzung der Stahlspannung s_s :	x
Nach der Bemessungssituation mit $k_3 \cdot f_{yk}$ und $k_4 \cdot f_{yk}$ nach EN 1992-1-1,	
Beiwert k_3 für die Stahlspannung k_3 :	0.800
Beiwert k_4 für die Stahlspannung k_4 :	1.000
Verformungsnachweis	
Verformung $u_{l,z}$:	x
Ermittlung der Längsbewehrung	
Erforderliche Längsbewehrung für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis automatisch erhöhen:	x
Wirtschaftlichste Bewehrung für Rissbreitennachweis finden:	x
$A_{s,min}$ nach 7.3.2 auch für die direkte Rissbreiteberechnung nach 7.3.4 berücksichtigen:	x

Querschnitte

Quer.-Nr.	Material Nr.	Querschnitts-Bezeichnung	Anmerkungen	Kommentar
2	1	Rechteck 800/1200		

Erforderliche Bewehrung – Querschnitte

Bewehrung	Stab Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Bewehrungsfläche	Einheit	Fehlermeldung bzw. Hinweis
Querschnitt Nr.1 - Rechteck 800/1200						
A _{s,z} (oben)	4	0.000	EK17	22.57	cm ²	28)
A _{s,+z} (unten)	4	0.000	EK15	71.35	cm ²	
A _{s,T}	4	0.605	EK17	21.71	cm ²	
a _{sw,V} ,Bügel	7	4.030	EK15	13.79	cm ² /m	58)
a _{sw,T} ,Bügel	4	2.821	EK15	2.74	cm ² /m	

Gewählte Bewehrung (EDV)

A_{s,o} : 8 x Ø20

A_{s,u} : 1. Lage: 15 x Ø20

2. Lage: 9 x Ø20

A_{s,l} : 3 x Ø20

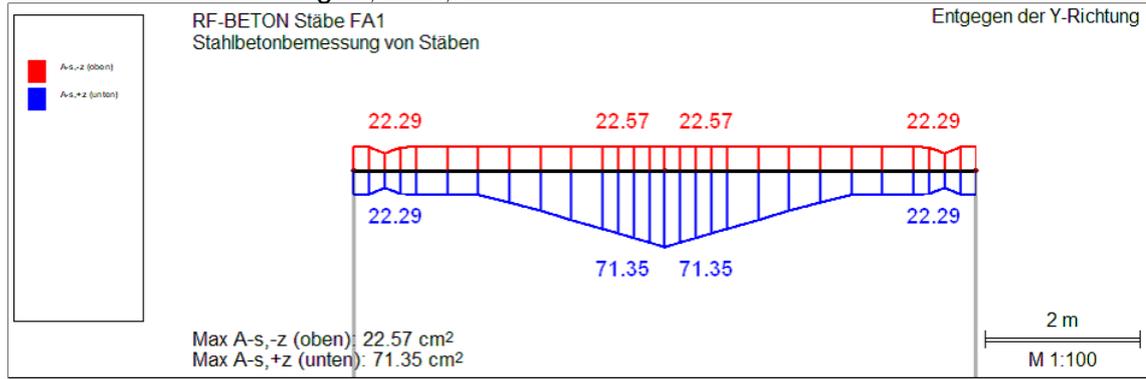
A_{s,r} : 3 x Ø20

A_{sw} : Ø10 – 15 (4 – schnittig)

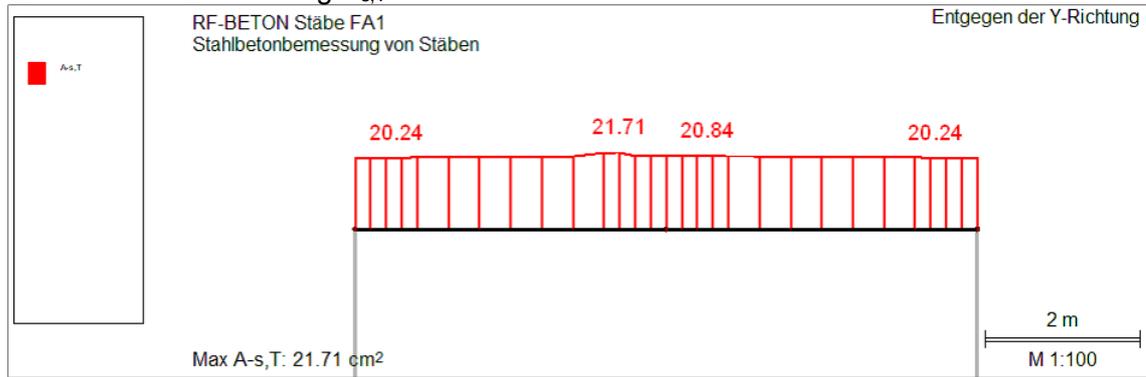
Gebrauchstauglichkeitsnachweis (ohne Verformung)

Quers. Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Nachweis					
			Typ	Vorh. Wert	Grenzwert	Einheit	Ausnutzung	Hinweis
Querschnitt Nr.1 - Rechteck 800/1200								
4	0.000		s _s	Nicht definiert	-	N/mm ²	0.00	
4	0.000	EK18	A _{s,min}	37.70	22.57	cm ²	0.60	
4	0.000	EK18	lim d _s	20.0	93.3	mm	0.22	
4	0.000	EK18	lim s _i	0.050	0.235	m	0.22	
4	0.000	EK18	w _k	0.103	0.300	mm	0.35	207)

Erforderliche Bewehrung $A_{s,o} + A_{s,u}$



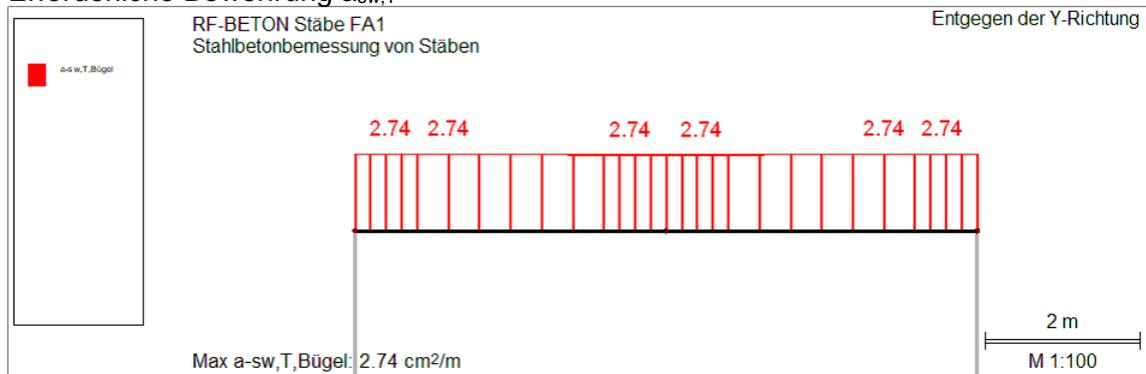
Erforderliche Bewehrung $A_{s,T}$



Erforderliche Bewehrung $a_{sw,V}$



Erforderliche Bewehrung $a_{sw,T}$



RF-BETON Stützen

FA1
Stahlbeton-Bemessung

Basisangaben

Bemessung nach Norm:	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12	
TRAGFÄHIGKEIT		
Zu bemessende Lastkombinationen:	EK15	GZT (STR/GEO) - Ständig / vorübergehend - Gl. 6.10 Ständig und vorübergehend
	EK16	GZT (STR/GEO) – Außergewöhnlich – psi-2,1 – Gl. 6.11e Ständig und vorübergehend
	EK17	GZT (STR/GEO) – Erdbeben Ständig und vorübergehend
KRIECHERZEUGENDE DAUERLAST		
Zu bemessende Lastkombinationen:	EK18	GZG - Quasi-ständig

Materialien

Mat.-Nr.	Materialbezeichnung		Kommentar
	Beton-Festigkeitsklasse	Betonstahl	
1	Beton C25/30	B 500 S (B)	

Materialkennwerte

Mat.-Nr.	Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit
1	Beton-Festigkeitsklasse: Beton C25/30			
	Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit	f_{ck}	25.000	N/mm ²
	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit	f_{cm}	33.000	N/mm ²
	Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit	f_{ctm}	2.600	N/mm ²
	5%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.05}$	1.800	N/mm ²
	95%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.95}$	3.300	N/mm ²
	Mittelwert des Elastizitätsmoduls	E_{cm}	31000.000	N/mm ²
	Charakteristische Dehnungen für nichtlineare Berechnungen			
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	e_{c1}	-2.100	‰
	Bruchdehnung	e_{cu1}	-3.500	‰
	Charakteristische Dehnungen für Parabel-Rechteck-Diagramm			
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	e_{c2}	-2.000	‰
	Bruchdehnung	e_{cu2}	-3.500	‰
	Exponent der Parabel	n	2	
		g	25.00	kN/m ³
	Betonstahl: B 500 S (B)			
	Elastizitätsmodul	E_s	200000	N/mm ²
	Charakteristischer Wert der Streckgrenze	f_{yk}	500	N/mm ²
	Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit	f_{tk}	540	N/mm ²
	Rechnerische Bruchdehnung	e_{uk}	50.000	‰

Querschnitte

Quer.-Nr.	Material Nr.	Querschnitts-Bezeichnung	Anmerkungen	Kommentar
2	1	Rechteck 800/800		

Knicklängen

Die Knotennachgiebigkeit der Stützenfußpunkte wird mit $k_u = 0,1$ angesetzt.

Die Einspanngrade an den Stützenkopfpunkten werden, um die Räumlichkeit des Tragwerks berücksichtigen zu können, programmintern ermittelt.

Stabsatz Nr.	Querschnitt	Richtung	Knick-gefährdung	System verschieblich	Systemlänge [m]	Knicklängen-beiwert b	Ersatzlänge [m] / Schlankeit
1	2 - Rechteck 800/800	um y-Achse	+	+	11.430	1.2200	13.945 / 60.4
		um z-Achse	+	+	11.430	1.2200	13.945 / 60.4

Bewehrungssatz Nr. 2 – „Stb.-Stützen“

Angewendet auf Stäbe:	Alle (2,10,11)
Angewendet auf Stabzüge:	Alle (1)
LÄNGSBEWEHRUNG	
Mögliche Durchmesser:	16.0 mm,20.0 mm,25.0 mm
Bewehrungsanordnung - Rechteck:	Gleichmäßig umlaufend
Mindestabstand erste Bewehrungslage:	20.0 mm
Verankerungsart:	Gerade
Bewehrungsoberfläche:	Gerippt
BÜGEL	
Mögliche Durchmesser:	10.0 mm,12.0 mm
Anzahl Schnitte - Rechteck:	2
Min. Querkraftbewehrung A_{sw} :	gemäß Norm
Verankerungsart:	Haken
KONSTRUKTIVE BEWEHRUNG	
Max. Abstand der konstruktiven Bewehrung:	300.0 mm
BETONDECKUNG	
Betondeckung nach Norm	-
Achsmaß Betondeckung - Rechteck C_z :	30.0 mm
Achsmaß Betondeckung - Rechteck C_y :	30.0 mm
Maßgebende Schnittgrößen:	N, V-y, V-z, M-y, M-z
EINSTELLUNGEN ZU DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12	
Maximaler Längsbewehrungsgrad nach Norm	x
Mindestlängsbewehrung nach Norm für Brückenbau	x
Teilsicherheitsbeiwert gemäß Tabelle 2.1N: g_c :	-
Teilsicherheitsbeiwert gemäß Tabelle 2.1N: g_s :	1.5000
Faktor a_{cc} :	1.1500
Min. Betondruckstrebenneigung:	0.8500
	18.434 °

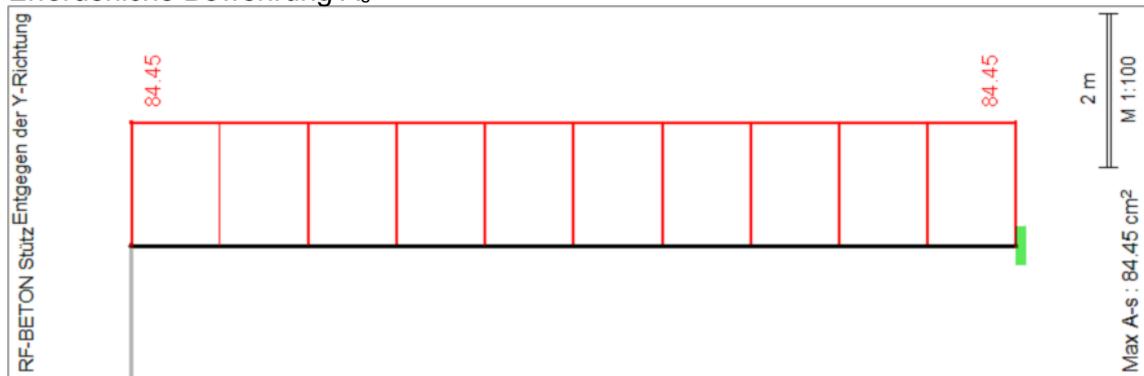
Nachweise

Maßgebender Lastfall	Nachweis		Anmerkungen
	Verhältnis	Kriterium	
Querschnitt Nr. 2 - Rechteck 800/800	0.9698	≤ 1	100) NACHWEIS IM KRITISCHEN QUERSCHNITT DER MODELLSTÜTZE NACH ABS. 5.8.8
Querschnitt Nr. 2 - Rechteck 800/800	0.0169	≤ 1	201) QUERKRAFTNACHWEIS ($V_{Ed} / V_{Rd,c} \leq 1$) GEMÄß 6.2.2(2) MIT (6.4)
Querschnitt Nr. 2 - Rechteck 800/800	0.6284	≤ 1	202) QUERKRAFTNACHWEIS ($V_{Ed} / V_{Rd,c} \leq 1$) GEMÄß 6.2.2(1) MIT (6.2.a)

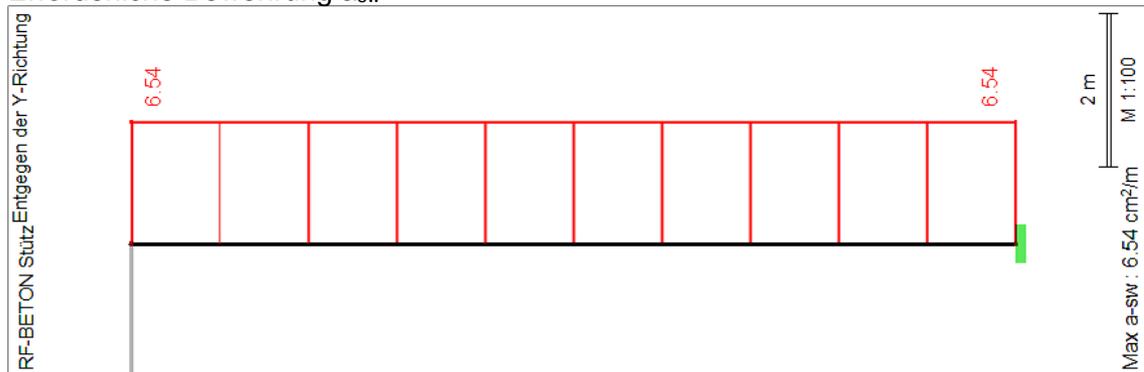
Erforderliche Bewehrung

Quersch. Nr.	Bewehrung Typ	Stab Nr.	Stelle x [m]	LF / LK EK	Bewehrung		Fehlermeldung bzw. Hinweis
					Fläche	Einheit	
2	Rechteck 800/800						
	Längsbewehrung	2	11.430		As	84.45	cm ²
2	Rechteck 800/800						
	Querbewehrung	2	-	-	a _{sw}	6.54	cm ² /m
Schlankheit um die y-Achse						l _y	60.3819
Ersatzlänge						l _{0,y}	13.945 m
Knicklängenbeiwert						b _y	1.220
Geometrische Länge						l _y	11.430 m
Schlankheit um die z-Achse						l _z	60.3819
Ersatzlänge						l _{0,z}	13.945 m
Knicklängenbeiwert						b _z	1.220
Geometrische Länge						l _z	11.430 m
Voraussetzungen für Regelbemessung erfüllt?							Nein
Knicknachweis erforderlich							
Momente nach Theorie I. Ord.							
Einwirkende Normalkraft						N _{Ed}	-1354.690 kN
Moment um die y-Achse						M _{Ed,1,y}	-827.634 kNm
Moment um die z-Achse						M _{Ed,1,z}	-827.634 kNm
Momente nach Theorie II. Ord. (Kriechen)							
Einwirkende Normalkraft						N _{Ed}	-1354.690 kN
Moment um die y-Achse						M _{Ed,y2}	-1025.660 kNm
Moment um die z-Achse						M _{Ed,z2}	-1025.660 kNm

Erforderliche Bewehrung A_s



Erforderliche Bewehrung a_{sw}



Gewählte Bewehrung

Längsbewehrung: 20 x Ø20, A_{s,tot} = 98,2 cm²

Querbewehrung: Ø10 – 20

4.4.1.2 Nachweis der Verformungen

Relevant ist die Durchbiegung der Stahlbetonriegel. Maßgebend sind die maximal auftretenden Vertikalbelastungen.

LK 1 – $1,0 \times G + 0,5 \times S + 0,8 \times NL + 1,0 \times AE$

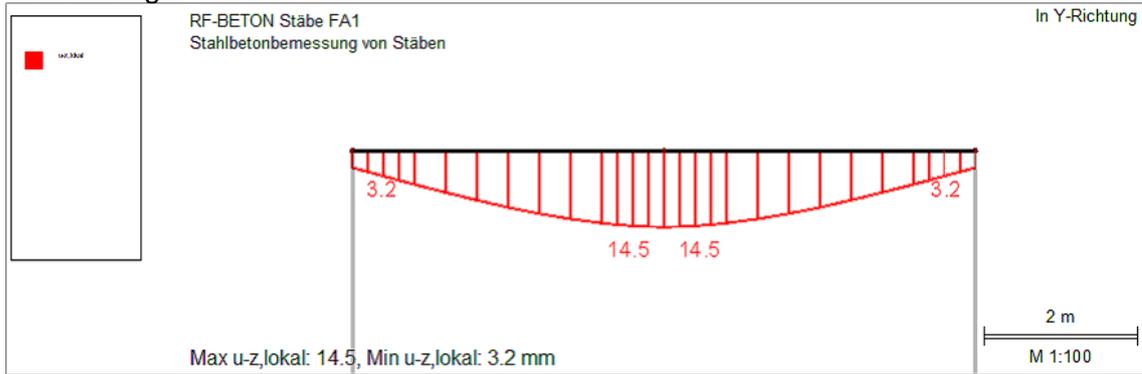
Der Berechnung liegt das Modell, inklusive der Lastfälle, gemäß Kap. 4.4.1.1 zugrunde.

Einstellungen – nichtlineare Berechnung (Zustand II)

Zustand II - im Grenzzustand GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT erfassen:	x
Kriechen und Schwinden berücksichtigen:	x
TENSION STIFFENING	
Ansatz über modifizierte Stahlkennlinie	
Anzusetzende Betonzugfestigkeit f-ct:	f-ctm
Anpassungsfaktor der Zugfestigkeit f-ct,R:	1.00
Normalkraft als Initialkraft	-
LK4 - GZG - Quasi-ständig	
Als Dauerlast	x
Faktor Beta-2	0.338
NACHWEISVERFAHREN - Schub- und Torsionssteifigkeit	
Schubsteifigkeit:	Ansetzen der linear-elastischen Schubsteifigkeit
Torsionssteifigkeit:	Berechnung nach Ansatz von Leonhardt
KONVERGENZEINSTELLUNGEN	
Laststufen:	
Anzahl der Laststufen:	3
Lastaufbringung:	Linear
Zwischenschritt 1	
Laststufe Nr. 1, Aufgebrachter Lastanteil	50.0 %
Zwischenschritt 2	
Laststufe Nr. 2, Aufgebrachter Lastanteil	80.0 %
Iterationskennwerte:	
Maximale Anzahl der Iterationen pro Laststufe:	50
Dämpfung der Steifigkeitsänderung in einem Iterationszyklus:	
Dämpfungsfaktor	0.500
Abbruchschranken	
$e_1 = (1/g)_i - (1/g)_{i-1} :$	0.0010
$e_2 = (E_i - E_{i-1})^2 / (E_i)^2 :$	0.0010
$e_3 = U_{max,i} - U_{max,i-1} :$	1.0000

Kriechen/ Schwinden

Quersch. Nr.	Material Nr.	- Bezeichnung	- Symbol	- Größe	- Einheit
1	1	Rechteck 800/1200			
Art der Ermittlung					
		Ermittlung der Kriechzahl		Alter	
		Ermittlung des Schwindmaßes		Alter	
Eingabewerte					
		Betrachtetes Betonalter (Kriechen)	t_k	27393	Tage
		Betrachtetes Betonalter (Schwinden)	t_s	27393	Tage
		Wirksame Bauteildicke			
		Querschnittsfläche	A_c	0.960	m ²
		Luft ausgesetzter Umfang	u	3.600	m
		Wirksame Bauteildicke	h_0	0.533	m
		Zementart	ZArt	N	
		Relative Luftfeuchte	RH	50	%
		Betonalter Schwindbeginn	t_s	28	Tage
		Betonalter Kriechbeginn		Ermitteln	
		Temperatur berücksichtigen		Nein	
		Wirksames Alter (Temperatur)	t_T	7.000	Tage
		Zementart berücksichtigen		Ja	
		Betonalter Kriechbeginn	t_0	7.000	Tage
Ergebnis					
		Definierte Kriechzahl	$j(t,t_0)$	2.967	
		Definiertes Schwindmaß	$e(t,t_s)$	-0.390	‰

Verformung u_z – LK 1

$$w_{ZII} = 14,8 \text{ mm}$$

$$w_{zul.} = 8.060 / 250 = 32,2 \text{ mm}$$

$$w_{ZII} \leq w_{zul.} \checkmark$$

4.4.1.3 Lasteinleitung an den Auflagerpunkten des Silos

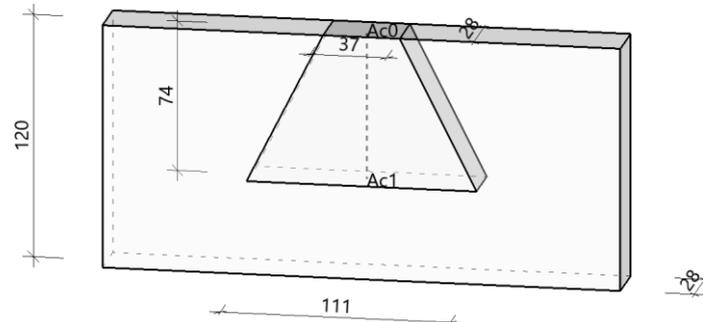
4.4.1.3.1 Nachweis der Teilflächenpressung

Maßgebend für den Nachweis der Teilflächenpressung ist die maximale vertikale Belastung des Lagerpunktes.

$$\mathbf{LFK\ 1} \quad - \quad 1,35 \times G + 1,5 \times S + 1,5 \times 1,0 \times NL + 0,6 \times 1,5 \times W$$

$$F_{Ed} \quad = \quad 1,35 \times 44,44 + 1,5 \times 8,67 + 1,5 \times 1.000 + 0,9 \times 2,36 = \quad 1.575,1 \text{ kN}$$

Real verteilt sich die Auflast beidseitig in Riegellängsrichtung, sowie einseitig in Riegelquerrichtung. In Folge der normativen Regelung wird auf der sicheren Seite liegend lediglich die Lastausbreitung in Riegellängsrichtung angesetzt.

Teilflächenbelastung TB-BTF 01/2020A (FRILO R-2020-1/P08)GrafikGrundparameter

Stahlbeton: DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-
 Bemessungssituation = ständig/vorübergehend

Beton = C $f_{cd} = 14.17 \text{ N/mm}^2$ $f_{ck} = 25.00 \text{ N/mm}^2$
 Betonstahl = B500A $f_{yd} = 434.78 \text{ N/mm}^2$ $f_{yk} = 500.00 \text{ N/mm}^2$

System

Breite der Lastfläche $b_1 = 37.0 \text{ cm}$
 Tiefe der Lastfläche $d_1 = 28.0 \text{ cm}$
 Tiefe des Betonkörpers $d = 28.0 \text{ cm}$
 Höhe des Betonkörpers $h = 120.0 \text{ cm}$
 Druckkraft $F_{Ed} = 1575.1 \text{ kN}$

Ergebnisse

Breite der Verteilung $b_2 = 111.0 \text{ cm}$
 Tiefe der Verteilung $d_2 = 28.0 \text{ cm}$
 Minimale Höhe $h_{min} = 74.0 \text{ cm}$
 Belastungsfläche $A_{c0} = 0.10 \text{ m}^2$
 Verteilungsfläche $A_{c1} = 0.31 \text{ m}^2$
 Aufnehmbare Teilflächenlast $F_{Rdu} = 1614.4 \text{ kN} \geq F_{Ed}$

Bewehrung ist nicht erforderlich.

Bewehrung**Querzugbewehrung**

In Richtung X erf. $A_s = 7.7 \text{ cm}^2$ aus Querzugkraft $F_{sd, x} = 335.3 \text{ kN}$
 In Richtung Y erf. $A_s = 0.0 \text{ cm}^2$ aus Querzugkraft $F_{sd, y} = 0.0 \text{ kN}$

Anschlußbewehrung

erf. $A_s = 0.0 \text{ cm}^2$

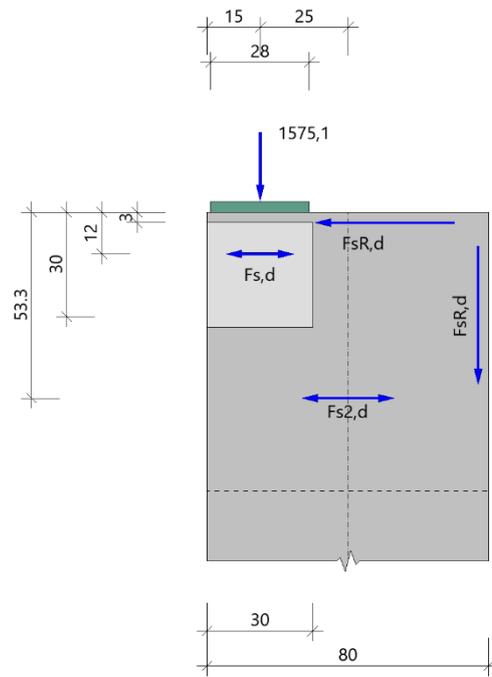
4.4.1.3.2 Nachweis des Spaltzuges infolge exzentrischer Lasteinleitung

LFK 1 - $1,35 \times G + 1,5 \times S + 1,5 \times 1,0 \times NL + 0,6 \times 1,5 \times W$

$F_{Ed} = 1,35 \times 44,44 + 1,5 \times 8,67 + 1,5 \times 1.000 + 0,9 \times 2,36 = 1.575,1 \text{ kN}$

Spaltzug TB-BSZ 01/2020A (FRILO R-2020-1/P08)

Grafik



Grundparameter

Stahlbeton: DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-
Bemessungssituation = ständig/vorübergehend

Beton = C 25/30 $f_{cd} = 14.17 \text{ N/mm}^2$ $f_{ck} = 25.00 \text{ N/mm}^2$
Betonstahl = B500A $f_{yd} = 434.78 \text{ N/mm}^2$ $f_{yk} = 500.00 \text{ N/mm}^2$

System

Seitenlänge der Teilfläche $a = 28.0 \text{ cm}$
Breite der Gesamtfläche $b = 80.0 \text{ cm}$
Druckkraft $F_{Ed} = 1575.1 \text{ kN}$
Seitenlänge der Verteilfläche $hs = 30.0 \text{ cm}$

Ergebnisse

Randzugkraft $F_{sR,d} = 229.7 \text{ kN}$ Abstand $0.1 \cdot hs = 3.0 \text{ cm}$
Spaltzugkraft $F_{s,d} = 26.3 \text{ kN}$ Abstand $0.4 \cdot hs = 12.0 \text{ cm}$
Sekundäre Spaltzugkraft $F_{s2,d} = 68.9 \text{ kN}$ Abstand $2/3 \cdot b = 53.3 \text{ cm}$

Bewehrung

infolge $F_{sR,d}$ erf. = 5.3 cm^2
infolge $F_{s,d}$ erf. = 0.6 cm^2
infolge $F_{s2,d}$ erf. = 1.6 cm^2

4.4.1.3.3 Nachweis der Verankerung

Die vorgesehenen Ankerstangen dienen der Einleitung von horizontaler Beanspruchung des Lagerpunktes. Aus diesen Horizontallasten resultieren Momenten Beanspruchung des Punktes, welche wechselseitig zu ausziehenden Kräften führen. Auch diese abhebende Beanspruchung wird durch die Ankerstangen aufgenommen.

Einwirkungen

Einwirkungen gemäß Kap. 4.2.5.

Lastfallkombinationen

LFK 1 – $1,0 \times G + 1,5 \times W$ 0°/ 90°/ 180°/ 270°

$$\begin{aligned} F_{z,Ed} &= 1,0 \times 44,44 - 1,5 \times 2,36 &= 40,9 \text{ kN} \\ F_{x,Ed} / F_{y,Ed} &= 1,5 \times 7,18 &= 10,77 \text{ kN} \\ M_{y,Ed} / M_{x,Ed} &= 10,77 \times (1,32 - 1,2 / 2) &= 7,75 \text{ kNm} \end{aligned}$$

LFK 2 – $1,0 \times G + 1,5 \times W$ 45°/ 135°/ 225°/ 315°

$$\begin{aligned} F_{z,Ed} &= 44,44 - 1,5 \times 1,18 &= 42,7 \text{ kN} \\ F_{x,Ed} + F_{y,Ed} &= 1,5 \times 5,08 &= 7,62 \text{ kN} \\ M_{y,Ed} + M_{x,Ed} &= 7,62 \times (1,32 - 1,2 / 2) &= 5,49 \text{ kNm} \end{aligned}$$

LFK 3 – $1,0 \times G + 0,8 \times NL + 0,5 \times S + 1,0 \times AE$ 0°/ 90°/ 180°/ 270°

$$\begin{aligned} F_{z,Ed} &= 44,44 + 0,8 \times 1.000 + 0,5 \times 8,67 - 27,86 &= 820,9 \text{ kN} \\ F_{x,Ed} / F_{y,Ed} &= 1,0 \times 84,92 &= 84,92 \text{ kN} \\ M_{y,Ed} / M_{x,Ed} &= 84,92 \times (1,32 - 1,2 / 2) &= 61,14 \text{ kNm} \end{aligned}$$

LFK 4 – $1,0 \times G + 0,8 \times NL + 0,5 \times S + 1,0 \times AE$ 45°/ 135°/ 225°/ 315°

$$\begin{aligned} F_{z,Ed} &= 44,44 + 0,8 \times 1.000 + 0,5 \times 8,67 - 13,93 &= 834,9 \text{ kN} \\ F_{x,Ed} + F_{y,Ed} &= 1,0 \times 60,05 &= 60,05 \text{ kN} \\ M_{y,Ed} + M_{x,Ed} &= 60,05 \times (1,32 - 1,2 / 2) &= 43,24 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Zu keinem Zeitpunkt treten resultierend Zugbeanspruchungen des Lagerknotens auf. In Folge der Beträge der Einwirkungen entstehen auch aus den Biegemomenten keine ausziehenden Kräfte in einem der Dübel.

Es folgt der elektronisch geführte Nachweis der Verankerung. Es werden lediglich horizontale Beanspruchungen berücksichtigt.



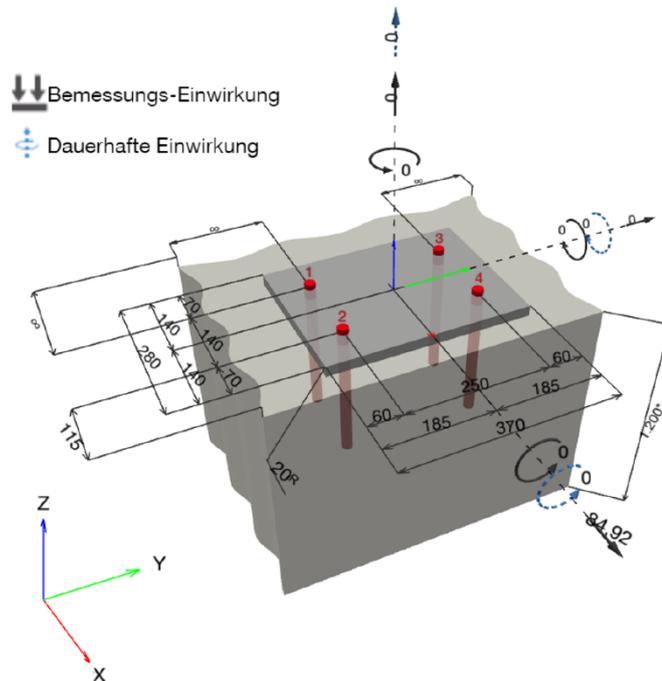
Hilti PROFIS Engineering 3.0.66

1 Eingabedaten

Dübeltyp und Größe:	HIT-HY 200-R V3 + HAS-U 5.8 M20	
Wiederkehrperiode (Lebensdauer in Jahren):	50	
Artikelnummer:	2223877 HAS-U 5.8 M20x300 (Anker) / 2262133 HIT-HY 200-R V3 (Mörtel)	
Effektive Verankerungstiefe:	$h_{ef,opt} = 240,0 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = 400,0 \text{ mm}$)	
Werkstoff:	5.8	
Zulassungs-Nr.:	ETA 19/0601	
Ausgestellt Gültig:	10.12.2019 -	
Nachweis:	Bemessungsverfahren EN 1992-4, chemisch	
Abstandsmontage:	$e_b = 0,0 \text{ mm}$ (Kein Abstand); $t = 20,0 \text{ mm}$	
Ankerplatte ^R :	$l_x \times l_y \times t = 280,0 \text{ mm} \times 370,0 \text{ mm} \times 20,0 \text{ mm}$; (Empfohlene Plattendicke: nicht berechnet)	
Profil:	kein Profil	
Untergrund:	gerissener Beton, C25/30, $f_{c,cyl} = 25,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 1.200,0 \text{ mm}$, Temp. kurz/lang: 40/24 °C, Teilsicherheitsbeiwert für Werkstoff $\gamma_c = 1,500$	
Installation:	Bohrloch: hammergebohrt, Installationsbed.: trocken	
Bewehrung:	Keine Bewehrung oder Stababstand $\geq 150 \text{ mm}$ (jeder \emptyset) oder $\geq 100 \text{ mm}$ ($\emptyset \leq 10 \text{ mm}$) Keine Randlängsbewehrung	

^R - Die Dübel Berechnung basiert auf der Annahme einer biegesteifen Ankerplatte.

Geometrie [mm] & Belastungen [kN, kNm]





Hilti PROFIS Engineering 3.0.66

1.1 Lastkombination

Fall	Beschreibung	Kräfte [kN] / Momente [kNm]	Erdbeben	Feuer	Max. Ausnutzung [%]
1	LK 1 - Wind 0°/ 90°/ 180°/ 2 0°}	N = 0,000; V _x = 10,770; V _y = 0,000; M _x = 0,000; M _y = 0,000; M _z = 0,000; N _{sus} = 0,000; M _{x,sus} = 0,000; M _{y,sus} = 0,000;	nein	nein	40
2	LK 2 - Wind 45°/ 135°/ 225° 315°}	N = 0,000; V _x = 7,620; V _y = 7,620; M _x = 0,000; M _y = 0,000; M _z = 0,000; N _{sus} = 0,000; M _{x,sus} = 0,000; M _{y,sus} = 0,000;	nein	nein	29
3	LK 3 - Erdbeben 0°/ 90°/ 1 0°/ 270°}	N = 0,000; V_x = 84,920; V_y = 0,000; M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000; N_{sus} = 0,000; M_{x,sus} = 0,000; M_{y,sus} = 0,000;	nein	nein	311
4	LK 4 - Erdbeben 45°/ 135°/ 25°/ 315°}	N = 0,000; V _x = 60,050; V _y = 60,050; M _x = 0,000; M _y = 0,000; M _z = 0,000; N _{sus} = 0,000; M _{x,sus} = 0,000; M _{y,sus} = 0,000;	nein	nein	227

2 Lastfall/Resultierende Dübelkräfte

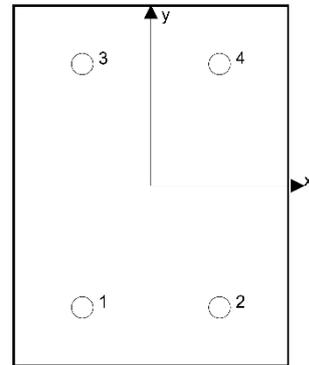
Überprüfung Lastfall: 3 LK 3 - Erdbeben 0°/ 90°/ 180°/ 270°

Resultierende Dübelkräfte [kN]

Normalkraft: +Zug -Druck

Dübel	Normalkraft	Querkraft	Querkraft x	Querkraft y
1	0,000	21,230	21,230	0,000
2	0,000	21,230	21,230	0,000
3	0,000	21,230	21,230	0,000
4	0,000	21,230	21,230	0,000

Maximale Betonstauchung: - [%]
 Maximale Betondruckspannung: - [N/mm²]
 resultierende Zugkraft in (x/y)=(0,0/0,0): 0,000 [kN]
 resultierende Druckkraft in (x/y)=(0,0/0,0): 0,000 [kN]



Die Dübelbelastungen werden unter der Annahme einer biegesteifen Ankerplatte ermittelt.

3 Zugbeanspruchung (EN 1992-4, Abschnitt 7.2.1)

	Einwirkung [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzung β _N [%]	Status
Stahlversagen*	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.
Kombiniertes Versagen Herausz. - Betonausbr.**	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.
Betonversagen**	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.
Spaltversagen**	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.

* ungünstigster Dübel **Dübelgruppe (Dübel unter Zug)


Hilti PROFIS Engineering 3.0.66
4 Querbeanspruchung (EN 1992-4, Abschnitt 7.2.2)

	Einwirkung [kN]	Tragfähigkeit [kN]	Ausnutzung β_V [%]	Status
Stahlversagen ohne Hebelarm*	21,230	49,040	44	OK
Stahlversagen mit Hebelarm*	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.	O.Nw.
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite**	84,920	174,792	49	OK
Betonkantenbruch, Richtung x+**	84,920	27,339	311	NW nicht erfüllt

* ungünstigster Dübel **Dübelgruppe (relevante Dübel)

4.1 Stahlversagen ohne Hebelarm

$V_{Rk,s}^0$ [kN]	k_T	$V_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
61,300	1,000	61,300	1,250	49,040	21,230

4.2 Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite (Betonausbruch maßgebend)

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{gr,N}$ [mm]	$s_{gr,N}$ [mm]	k_B	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]	
596.550	518.400	360,0	720,0	2,000	25,00	
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	$\psi_{M,N}$
0,0	1,000	0,0	1,000	0,796	1,000	1,000
k_1	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,cb}$ [kN]	V_{Ed} [kN]		
7,700	143,145	1,500	174,792	84,920		
Gruppe Dübel-ID						
1-4						

4.3 Betonkantenbruch, Richtung x+

l_f [mm]	d_{nom} [mm]	k_g	α	β	$f_{c,cyl}$ [N/mm ²]
240,0	20,00	1,700	0,144	0,070	25,00
c_t [mm]	$A_{c,V}$ [mm ²]	$A_{c,V}^0$ [mm ²]			
115,0	102.638	59.512			
$\psi_{s,V}$	$\psi_{h,V}$	$\psi_{a,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\psi_{ec,V}$	$\psi_{re,V}$
1,000	1,000	1,000	0,0	1,000	1,000
$V_{Rk,c}^0$ [kN]	k_T	$\gamma_{M,c}$	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Ed} [kN]	
23,778	1,0	1,500	27,339	84,920	

Nachweis der Verankerung: nicht OK!

Der Nachweis des Betonkantenbruchs an der Innenkante der Stahlbetonriegel wird ohne den Ansatz von Bewehrungsseisen im Bemessungsprogramm nicht erfüllt. Darüber hinaus sind die erforderlichen Nachweise zur Einleitung der horizontalen Beanspruchungen erfüllt.

Diese Versagensform des Betonkantenbruchs wird durch die Anordnung einer Rückhängebewehrung verhindert.

Rückhängebewehrung

$$A_{s,erf.} = 84,92 / 43,5 = 2,0 \text{ cm}^2$$

Je Lagerpunkt werden **3 U-Haken Ø10**, gleichmäßig verteilt über die Einbindetiefe der Ankerstangen, vorgesehen.

Nachweis der Betondruckspannungen

Darüber hinaus wird die lokale Betonpressung an den Ankerstangen nachgewiesen.

$$A = 2,0 \times 24 = 48,0 \text{ cm}^2$$

$$F_{Ed} = 84,92 / 4 = 21,2 \text{ kN}$$

$$\sigma_{c,Ed} = 21,2 / 48 = 0,44 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{c,Rd} = f_{cd} = 1,42 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{c,Ed} / \sigma_{c,Rd} = 0,31 \leq 1,0 \checkmark$$

4.4.1.3.4 Bewehrungswahl

Es folgt die Zusammenstellung der erforderlichen zusätzlichen Bewehrung im Bereich der Auflagerpunkte des Silos.

Querzugbewehrung (x- bzw. Riegellängsrichtung)

10 x Ø10

Randzugbewehrung + sekundäre Spaltzugbewehrung

6 x Bü Ø10

Rückhängebewehrung

3 U-Haken Ø10

4.4.2 Gründung des Silogerüsts – Variante 1: Einzelfundamente

4.4.2.1 Einwirkungen

Die Einwirkungen werden der Tabelle „Lastfälle – Lagerreaktionen“, Kap. 4.4.1.1.3, entnommen. Da sich sämtliche maßgebende Schnittgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit, in der ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation, ergeben, sind die Einwirkungen „Erdbeben“, sowie „Anprall“ an dieser Stelle nicht weiter zu betrachten.

Die Einspannmomente um die Achse in Stützenlängsrichtung sind nicht bemessungsrelevant.

Eigengewicht

$$\begin{aligned}
 F_{x,g,k} &= 7,04 \text{ kN} & + & F_{y,g,k} = 7,04 \text{ kN} \\
 F_{z,g,k} &= 428,8 \text{ kN} \\
 M_{y,g,k} &= 26,6 \text{ kNm} & + & M_{z,g,k} = 26,6 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Nutzlast

$$\begin{aligned}
 F_{x,NL,k} &= 43,75 \text{ kN} & / & F_{y,NL,k} = 43,75 \text{ kN} \\
 F_{z,NL,k} &= 1.025,79 \\
 M_{y,NL,k} &= M_{z,NL,k} \sim 0
 \end{aligned}$$

Schnee

$$\begin{aligned}
 F_{x,s,k} &= F_{y,s,k} \sim 0 \\
 F_{z,s,k} &= 17,1 \text{ kN} \\
 M_{y,NL,k} &= M_{z,NL,k} \sim 0
 \end{aligned}$$

Wind 0°/ 90°/ 180°/ 270°

$$\begin{aligned}
 F_{x,w0,k} &= 21,70 \text{ kN} & / & F_{y,w0,k} = 21,70 \text{ kN} \\
 F_{z,w0,k} &= \pm 24,39 \text{ kN} \\
 M_{y,w0,k} &= 109,51 \text{ kNm} & / & M_{z,w0,k} = 109,51 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Wind 45°/ 135°/ 225°/ 315°

$$\begin{aligned}
 F_{x,w45,k} &= 19,56 \text{ kN} & + & F_{y,w45,k} = 19,56 \text{ kN} \\
 F_{z,w45,k} &= \pm 40,57 \text{ kN} \\
 M_{y,w45,k} &= 97,08 \text{ kNm} & + & M_{z,w45,k} = 97,08 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

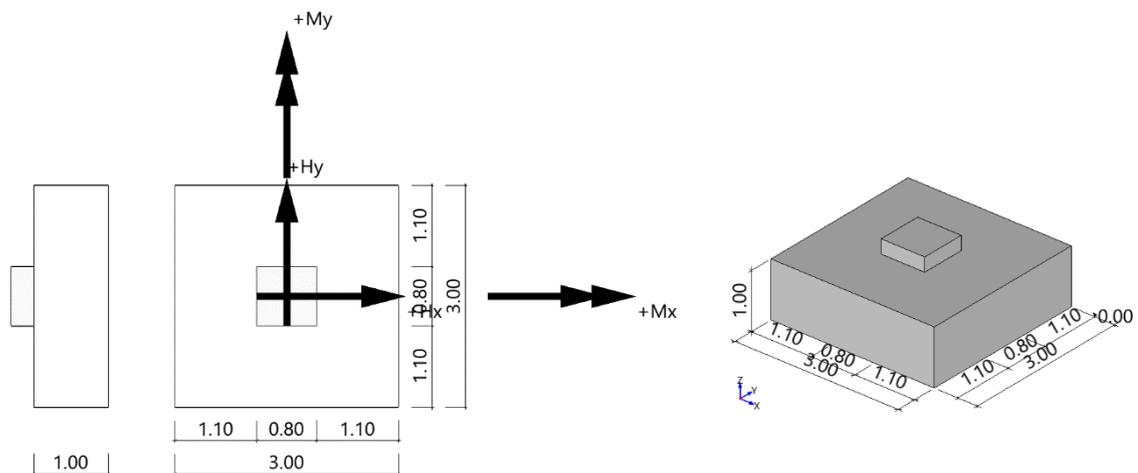
4.4.2.2 Nachweis und Bemessung der Fundamente

Fundament FD+ 01/2020B (FRILO R-2020-1/P08)

System

Ansicht/ Draufsicht

Isometrie



Fundament nach DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12 und DIN EN 1997-1/NA:2010-12

Fundament nach DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12 und DIN EN 1997-1/NA:2010-12

Bauteil	Beton	Betonstahl	Breite (x) m	Breite (y) m	Höhe (z) m
Fundament	C 25/30	B500A	3.00	3.00	1.00
Stütze	C 25/30	B500A	0.80	0.80	0.00

Einbindetiefe des Fundamentes in den Baugrund 0.00 m. Ohne Grundwasser.
Bemessungswert des Sohldruckwiderstands $\sigma_{R,d} = 450.00 \text{ kN/m}^2$.

Kennwerte

Dauerhaftigkeit

Anforderungen Dauerhaftigkeit:

	oben	unten
Betonangriff	WF	X0
Bewehrungskorrosion	XC2	XC2
Mindestbetonklasse	C 16/20	C 16/20
Längsbewehrung	$d_{s,l} = 14 \text{ mm}$	$d_{s,l} = 14 \text{ mm}$
Vorhaltemaß	$DC_{dev} = 15 \text{ mm}$	$DC_{dev} = 15 \text{ mm}$
reduziertes c_{min}	$\geq C 16/20$	$\geq C 16/20$
Längsbewehrung	$c_{min,l} = 15 \text{ mm}$	$c_{min,l} = 15 \text{ mm}$
Betondeckung	$c_{nom,l} = 30 \text{ mm}$	$c_{nom,l} = 30 \text{ mm}$
Verlegemaß Bügel	$c_{v,b} = 30 \text{ mm}$	$c_{v,b} = 50 \text{ mm}$
zul. Rissbreite	$w_{max} = 0.30 \text{ mm}$	$w_{max} = 0.30 \text{ mm}$

**Lasten
Einwirkungen (Ew)**

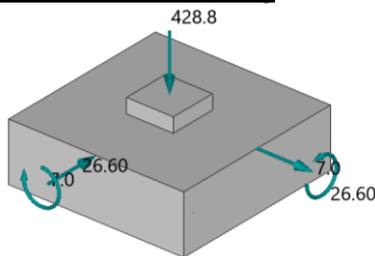
Ew	Name	ψ_0	ψ_1	ψ_2	zugehörige Lastfälle
E	Kat. E: Lagerflächen	1.00	0.90	0.80	2
I	Windlasten	0.60	0.20	0.00	4,5,6,7
J	Schnee H < 1000 m	0.50	0.20	0.00	3
g	ständig	1.00	1.00	1.00	1

Stützenlasten - charakteristisch

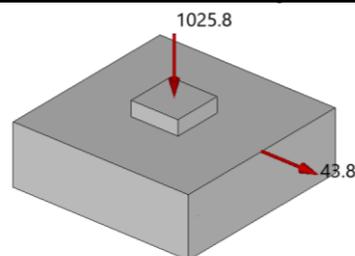
Nr	Ew	Bezeichnung	N kN	M _x kNm	M _y kNm	H _x kN	H _y kN	Zus	Alt
1	g	EG	428.8	26.60	26.60	7.0	7.0	0	0
2	E	NL	1025.8	0.00	0.00	43.8	0.0	0	0
3	J	S	17.1	0.00	0.00	0.0	0.0	0	0
4	I	W 0° (D)	24.4	109.51	0.00	21.7	0.0	0	0
5	I	W 45° (D)	40.6	97.08	97.08	19.6	19.6	0	0
6	I	W 0° (Z)	-24.4	109.51	0.00	21.7	0.0	0	0
7	I	W 45° (Z)	-40.6	97.08	99.71	19.6	19.6	0	0

Eigengewicht ist bei den Nachweisen berücksichtigt. Wichte Beton: $g = 25.00 \text{ kN/m}^3$. Gesamtfundament ohne Sockel bzw. Stütze $9.000 \text{ m}^3 / 225.00 \text{ kN}$. Horizontallasten greifen an der Oberkante des Sockels an. Torsion aus Horizontallasten wird nicht berücksichtigt.

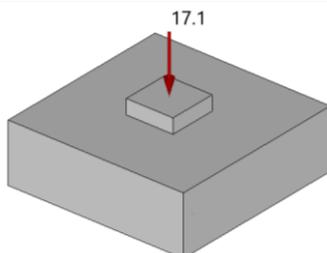
Lastfall 1 - EG – ständig



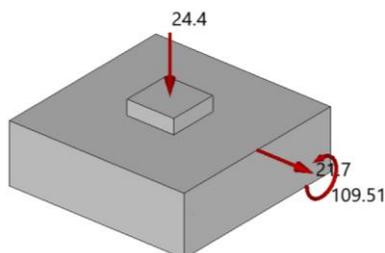
Lastfall 2 - NL - Kat. E: Lagerflächen



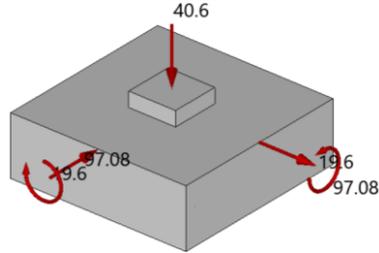
Lastfall 3 – S – Schnee < 1000 m



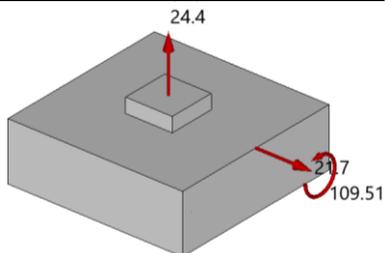
Lastfall 4 – W 0° (D) – Windlasten



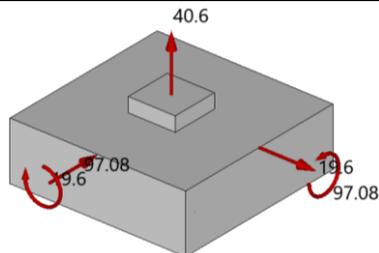
Lastfall 5 – W 45° (D) – Windlasten



Lastfall 6 – W 0° (Z) – Windlasten



Lastfall 7 – W 45° (Z) – Windlasten



Überlagerung

Nr BS Überlagerung

1	P	0.9 bzw. $1.1 \times (1) + 1.5 \times (6) + 1.5 \times (7)$
2	P	$0.9 \text{ bzw. } 1.1 \times (1) + 1.5 \times (4) + 1.5 \times (5) + 1.5 \times (6) + 1.5 \times (7)$
3	P	$0.9 \text{ bzw. } 1.1 \times (1) + 1.5 \times (5) + 1.5 \times (6) + 1.5 \times (7)$
4	P	$1.35 \times (1) + 1.5 \times (4) + 1.5 \times (5) + 1.5 \times (6) + 1.5 \times (7)$
5	P	$1.0 \times (1)$
6	P	$1.0 \times (1) + 1.0 \times (4) + 1.0 \times (5) + 1.0 \times (6) + 1.0 \times (7)$
7	P	$1.35 \times (1) + 1.5 \times (2) + 0.75 \times (3) + 1.5 \times (4) + 1.5 \times (5) + 1.5 \times (6) + 1.5 \times (7)$
8	P	$1.35 \times (1) + 1.5 \times (2) + 0.75 \times (3) + 1.5 \times (4) + 1.5 \times (5) + 1.5 \times (7)$
9	P	$1.0 \times (1) + 1.5 \times (5) + 1.5 \times (6) + 1.5 \times (7)$
10	P	$1.0 \times (1) + 1.5 \times (4) + 1.5 \times (5) + 1.5 \times (6) + 1.5 \times (7)$
11	P	$1.35 \times (1) + 1.5 \times (2) + 0.75 \times (3) + 1.5 \times (4) + 1.5 \times (5)$
12	P	$1.35 \times (1) + 1.5 \times (2) + 1.5 \times (3)$

BS: Bemessungssituation P: ständig
 Die Lastfallnummern stehen in den Klammern.

Ergebnisse

Übersicht Nachweise

Nachweis	Überlagerung	η
Lagesicherheit	2	0.73
klaffende Fuge nur ständige Lasten	5	0.16
klaffende Fuge ständige und veränderliche Lasten	6	0.59
Vereinfachter Nachweis	7	0.83
Neigung der Sohldruckresultierenden	6	0.77
Gleitsicherheit	4	0.36
Durchstanzen $V_{Ed}/V_{Rd,c}$	11	0.32
Durchstanzen $V_{Ed}/V_{Rd,max}$	11	0.23

Übersicht Bewehrung

Art	Überlagerung	cm ²
Biegung $A_{s_x,u}$	7	29.7
Biegung $A_{s_y,u}$	8	30.3
Biegung $A_{s_x,o}$	9	29.7
Biegung $A_{s_y,o}$	10	30.3

Lagesicherheit (EQU) Überlagerung

Nr	bei	m	$M_{Ed,dst}$ kNm	$M_{Ed,st}$ kNm	η
3	x =	1.50	581.68	977.24	0.58
1	x =	-1.50	152.10	1125.92	0.13
1	y =	1.50	189.84	1076.03	0.15
2	y =	-1.50	670.27	1100.84	0.73

Lagesicherheit: stabilisierende und destabilisierende Momente um Außenkanten
 Die Teilsicherheitsbeiwerte der Überlagerungen sind Lastfallweise konstant.
 Die vertikale Erddruckkomponente aus Fundamenteinbindung ist nicht berücksichtigt.

Vereinfachter Nachweis

Die Neigung der charakteristischen bzw. repräsentativen Sohldruckresultierenden

$$\tan \delta = H/V = 0.16 \leq 0.20$$

Die Neigung der charakteristischen bzw. repräsentativen Sohldruckresultierenden ermöglicht den vereinfachten Nachweis.

Bemessungswert des Sohldruckwiderstands $\sigma_{R,d} = 450.00 \text{ kN/m}^2$

Vereinfachter Nachweis Überlagerung

Nr	N_d kN	a' m	b' m	σ_d kN/m ²	σ_{Rd} kN/m ²	η
7	2434.1	2.58	2.53	372.29	450.00	0.83

Der Sohldruck ist mit Sicherheitsbeiwerten behaftet.

Gleitsicherheit Überlagerung

Nr	T_{Edx} kN	T_{Edy} kN	N_k kN	δ_{SK} °	R_{tk} kN	R_{td} kN	γ_{Rh}	η
4	133.3	68.2	653.7	35.00	457.7	416.1	1.1	0.36

Der Sohreibungswinkel ist aus der Bodenschicht in Höhe der Fundamentsohle entnommen und auf 35° begrenzt worden.

Biegung

Bemessung Überlagerungen

Üb.	$M_{yu,Ed}$ kNm	$M_{xu,Ed}$ kNm	$M_{yo,Ed}$ kNm	$M_{xo,Ed}$ kNm	$A_{s,xu}$ cm ²	$A_{s,yu}$ cm ²	$A_{s,xo}$ cm ²	$A_{s,yo}$ cm ²
7	853.70	812.90	0.00	0.00	29.7*	30.3*	0.0	0.0
8	847.54	813.50	0.00	0.00	29.7*	30.3*	0.0	0.0
9	339.67	254.44	-46.83	0.00	29.7*	30.3*	29.7*	0.0
10	371.88	364.67	-43.98	-39.98	29.7*	30.3*	29.7*	30.3*

*: Mindestbewehrung nach DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12 9.2.1.1 (1)

Bewehrungslage Bewehrung in x-Richtung $d_{1,x} = 4.0 \text{ cm}$. Bewehrungslage Bewehrung in y-Richtung $d_{1,y} = 6.0 \text{ cm}$. Ausgerundetes Biegemoment aus der Achse der Stütze.

Mindestbewehrung zur Sicherstellung der Querkrafttragfähigkeit nach DIN EN 1992-1-1/NA, NCI zu 6.4.5

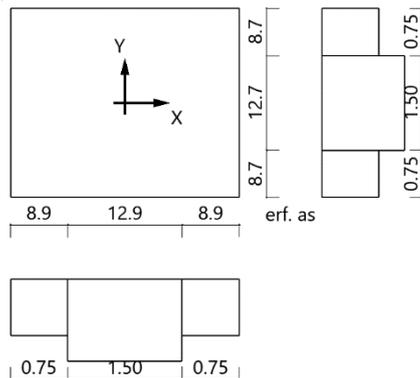
Mindestmomente $M_{y,min} = h_x \cdot v_{Ed} \cdot b_{eff,y} = 0.125 \cdot 2072.9 \cdot 1.79 = 463.82 \text{ kNm}$

Mindestbewehrung $A_{s,x,min} = 10.7 \text{ cm}^2$

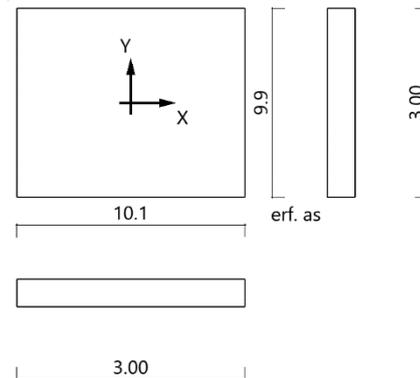
Mindestmomente $M_{x,min} = h_y \cdot v_{Ed} \cdot b_{eff,x} = 0.125 \cdot 2072.9 \cdot 1.79 = 463.82 \text{ kNm}$

Mindestbewehrung $A_{s,y,min} = 11.0 \text{ cm}^2$

Bewehrungsverteilung unten in m, cm²/m



Bewehrungsverteilung oben in m, cm²/m



Es werden Spitzenwerte der Verteilung nach Heft 240 des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton abgedeckt. Daher kann die hier erforderliche Bewehrung höher als die statisch erforderliche Bewehrung sein. Um die Querkrafttragfähigkeit sicherzustellen, ist das Fundament im Durchstanzbereich für Mindestmomente nach Gleichung (NA.6.54.1) bemessen worden, sofern die Schnittgrößenermittlung nicht zu höheren Werten geführt hat.

Anschlussbewehrung (Überlagerung 10)

Bemessung nach DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12 - C 25/30 - B500A

Schnittgrößen	$M_x = -515.51 \text{ kNm}$, $M_y = 325.73 \text{ kNm}$, $N_z = 428.7 \text{ kN}$
erf. As	25.15 cm ²

Mindestausmitte für Druckglieder nicht berücksichtigt. DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12 6.1 (4)
 Mindestbewehrung für Druckglieder berücksichtigt.

Bewehrungslage $d_1 = 5.0 \text{ cm} \rightarrow$

Bemessung in xy-Richtung Bewehrung in den Ecken konzentriert

$\gamma_c = 1.5$ und $\gamma_s = 1.15$

Durchstanzen

Durchstanznachweis Überlagerung 11

Grenzzustand der Tragfähigkeit für Durchstanzen nach DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12

Berechnungsgrundlagen:

Der Biegebewehrungsgrad ist als Mittelwert unter Berücksichtigung einer Plattenbreite entsprechend der Stützenabmessung zuzüglich 3d pro Seite berechnet. (6.4.4 (1))

konstante b-Werte / Innenstütze (direkt vorgegeben)

Bewehrungsgrad, vorhanden

Beiwert Rotationssymmetrie

Schubspannung

Tragwiderstand ohne Durchstanzbewehrung

Keine zusätzliche Stanzbewehrung erforderlich.

r_{vorh}	=	0.11 %
b	=	1.10
V_{Ed}	=	0.27 N/mm ² mit b
$V_{\text{Rd,c}}$	=	0.85 N/mm ²

Bewehrungswahl

Die Fundamente werden in oberer und unterer Lage gleich bewehrt.

Mittelstreifen

Ø 14 – 10, $a_{s,\text{vorh.}} = 15.40 \text{ cm}^2/\text{m}$

Randstreifen

Ø 12 – 10, $a_{s,\text{vorh.}} = 11.31 \text{ cm}^2/\text{m}$

4.4.3 Gründung des Silogerüsts – Variante 2: Tiefgründung

Aus den ermittelten Abmessungen der Fundamente, sowie dem ermittelte Betonstahlbedarf resultiert, dass gegenüber einer Tiefgründung in jedem Falle die Flachgründung auf Einzelfundamenten die wirtschaftlichere Gründungsvariante darstellt.

Aus diesem Grund wird an dieser Stelle auf die Untersuchung einer zweiten Gründungsvariante verzichtet.

5 Schlussblatt

Aufgestellt in

Ort, Datum

Unterschrift

Literaturverzeichnis

- [1] „TRAS 320 - Vorkehrungen und Maßnahmen wegen der Gefahrenquellen Wind, Schnee- und Eislasten,“ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2015.
- [2] A. Albert, „Schneider Bautabellen für Ingenieure,“ in *Kap. 4 C - Tragwerksentwurf und Vorbemessung*, Bundesanzeiger Verlag, 2018, pp. 4.85-4.119.
- [3] T. Verband, AD 2000-Merkblatt S 3/0:2016-09: Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter - Grundsätze, Beuth, 2016.
- [4] „DAfStb-Richtlinie, Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (BUmwS),“ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton , 2011.
- [5] „Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV),“ 2017.
- [6] „Arbeitsblatt DWA-A 786 Technische Regel wassergefährdender Stoffe (TRwS) Ausführung von Dichtflächen,“ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., 2005.
- [7] „Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-59.11-472,“ DIBt, Deutsches Institut für Bautechnik, 2020.
- [8] „DIN EN 14015,“ Normenausschuss Tankanlagen (NATank) u. Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN, 2004.
- [9] „Stahlbau-Praxis,“ Prof. Dr.-Ing. Gerd Wagenknecht, p. 247.
- [10] Anpralllasten im Hochbau, https://www.reguvis.de/fileadmin/BIV-Portal/Bautabellen/pdf/Newsletter-Archiv/23-02_Garg_Anpralllasten_im_Hochbau.pdf: Prof. Dr.-Ing. Andreas Garg.
- [11] in *Wendehorst Bautechnische Zahlentafeln, 34. Auflage*, Bild 6-21, Prof. Dr.-Ing. Ulrich Visman, 2012.
- [12] D.-I. U. W. Dr.-Ing. Norbert Brauer, Bemessungshilfe für Sekundärbarrieren aus unbeschichtetem Beton.
- [13] A. Albert, „Schneider Bautabellen für Ingenieure,“ in *3. Einwirkungen auf Tragwerke - IV. Windlasten*, Bundesanzeiger Verlag, 2018, pp. 3.24-3.47.

Anhang

Inhalt

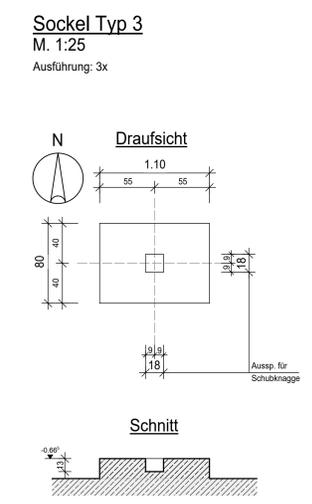
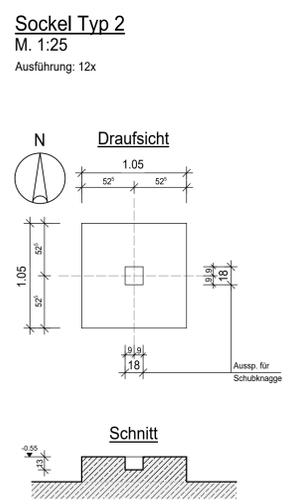
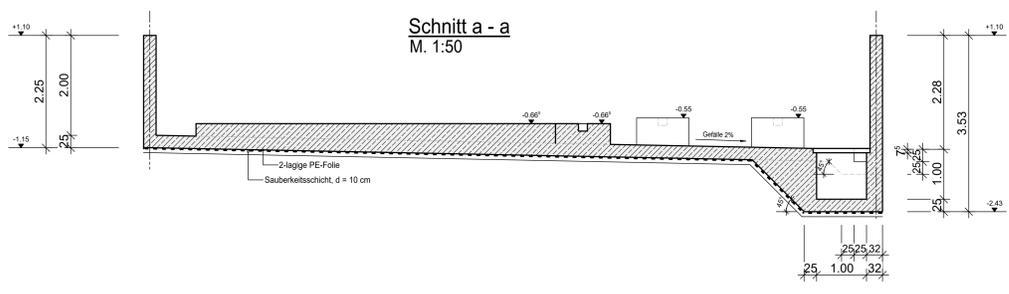
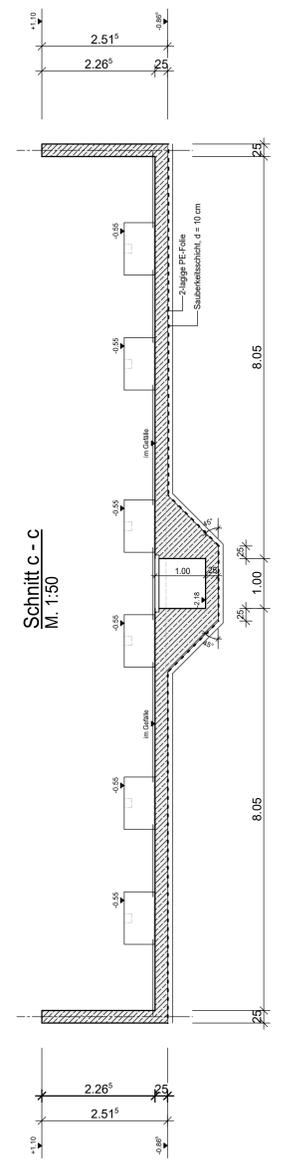
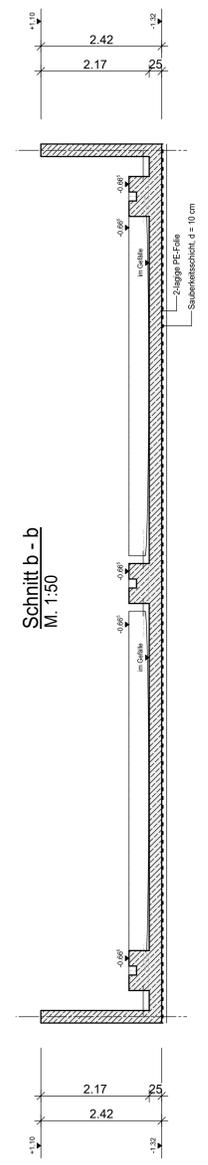
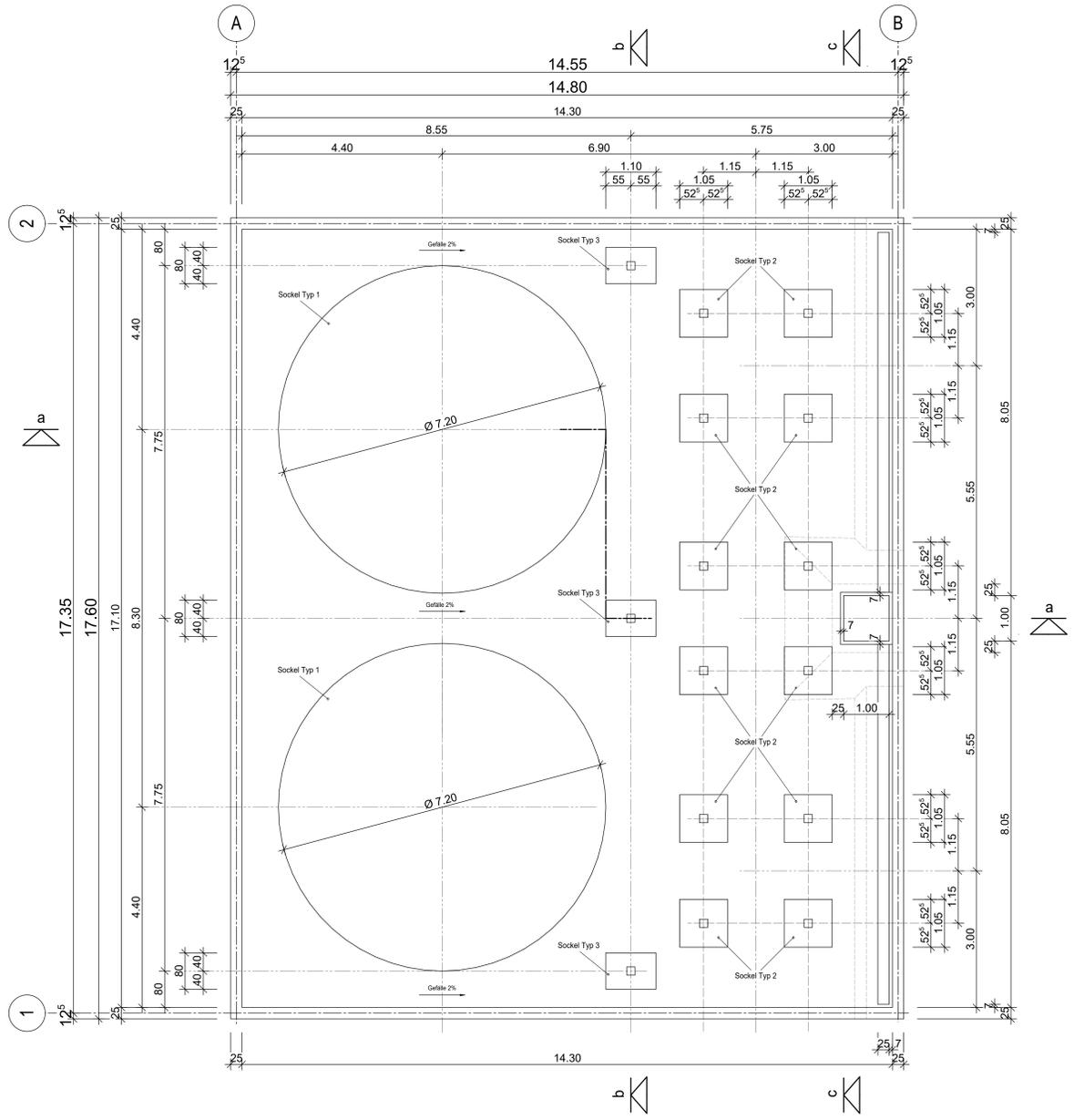
Ausführungszeichnungen	
TL – S – 001 – 1.0 Schalplan TL 01	IX
TL – B – 001 – 0.0 Bewehrungsplan TL 01 – Bodenplatte untere Lage	X
TL – B – 002 – 0.0 Bewehrungsplan TL 01 – Bodenplatte obere Lage	XI
TL – B – 003 – 1.0 Bewehrungsplan TL 01 – Tankbeckenwand West	XII
TL – B – 004 – 1.0 Bewehrungsplan TL 01 – Tankbeckenwand Ost	XIII
TL – B – 005 – 1.0 Bewehrungsplan TL 01 – Tankbeckenwand Nord	XIV
TL – B – 006 – 1.0 Bewehrungsplan TL 01 – Tankbeckenwand Süd	XV
TL – B – 007 – 1.0 Bewehrungsplan TL 01 – Sockel Typ 1	XVI
TL – B – 008 – 1.0 Bewehrungsplan TL 01 – Sockel Typ 2/ Sockel Typ 3	XVII
TL – W – 001 – 1.0 Werkstattzeichnung TL 01 – Verankerungen	XVIII
SG – S – 001 – 1.0 Schalplan SG 01	XIX
SG – B – 001 – 1.0 Bewehrungsplan SG 01 – Einzelfundamente	XX
SG – B – 002 – 1.0 Bewehrungsplan SG 01 – Stützen	XXI
SG – B – 003 – 1.0 Bewehrungsplan SG 01 – Riegel	XXII

Datenträger

Der beiliegende Datenträger enthält sämtliche Dokumente im .pdf-Format, sowie die, den elektronisch geführten Berechnungen, zugrunde liegenden Rechenmodelle.



Draufsicht Tanklager
M. 1:50



LEGENDE

SYMBOLE	Schnitt:	KURZZEICHEN
±0,00 = OK, Fertig	±0,00 = OK, Fertig	AF - Arbeitsfuge
-0,10 = OK, Roh	-0,20 = Roh	DD - Deckendurchbruch
-0,20 = Roh		FFB - Fertigfußboden
		OK - Oberkante
		OKD - Oberkante Decke
Bestand		RFB - Rohrfußboden
Neubau		RS - Rohrsohle
Stahlbeton		SF - Scheinfuge
Mauerwerk		UK - Unterkante
Öffnung / Vertiefung		UKD - Unterkante Decke
Durchbruch		UZ - Unterzug
Schiltz		UZ - Überzug
		WD - Wanddurchbruch
		GIrO - Gitterrost
		TrBl - Tränenblech

HINWEISE

Die vorhandene Zugfestigkeit des, zur Ausführung verwendeten, Betons darf im Betonalter von 3 - 5 Tagen nicht mehr als 65 % von f_{tm} betragen.

Das Tankbecken ist innen mit der Beschichtung "StoCryl BF 700" zu beschichten. Die Farbe des Anstrichs ist durch den Auftraggeber festzulegen.

Die Lage der Verankerungen der Apparate A 01 und A 02 ist mit den Planern der Apparate abzustimmen.

Arbeitsfugen, welche aus betonertechnischer Sicht erforderlich sind, sind in den Ausführungsplänen nicht bereits erfasst worden, sind von der ausführenden Baufirma selbstständig festzulegen und mit dem Auftraggeber abzustimmen.

Das Rinnengefälle wird nachträglich durch das Einbringen von unbewehrten Beton hergestellt und ist nicht Gegenstand dieses Schalplans.



KENNZEICHNUNG FÜR DIE OBERFLÄCHENBESCHAFFENHEIT VON BETON

wenn nicht anders angegeben gilt: **abgerieben / glatt**

maßgenau / rau	flügelglatt	Besenstrich	abgerieben / glatt	poros / glatt / geschliffen / feinsand / streifen z.B. S93
▽	▽	▽	▽	▽

EBENHEITSTOLERANZEN nach DIN 18202: 2019-07, Tabelle 3

Die Mindestanforderung an die Oberflächen ist immer der DIN 18202: 2019-07, Tabelle 3 zu entnehmen. Abweichungen z.B. durch erhöhte Anforderungen werden auf dem Plan gekennzeichnet.

Beispiel Darstellung bei Abweichung einzelner Bauteile: ∇^{4*} * Ziellernummer nach DIN 18202: 2019-07, Tabelle 3

MATERIALIEN

Bauteil	Beton nach DIN EN 206-1 / DIN 1045-2	Expositionsklassen
Sauberkeitsschicht	C 12/15 d = 10 cm	X0
Gründung		
Grundbalken		
Bodenplatte	C 25/30	XC4, XF1, XA1, WF
Wände	C 25/30	XC4, XF1, XA1, WF
Stützen		
Decken		
Sockel	C 25/30	XC4, XF1, XA1, WF
Aufkantung		

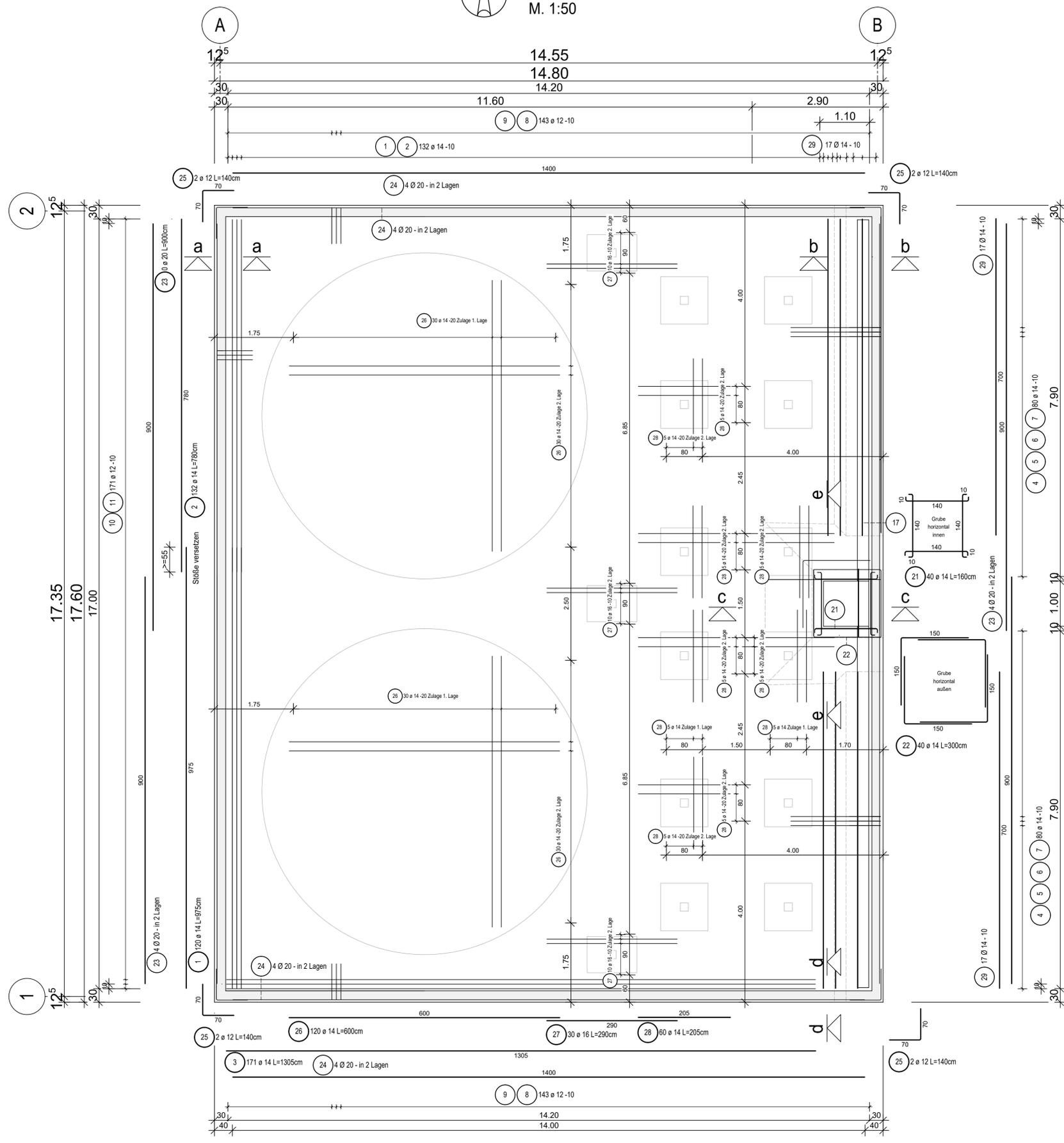
ZUGEHÖRIGE DOKUMENTE:

Zeichnungs-Nr.	Titel
TL - B - 001 - 0.0	Bewehrungsplan TL 01 - Bodenplatte - untere Lage
TL - B - 002 - 0.0	Bewehrungsplan TL 01 - Bodenplatte - obere Lage
TL - B - 003 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand West
TL - B - 004 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Ost
TL - B - 005 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Nord
TL - B - 006 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Süd
TL - B - 007 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Sockel Typ 1
TL - B - 008 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Sockel Typ 2 / Sockel Typ 3
TL - W - 001 - 2.0	Werkstattzeichnung TL 01 - Verankerungen in Sockel Typ 1 / 2 / 3

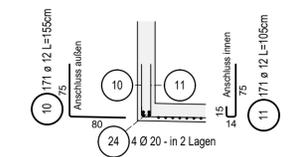
Technology Arts Sciences TH Köln Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik Campus Deutz (Altbau) Betzdorfer Straße 2, 50679 Köln

Zeichnungsnummer: TL - S - 001 - 0.0	Projekt: BA	Blatt: IX
Position: Pos. TL 01 - Tanklager	Mischmaß: 1:50 / 1:25	
Planname: Schalplan TL 01 Tankbecken Achse A - B / 1 - 2	Datum: 01.03.21	Name: MH

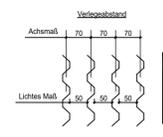
Draufsicht
M. 1:50



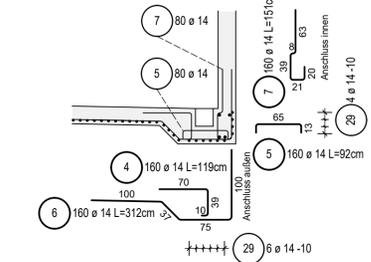
Schnitt a - a
Anschluss Westwand



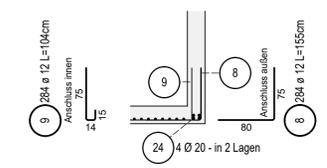
Abstandhalter der Fa. Baustahlgewebe
Anzahl und Abmessung siehe zugeh. Liste



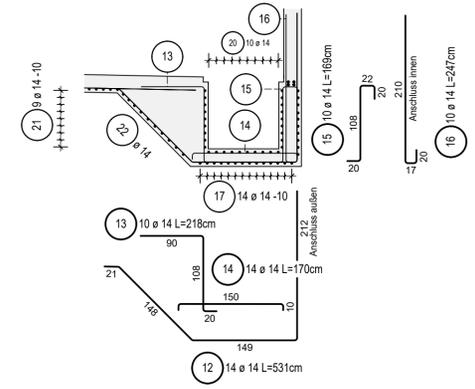
Schnitt b - b
Bewehrungsführung Rinne/
Anschluss Ostwand



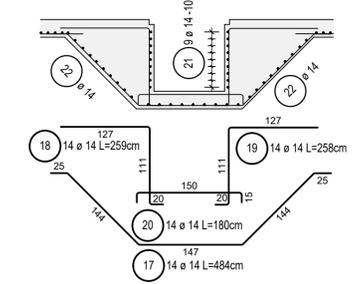
Schnitt d - d
Anschluss Nord- / Südwand



Schnitt c - c
Bewehrungsführung Grube
Querschnitt

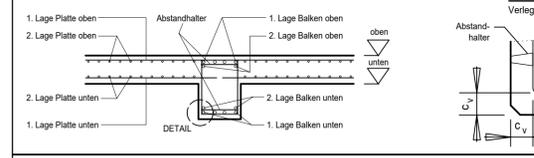


Schnitt e - e
Bewehrungsführung Grube
Längsschnitt



ES GELTEN DIE HINWEISE DES SCHALPLANS

ALLGEMEINE DEFINITIONEN DER BEWEHRUNGSEBENEN
gemäß DIN 1356



Δc = Vorhaltemaß der Betondeckung zur Gewährleistung von c_{min} im erhärteten Bauteil:
gemäß DIN EN 1992-1-1 (im Verlegemaß berücksichtigt)
 $\Delta c = 1,0$ cm für Expositionsklasse: XC1
 $\Delta c = 1,5$ cm für Expositionsklasse: XC2, XC3, XC4, XD, XS

Stabdurchmesser ds (mm)	Haken, Winkelhaken, Schlaufen, Bügel (db1)	Verlegemaß (c _v) der Betondeckung gemäß DIN EN 1992-1-1 in cm		Beton nach DIN EN 206-1/ DIN 1045-2	Expositionsklasse gemäß DIN EN 1992-1-1
		Bauteil	Betondeckung		
< 20	4 ds	Fundamente	oben	C 25/30	XC4, XF1, XA1, WF
		Bodenplatte	unten		
≥ 20	7 ds	Sockel	unten		
		Stützen	unten		
> 10 cm u. > 7 ds	10 ds	Wände	innen		
		Balken	unten		
> 5 cm u. > 3 ds	15 ds	Decken	unten		
			Decken	unten	
< 5 cm u. < 3 ds	20 ds	Decken	unten		
			Decken	unten	

ZUGEHÖRIGE DOKUMENTE:

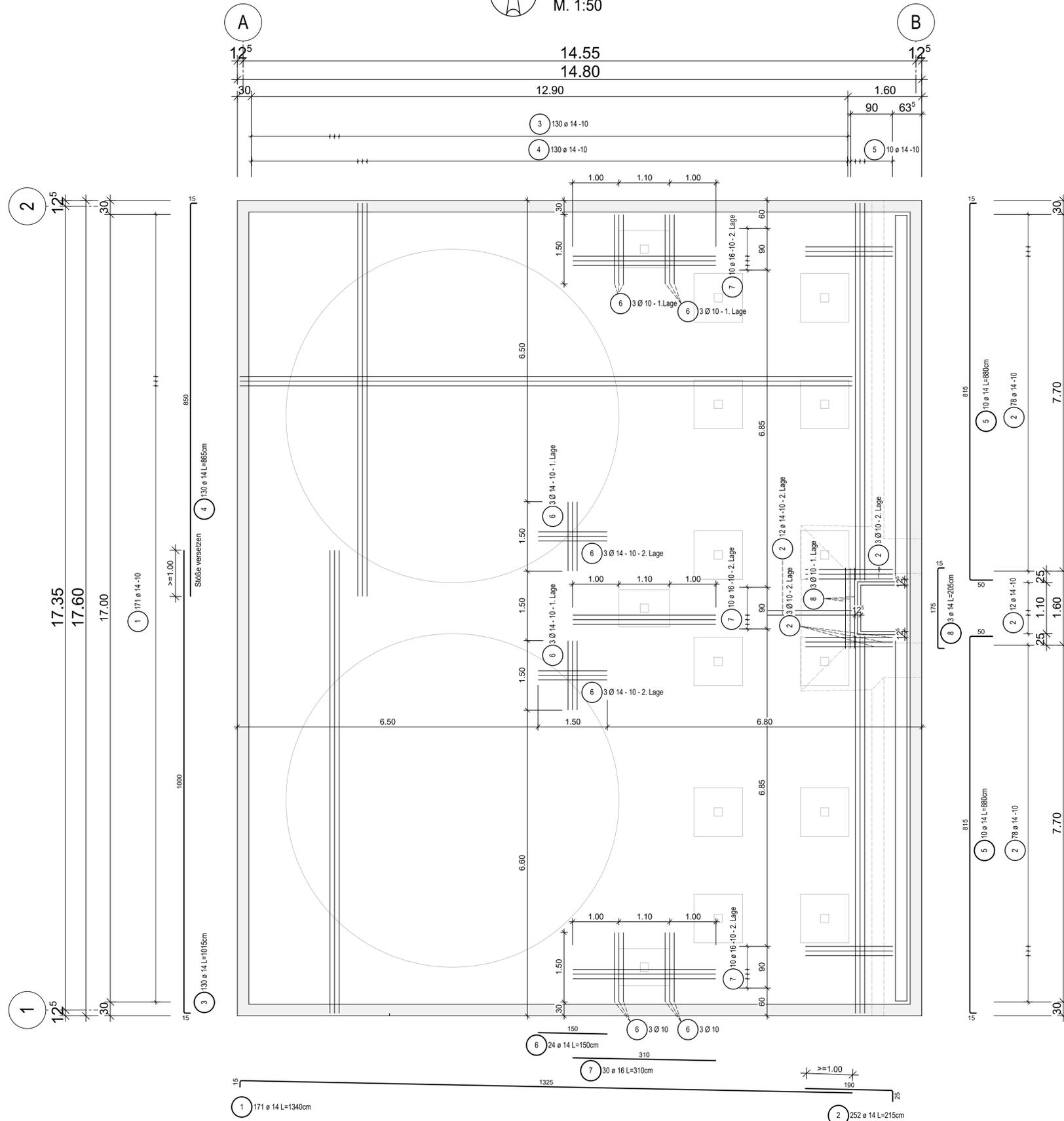
Zeichnungs Nr.	Titel
TL - S - 001 - 0.0	Schalplan TL 01
TL - B - 002 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Bodenplatte - obere Lage
TL - B - 003 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand West
TL - B - 004 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Ost
TL - B - 005 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Nord
TL - B - 006 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Süd
TL - B - 007 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Sockel Typ 1
TL - B - 008 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Sockel Typ 2 / Sockel Typ 3
TL - W - 001 - 2.0	Werkstattzeichnung TL 01 - Verankerungen in Sockel Typ 1 / 2 / 3

Technology Arts Sciences TH Köln Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik
Campus Deutz (Altbau)
Betzdorfer Straße 2, 50679 Köln

Zeichnungsnummer:	TL - B - 001 - 1.0	Projekt:	BA	Blatt:	X
Position:	Pos. TL 01 - Tanklager	Maßstab:	1:50	Datum:	01.03.21
Planinhalt:	Bewehrungsplan TL 01 Bodenplatte - untere Lage Achse A / 1 - 2	Name:	MH	gez.:	

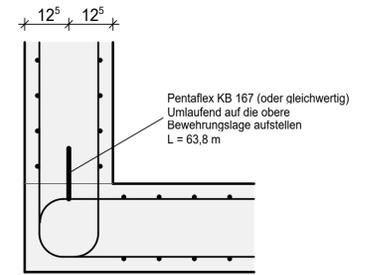


Draufsicht
M. 1:50



Prinzipdetail Wandfuß

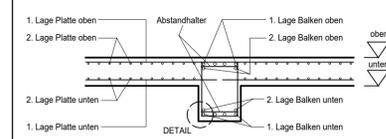
M. 1:10



ES GELTEN DIE HINWEISE DES SCHALPLANS

ALLGEMEINE DEFINITIONEN DER BEWEHRUNGSEBENEN

gemäß DIN 1356



Δc = Vorhaltemaß der Betondeckung zur Gewährleistung von c_{min} im erhärteten Bauteil:
- gemäß DIN EN 1992-1-1 (im Verlegemaß berücksichtigt)
 $\Delta c = 1,0$ cm für Expositionsklasse: XC1
 $\Delta c = 1,5$ cm für Expositionsklasse: XC2, XC3, XC4, XD, XS



Mindestwerte der Biegerollendurchmesser d_{br} für Betonstahl gemäß DIN EN 1992-1-1

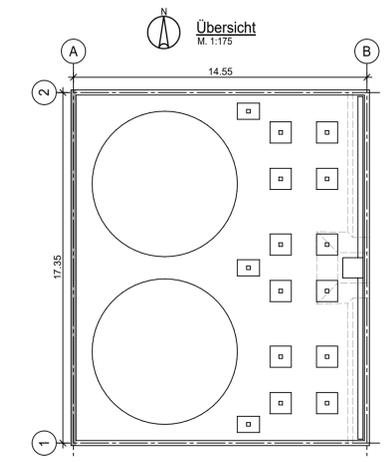
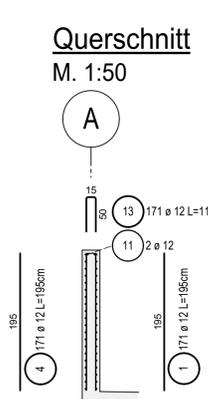
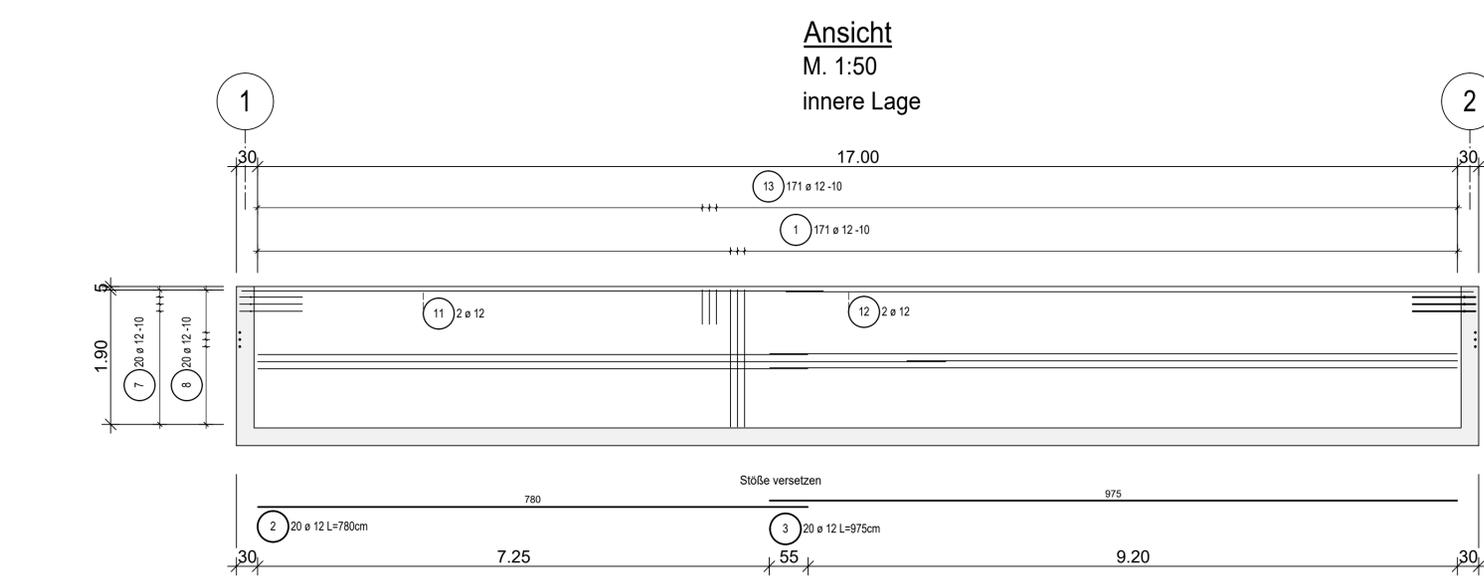
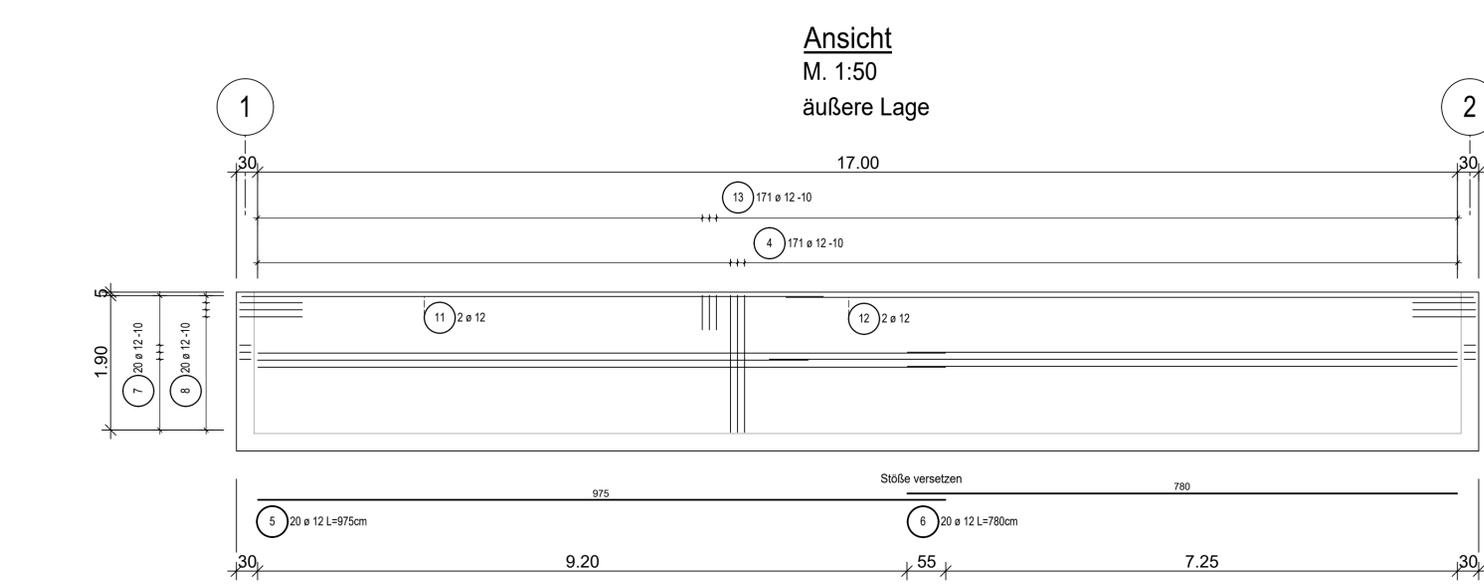
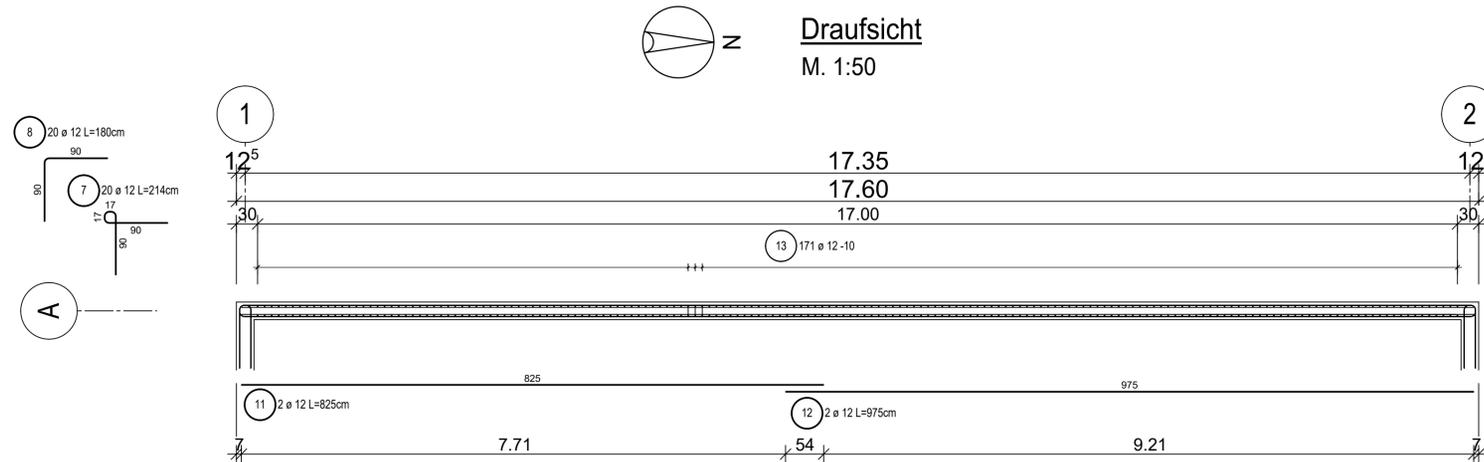
Bauteil	Betondeckung	Verlegemaß (c_v) der Betondeckung gemäß DIN EN 1992-1-1 in cm	
		Beton nach DIN EN 206-1/ DIN 1045-2	Expositionsklasse gemäß DIN EN 1992-1-1
Fundamente	oben		
	unten		
Bodenplatte	unten	4,0	C 25/30
	seitlich	4,0	
Sockel	oben		XC4, XF1, XA1, WF
	unten		
Stützen	oben		
	unten		
Wände	innen		
	ausßen		
Balken	oben		
	unten		
Decken	unten		
	seitlich		

ZUGEHÖRIGE DOKUMENTE:

Zeichnungs Nr.	Titel
TL - S - 001 - 0.0	Schalplan TL 01
TL - B - 001 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Bodenplatte - untere Lage
TL - B - 003 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand West
TL - B - 004 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Ost
TL - B - 005 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Nord
TL - B - 006 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Süd
TL - B - 007 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Sockel Typ 1
TL - B - 008 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Sockel Typ 2 / Sockel Typ 3
TL - W - 001 - 2.0	Werkstattzeichnung TL 01 - Verankerungen in Sockel Typ 1 / 2 / 3

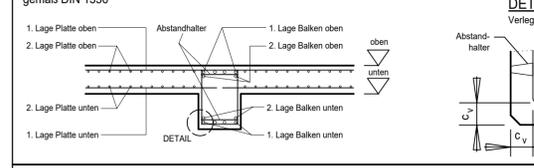
Technology Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik
Arts Sciences Campus Deutz (Altbau)
TH Köln Betzdorfer Straße 2, 50679 Köln

Zeichnungsnummer:	TL - B - 002 - 1.0	Projekt:	BA	Blatt:	XI
Position:	Pos. TL 01 - Tanklager	Maßstäbe:	1:50 / 1:10		
Planinhalt:	Bewehrungsplan TL 01 Bodenplatte - obere Lage Achse A / 1 - 2	Datum:	01.03.21	Name:	MH



ES GELTEN DIE HINWEISE DES SCHALPLANS

ALLGEMEINE DEFINITIONEN DER BEWEHRUNGSEBENEN
gemäß DIN 1356



Δc = Vorhaltenmaß der Betondeckung zur Gewährleistung von c_{min} im erhärteten Bauteil:
 - gemäß DIN EN 1992-1-1 (im Verlegemaß berücksichtigt)
 $\Delta c = 1,0$ cm für Expositionsklasse XC1
 $\Delta c = 1,5$ cm für Expositionsklasse XC2, XC3, XC4, XD, XS

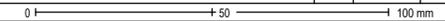
Stabdurchmesser d_s (mm)	Haken, Winkelhaken, Schlaufen, Bügel (db1)	Verlegemaß (c_v) der Betondeckung gemäß DIN EN 1992-1-1 in cm		
		Bauteil	Betondeckung	Expositionsklasse gemäß DIN EN 1992-1-1
< 20	4 d_s	Fundamente	oben unten seitlich	
		Bodenplatte	oben unten seitlich	
> / = 20	7 d_s	Sockel	oben unten seitlich	
		Stützen	innen ausßen	C 25/30
Seitliche Betondeckung	Aufbiegungen und andere Krümmungen von Stäben (z. B. Rahmenecken) (db2)	Wände	innen 4,0 ausßen 4,0	XC4, XF1, XXA1, WF
		Balken	oben unten seitlich	
> 10 cm u. > 7 d_s > 5 cm u. > 3 d_s <= 5 cm u. <= 3 d_s	10 d_s 15 d_s 20 d_s	Decken	oben unten seitlich	

ZUGEHÖRIGE DOKUMENTE:

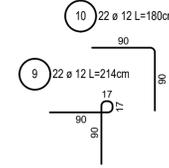
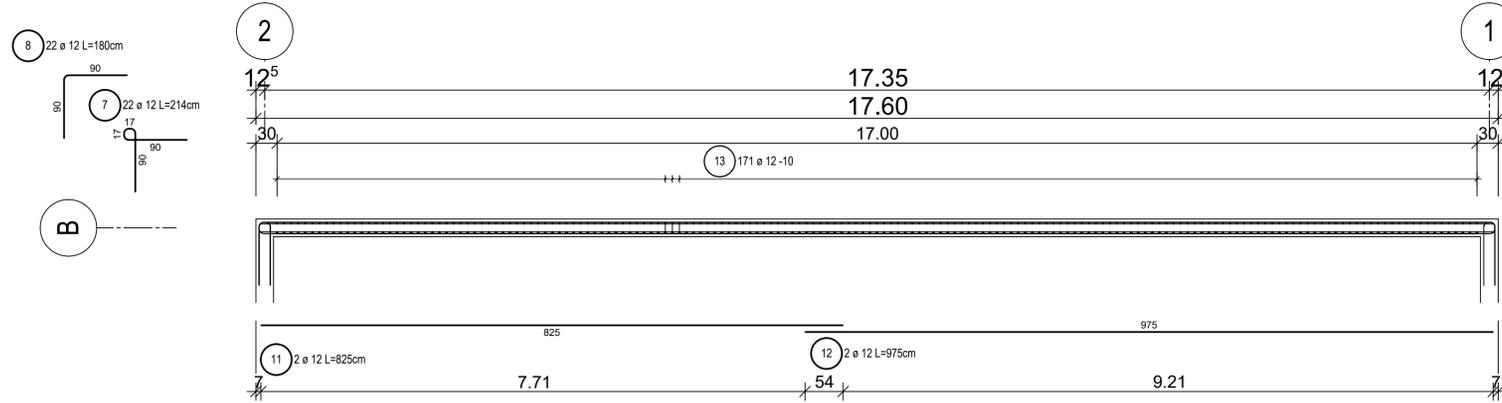
Zeichnungs Nr.	Titel
TL - S - 001 - 0.0	Schalplan TL 01
TL - B - 001 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Bodenplatte - untere Lage
TL - B - 002 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Bodenplatte - obere Lage
TL - B - 004 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Ost
TL - B - 005 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Nord
TL - B - 006 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Süd
TL - B - 007 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Sockel Typ 1
TL - B - 008 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Sockel Typ 2 / Sockel Typ 3
TL - W - 001 - 2.0	Werkstattzeichnung TL 01 - Verankerungen in Sockel Typ 1 / 2 / 3

Technology Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik
Arts Sciences Campus Deutz (Altbau)
TH Köln Betzdorfer Straße 2, 50679 Köln

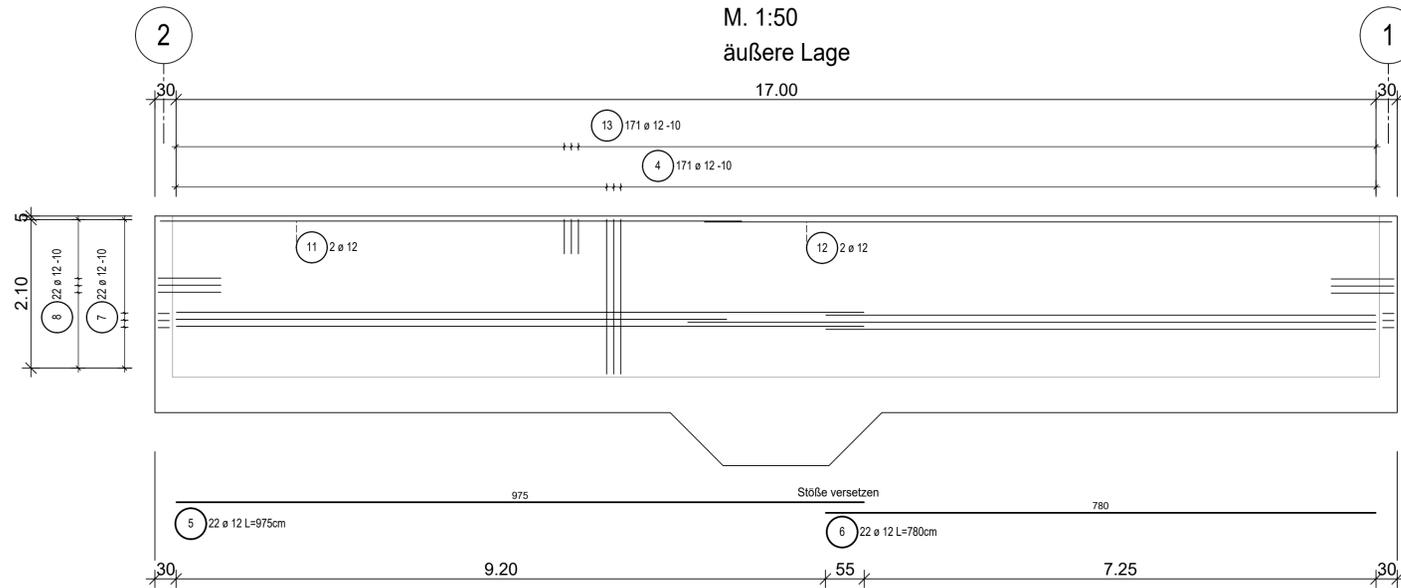
Zeichnungsnummer:	TL - B - 003 - 1.0	Projekt:	BA	Blatt:	XII
Position:	Pos. TL 01 - Tanklager	Maßstab:	1:50		
Planinhalt:	Bewehrungsplan TL 01 Tankbeckenwand West Achse A / 1 - 2	Datum:	01.03.21	Name:	MH



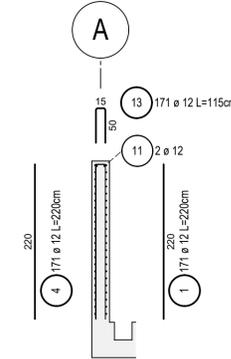
Draufsicht
M. 1:50



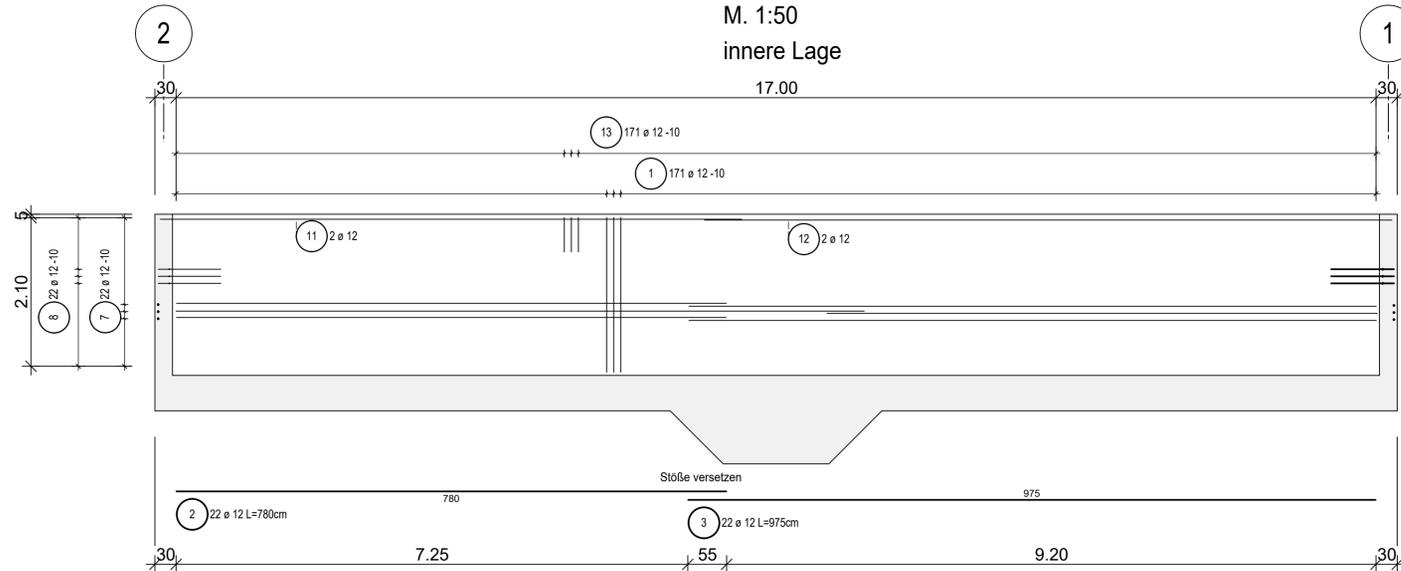
Ansicht
M. 1:50
äußere Lage



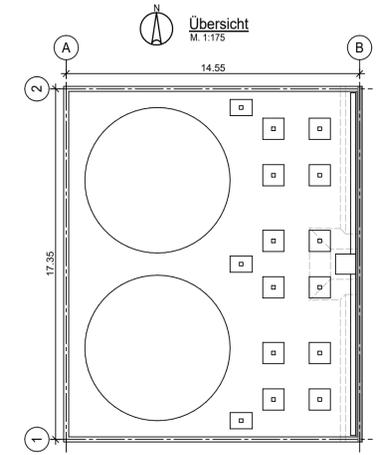
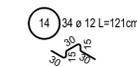
Querschnitt
M. 1:50



Ansicht
M. 1:50
innere Lage

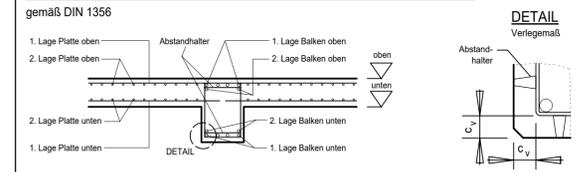


Abstandhalter
2 Stück / m²



ES GELTEN DIE HINWEISE DES SCHALPLANS

ALLGEMEINE DEFINITIONEN DER BEWEHRUNGSEBENEN



Δc = Vorhaltemaß der Betondeckung zur Gewährleistung von c_{min} im erhärteten Bauteil:
gemäß DIN EN 1992-1-1 (im Verlegemaß berücksichtigt)
 $\Delta c = 1,0$ cm für Expositionsklasse: XC1
 $\Delta c = 1,5$ cm für Expositionsklasse: XC2, XC3, XC4, XD, XS

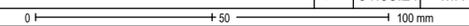
Stabdurchmesser d_s (mm)	Haken, Winkelhaken, Schlaufen, Bügel (db1)	Verlegemaß (c_v) der Betondeckung gemäß DIN EN 1992-1-1 in cm		
		Bauteil	Betondeckung	Expositionsklasse gemäß DIN EN 1992-1-1
< 20	4 ds	Fundamente	oben unten seitlich	
		Bodenplatte	oben unten seitlich	
> / = 20	7 ds	Sockel	oben unten seitlich	
		Stützen	innen ausßen	C 25/30 XC4, XF1, XA1, WF
> 10 cm u. > 7 ds > 5 cm u. > 3 ds =< 5 cm u. =< 3 ds	10 ds 15 ds 20 ds	Wände	innen ausßen	
		Balken	oben unten seitlich	
Betonstahl: B500B		Decken	oben unten seitlich	

ZUGEHÖRIGE DOKUMENTE:

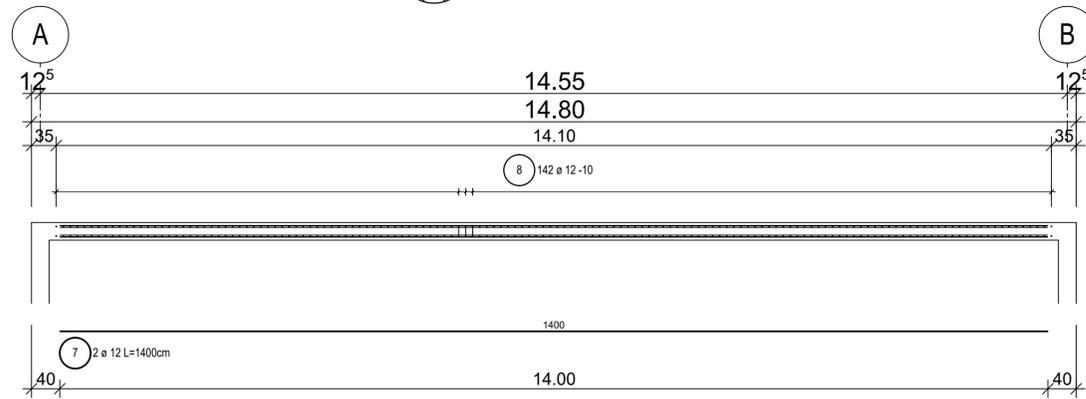
Zeichnungs Nr.	Titel
TL - S - 001 - 0.0	Schalplan TL 01
TL - B - 001 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Bodenplatte - untere Lage
TL - B - 002 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Bodenplatte - obere Lage
TL - B - 003 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand West
TL - B - 005 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Nord
TL - B - 006 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Süd
TL - B - 007 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Sockel Typ 1
TL - B - 008 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Sockel Typ 2 / Sockel Typ 3
TL - W - 001 - 2.0	Werkstattzeichnung TL 01 - Verankerungen in Sockel Typ 1 / 2 / 3

Technology Arts Sciences TH Köln Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik
Campus Deutz (Altbau)
Betzdorfer Straße 2, 50679 Köln

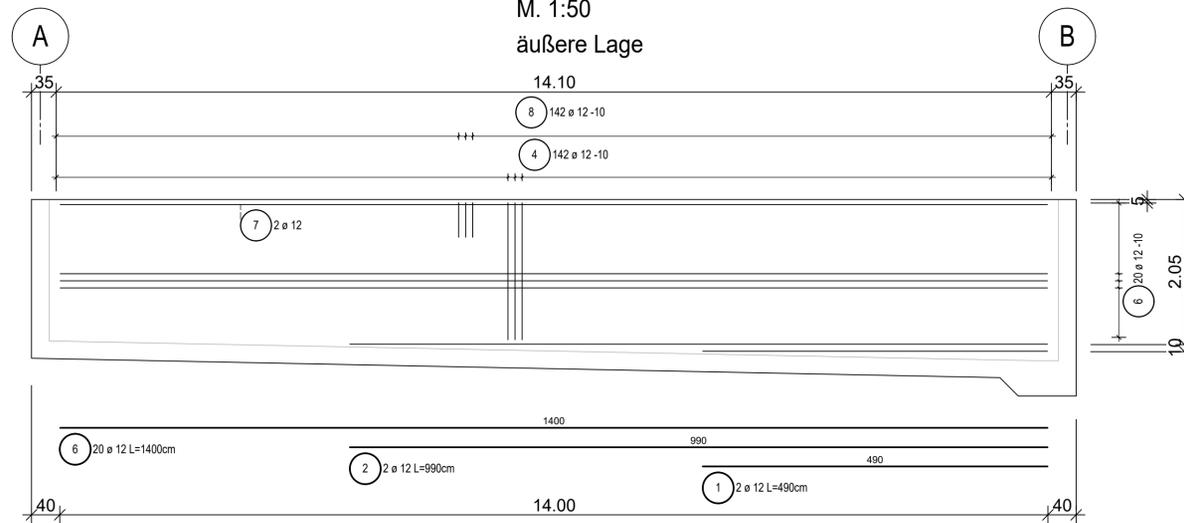
Zeichnungsnummer: TL - B - 004 - 1.0	Projekt: BA	Blatt: XIII
Position: Pos. TL 01 - Tanklager	Maßstab: 1:50	
Planinhalt: Bewehrungsplan TL 01 Tankbeckenwand Ost Achse B / 1 - 2	Datum: 01.03.21	Name: MH



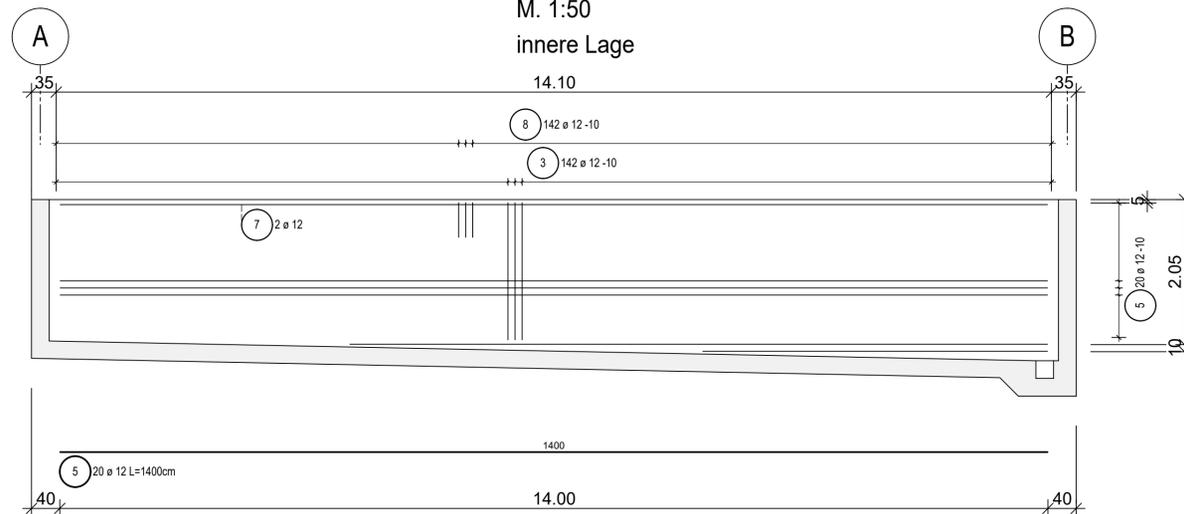
N
Draufsicht
M. 1:50



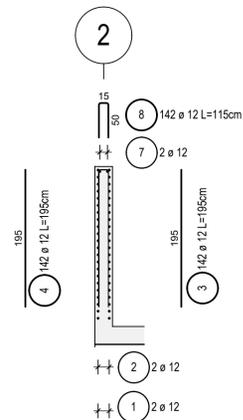
Ansicht
M. 1:50
äußere Lage



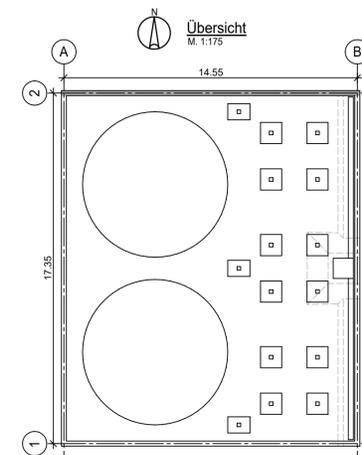
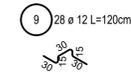
Ansicht
M. 1:50
innere Lage



Querschnitt
M. 1:50



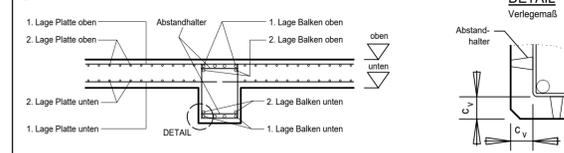
Abstandhalter
2 Stück / m²



ES GELTEN DIE HINWEISE DES SCHALPLANS

ALLGEMEINE DEFINITIONEN DER BEWEHRUNGSEBENEN

gemäß DIN 1356



Δc = Vorhaltenmaß der Betondeckung zur Gewährleistung von c_{min} im erhärteten Bauteil:
gemäß DIN EN 1992-1-1 (im Verlegemaß berücksichtigt)
 $\Delta c = 1,0$ cm für Expositionsklasse: XC1
 $\Delta c = 1,5$ cm für Expositionsklasse: XC2, XC3, XC4, XD, XS

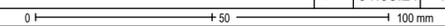
Bauteil	Betondeckung	Beton nach DIN EN 206-1 / DIN 1045-2		Expositionsklasse gemäß DIN EN 1992-1-1
		innen	aussem	
Fundamente	oben unten seitlich			
Bodenplatte	oben unten seitlich			
Sockel	oben unten seitlich			
Stützen				
Wände	innen aussem	4,0 4,0	C 25/30	XC4, XF1, XA1, WF
Balken	oben unten seitlich			
Decken	oben unten seitlich			

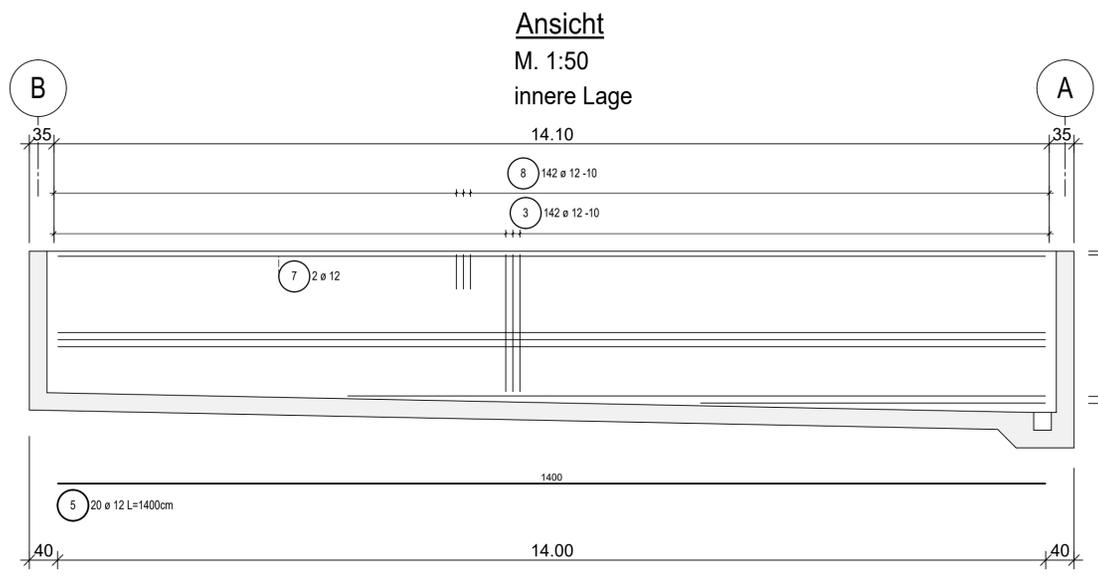
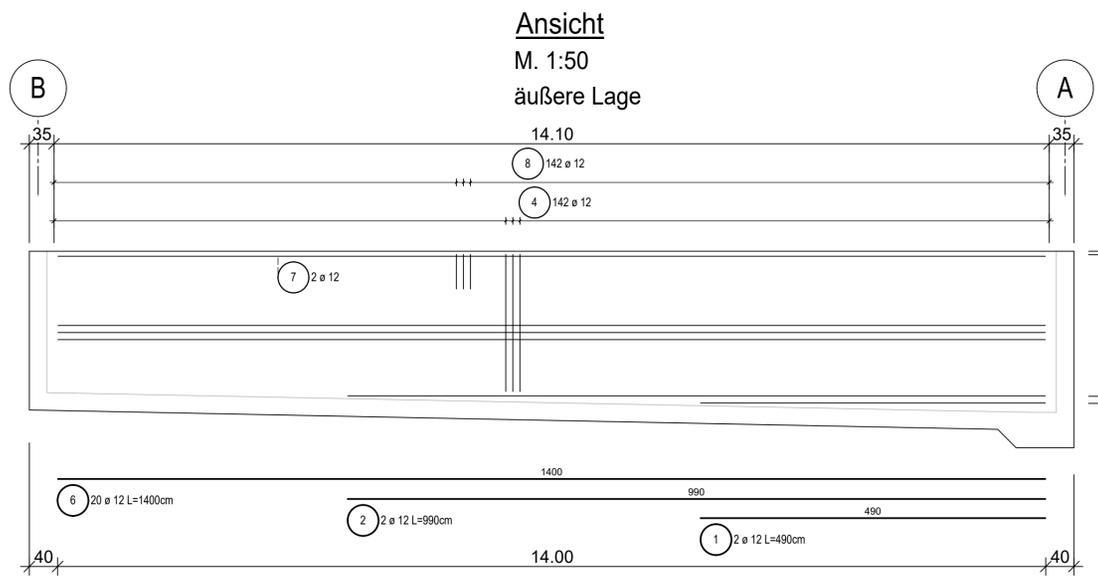
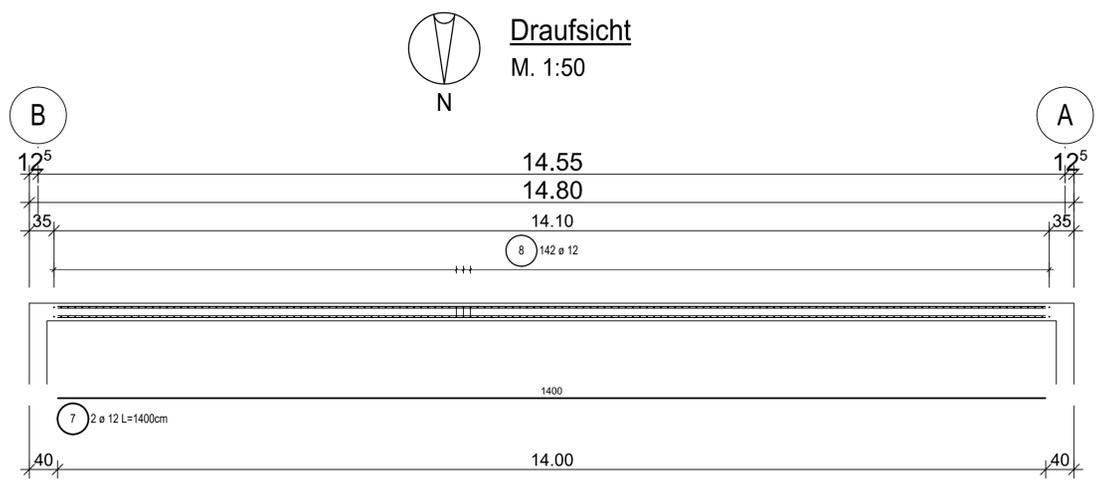
ZUGEHÖRIGE DOKUMENTE:

Zeichnungs Nr.	Titel
TL - S - 001 - 0.0	Schalplan TL 01
TL - B - 001 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Bodenplatte - untere Lage
TL - B - 002 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Bodenplatte - obere Lage
TL - B - 003 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand West
TL - B - 004 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Ost
TL - B - 006 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Süd
TL - B - 007 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Sockel Typ 1
TL - B - 008 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Sockel Typ 2 / Sockel Typ 3
TL - W - 001 - 2.0	Werkstattzeichnung TL 01 - Verankerungen in Sockel Typ 1 / 2 / 3

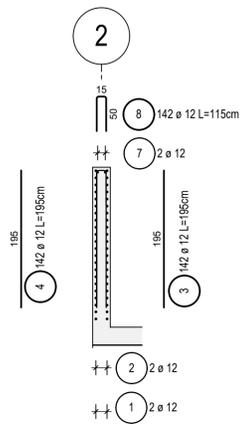
Technology Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik
Arts Sciences Campus Deutz (Altbau)
TH Köln Betzdorfer Straße 2, 50679 Köln

Zeichnungsnummer:	TL - B - 005 - 1.0	Projekt:	BA	Blatt:	XIV
Position:	Pos. TL 01 - Tanklager	Maßstab:	1:50		
Planinhalt:	Bewehrungsplan TL 01 Tankbeckenwand Nord Achse 2 / A - B	Datum:	01.03.21	Name:	MH

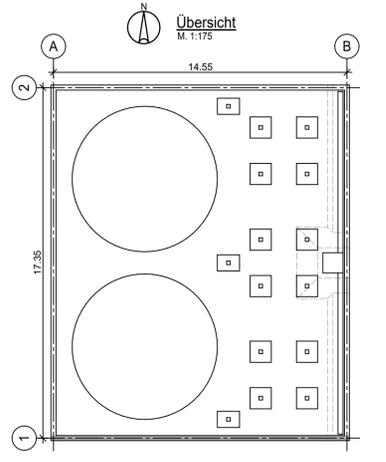
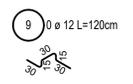




Querschnitt
M. 1:50

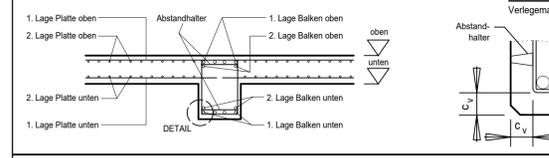


Abstandhalter
2 Stück / m²



ES GELTEN DIE HINWEISE DES SCHALPLANS

ALLGEMEINE DEFINITIONEN DER BEWEHRUNGSEBENEN
gemäß DIN 1356



Δc = Vorhaltemaß der Betondeckung zur Gewährleistung von c_{min} im erhärteten Bauteil:
 - gemäß DIN EN 1992-1-1 (im Verlegemaß berücksichtigt)
 $\Delta c = 1,0$ cm für Expositionsklasse: XC1
 $\Delta c = 1,5$ cm für Expositionsklasse: XC2, XC3, XC4, XD, XS

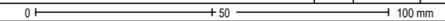
Bauteil	Betondeckung	Beton nach DIN EN 206-1 / DIN 1045-2		Expositionsklasse gemäß DIN EN 1992-1-1
		innen	aussem	
Fundamente	oben unten seitlich			
Bodenplatte	oben unten seitlich			
Sockel	oben unten seitlich			
Stützen				
Wände	innen aussem	4,0 4,0	C 25/30	XC4, XF1, XA1, WF
Balken	oben unten seitlich			
Decken	oben unten seitlich			

ZUGEHÖRIGE DOKUMENTE:

Zeichnungs Nr.	Titel
TL - S - 001 - 0.0	Schalplan TL 01
TL - B - 001 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Bodenplatte - untere Lage
TL - B - 002 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Bodenplatte - obere Lage
TL - B - 003 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand West
TL - B - 004 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Ost
TL - B - 005 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Nord
TL - B - 007 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Sockel Typ 1
TL - B - 008 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Sockel Typ 2 / Sockel Typ 3
TL - W - 001 - 2.0	Werkstattzeichnung TL 01 - Verankerungen in Sockel Typ 1 / 2 / 3

Technology Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik
Arts Sciences Campus Deutz (Altbau)
TH Köln Betzdorfer Straße 2, 50679 Köln

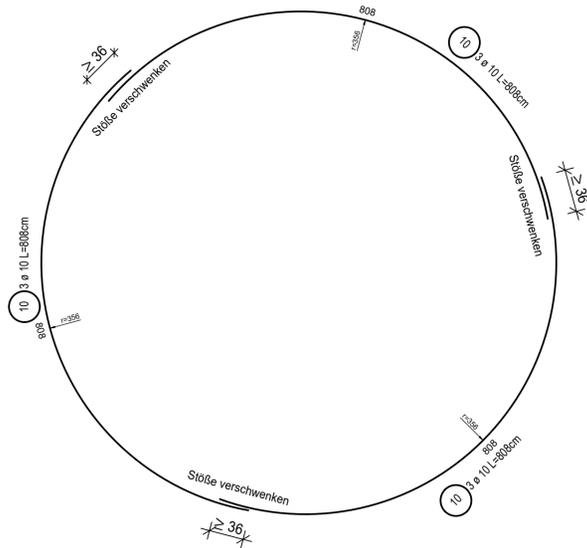
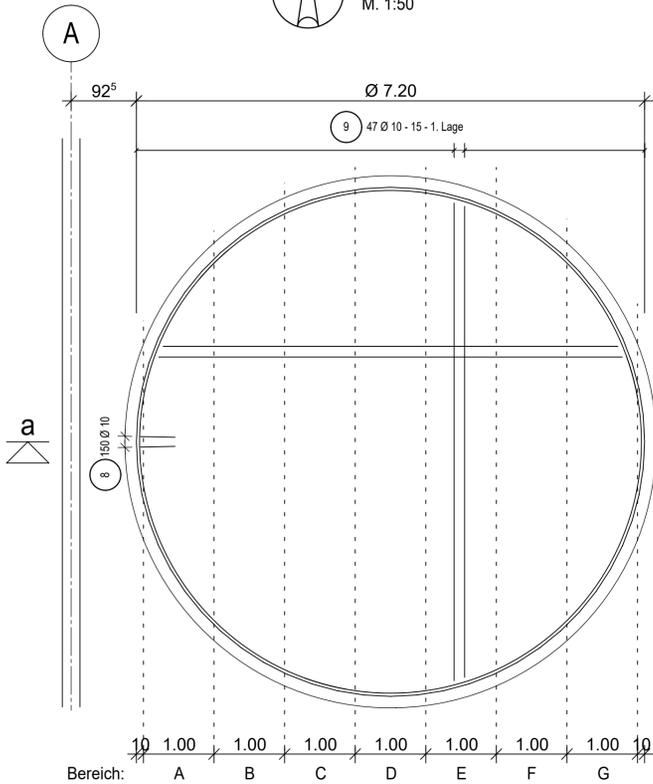
Zeichnungsnummer:	TL - B - 006 - 1.0	Projekt:	BA	Blatt:	XV
Position:	Pos. TL 01 - Tanklager	Maßstäbe:	1:50		
Planinhalt:	Bewehrungsplan TL 01 Tankbeckenwand Süd Achse B / 1 - 2	Datum:	01.03.21	Name:	MH



Sockel Typ 1

Ausführung 2x

Draufsicht
M. 1:50

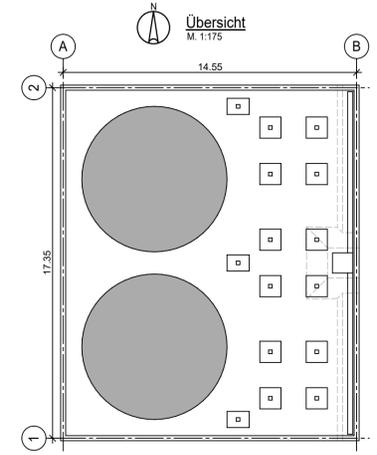


Schnitt a - a
M. 1:50



Form	Anzahl	Länge a [cm]	Länge Einzelstab [cm]	Länge Gesamt [cm]
9.1	4	117	117	468
9.2	4	233	233	932
9.3	4	304	304	1216
9.4	4	360	360	1440
9.5	4	406	406	1624
9.6	4	445	445	1780
9.7	4	479	479	1916
9.8	4	509	509	2036
9.9	4	536	536	2144
9.10	4	559	559	2236
9.11	4	581	581	2324
9.12	4	600	600	2400
9.13	4	617	617	2468
9.14	4	632	632	2528
9.15	4	645	645	2580
9.16	4	658	658	2632
9.17	4	667	667	2668
9.18	4	676	676	2704
9.19	4	683	683	2732
9.20	4	690	690	2760
9.21	4	694	694	2776
9.22	4	697	697	2788
9.23	4	699	699	2796
9.24	2	700	700	1400

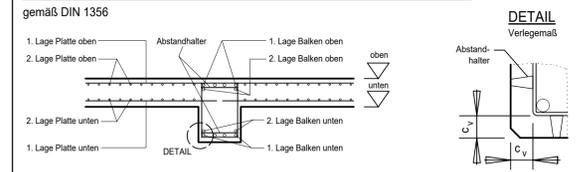
Summe der Längen = 513.480 m



ES GELTEN DIE HINWEISE DES SCHALPLANS

ALLGEMEINE DEFINITIONEN DER BEWEHRUNGSEBENEN

gemäß DIN 1356



Δc = Vorhaltenmaß der Betondeckung zur Gewährleistung von c_{min} im erharteten Bauteil:
 gemäß DIN EN 1992-1-1 (im Verlegemaß berücksichtigt)
 $\Delta c = 1,0$ cm für Expositionsklasse: XC1
 $\Delta c = 1,5$ cm für Expositionsklasse: XC2, XC3, XC4, XD, XS

Bauteil	Betondeckung	Beton nach DIN EN 206-1 / DIN 1045-2		Expositionsklasse gemäß DIN EN 1992-1-1
		oben	unten	
Fundamente				
Bodenplatte		oben	unten	
Sockel		oben	unten	C 25/30
		unten	unten	
Stützen		innen	ausßen	XC4, XF1, XA1, WF
		unten	unten	
Wände		innen	ausßen	
		unten	unten	
Balken		unten	unten	
		unten	unten	
Decken		unten	unten	
		unten	unten	

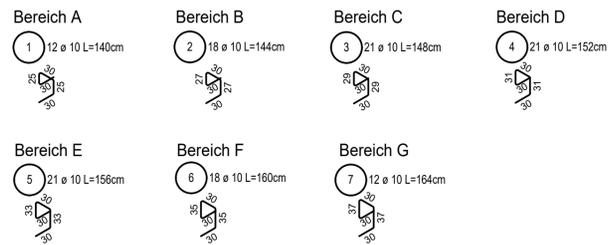
Stabliste - Biegeformen (1-fach)

Pos.	Stck	ø [mm]	Einzel Länge [m]	Bemaßte Biegeform (unmaßstäblich)	Gesamt Länge [m]	Masse [kg]
1	12	10	1.40		16.80	10.37
2	18	10	1.44		25.92	15.99
3	21	10	1.48		31.08	19.18
4	21	10	1.52		31.92	19.69
5	21	10	1.56		32.76	20.21
6	18	10	1.60		28.80	17.77
7	12	10	1.64		19.68	12.14
8	150	10	1.35		202.50	124.94
9	94	10	-X-		513.48	316.82
10	9	10	8.08		72.72	44.87
11	24	10	1.20		28.80	17.77

Masse 1-fach [kg]: 619.75
 Gesamtmasse [kg]: 1239.5

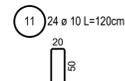
Abstandhalter

3 Stück / m²



Rückhängebewehrung

Ankerstangen nach Angabe der Lage mit je 2 x Pos. 11 horizontal umfassen.



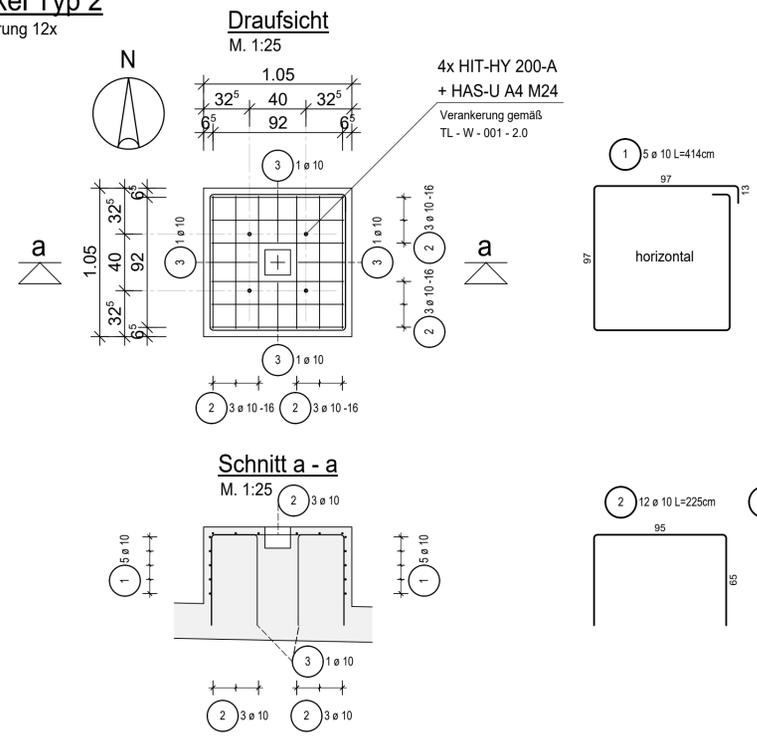
ZUGEHÖRIGE DOKUMENTE:

Zeichnungs Nr.	Titel
TL - S - 001 - 0.0	Schalplan TL 01
TL - B - 001 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Bodenplatte - untere Lage
TL - B - 002 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Bodenplatte - obere Lage
TL - B - 003 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand West
TL - B - 004 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Ost
TL - B - 005 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Nord
TL - B - 006 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Süd
TL - B - 008 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Sockel Typ 2 / Sockel Typ 3
TL - W - 001 - 2.0	Werkstattzeichnung TL 01 - Verankerungen in Sockel Typ 1 / 2 / 3

Technology Arts Sciences TH Köln Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik
 Campus Deutz (Altbau)
 Betzdorfer Straße 2, 50679 Köln

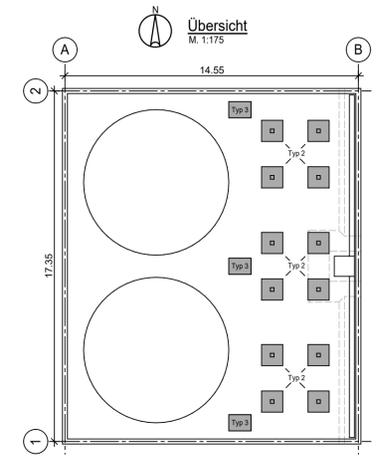
Zeichnungsnummer: TL - B - 007 - 1.0	Projekt: BA	Blatt: XVI
Position: Pos. TL 01 - Tanklager		
Planinhalt: Bewehrungsplan TL 01 Sockel Typ 1	Maßstab: 1:25	
	Datum: 01.03.21	Name: MH

Sockel Typ 2
Ausführung 12x



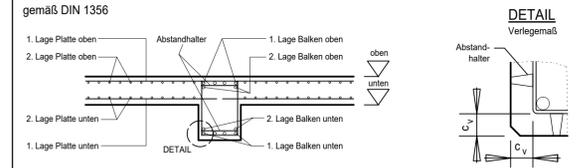
Stablste - Biegeformen (1-fach)

Pos.	Stck	ø [mm]	Einzel Länge [m]	Bemaßte Biegeform (unmaßstäblich)	Gesamt Länge [m]	Masse [kg]	
1	5	10	4.14		20.70	12.77	
2	12	10	2.25		27.00	16.66	
3	4	10	1.64		6.56	4.05	
Masse 1-fach [kg]:						33.48	
Gesamtmasse [kg]:						401.76	



ES GELTEN DIE HINWEISE DES SCHALPLANS

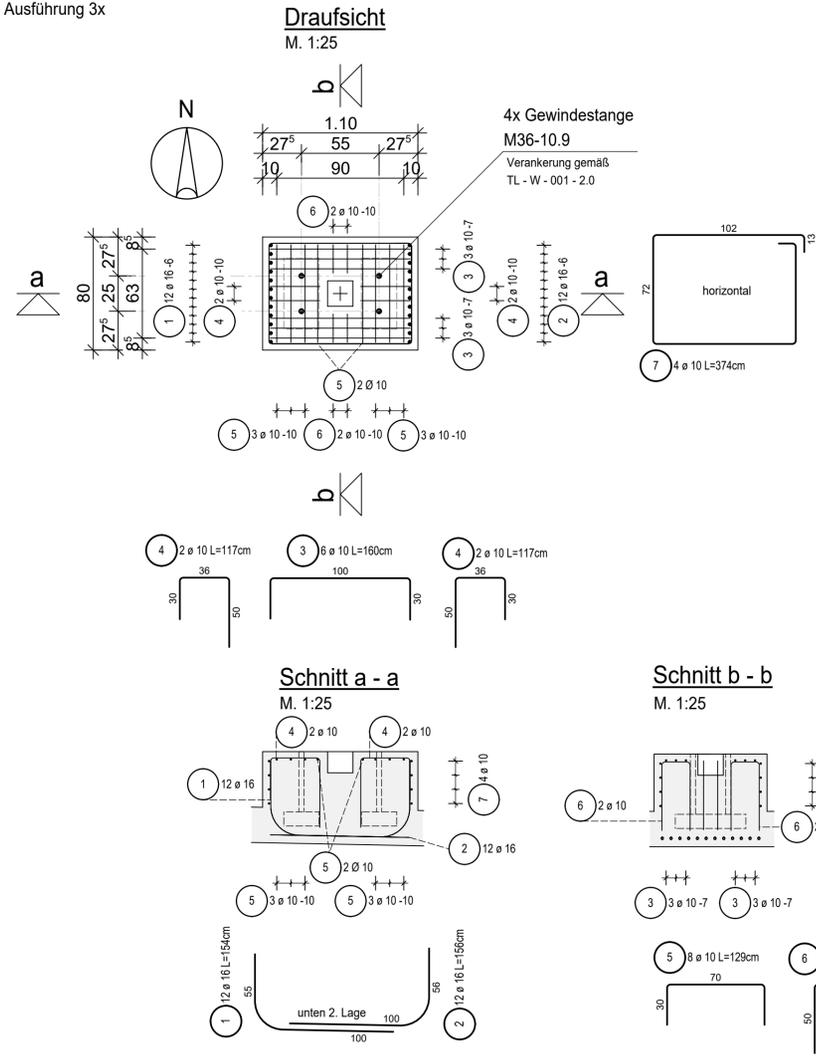
ALLGEMEINE DEFINITIONEN DER BEWEHRUNGSEBENEN
gemäß DIN 1356



Δc = Vorhaltenmaß der Betondeckung zur Gewährleistung von c_{min} im erhärteten Bauteil:
- gemäß DIN EN 1992-1-1 (im Verlegemaß berücksichtigt)
 $\Delta c = 1.0$ cm für Expositionsklasse: XC1
 $\Delta c = 1.5$ cm für Expositionsklasse: XC2, XC3, XC4, XD, XS

Mindestwerte der Biegerollendurchmesser d_{br} für Betonstahl gemäß DIN EN 1992-1-1	Verlegemaß (c_v) der Betondeckung gemäß DIN EN 1992-1-1 in cm			
	Bauteil	Betondeckung	Expositionsklasse gemäß DIN EN 1992-1-1	
	Fundamente	oben	C 25/30	XC4, XF1, XA1, WF
		unten		
Bodenplatte	oben			
	unten			
Sockel	oben	4,0		
	unten	4,0		
Stützen	oben	4,0		
	unten	4,0		
Wände	innen			
	ausßen			
Balken	oben			
	unten			
Decken	oben			
	unten			
Betonstahl:	B500B	unten		
		seitlich		

Sockel Typ 3
Ausführung 3x



Stablste - Biegeformen (1-fach)

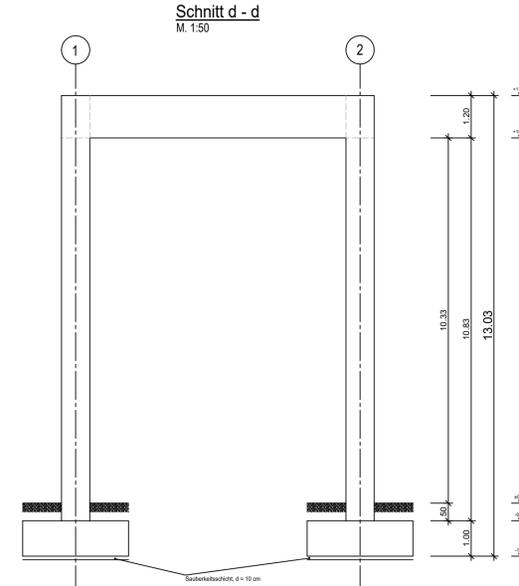
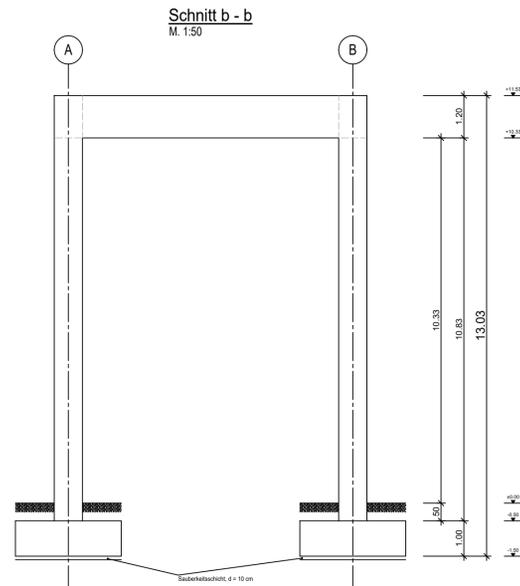
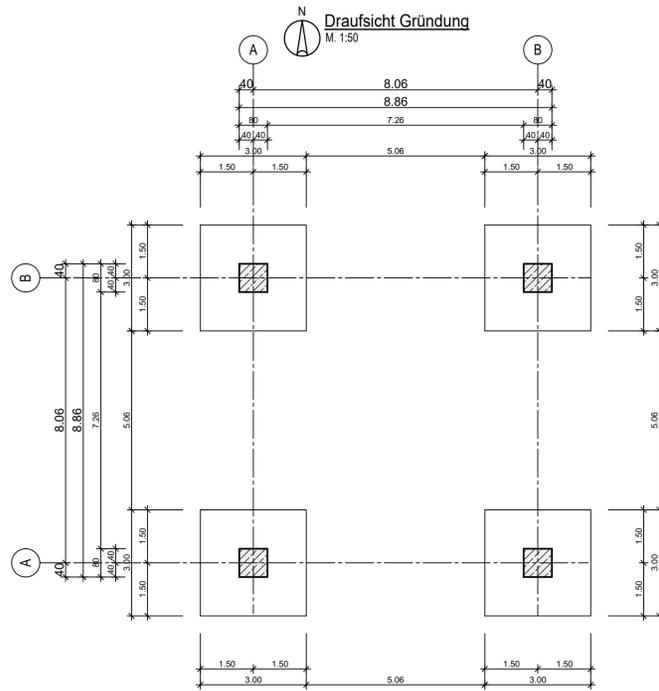
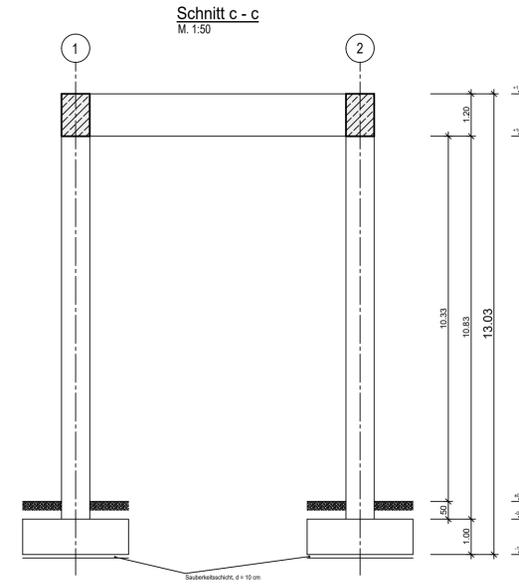
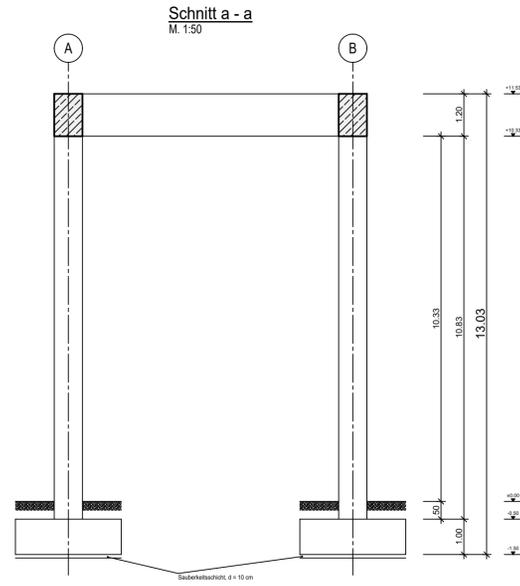
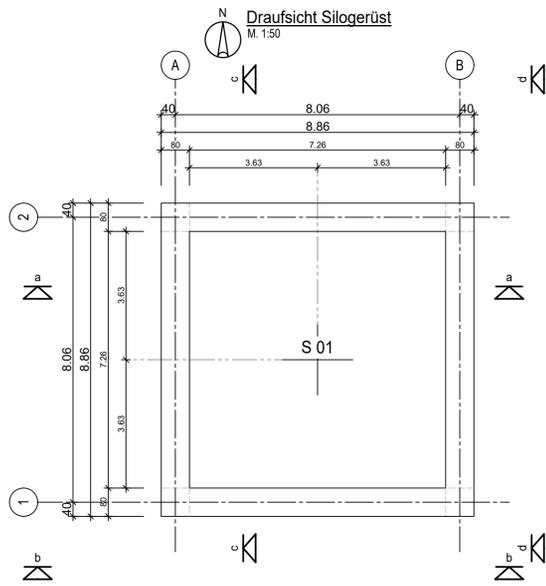
Pos.	Stck	ø [mm]	Einzel Länge [m]	Bemaßte Biegeform (unmaßstäblich)	Gesamt Länge [m]	Masse [kg]	
1	12	16	1.54		18.48	29.20	
2	12	16	1.56		18.72	29.58	
3	6	10	1.60		9.60	5.92	
4	4	10	1.17		4.68	2.89	
5	8	10	1.29		10.32	6.37	
6	4	10	1.20		4.80	2.96	
7	4	10	3.74		14.96	9.23	
Masse 1-fach [kg]:						86.15	
Gesamtmasse [kg]:						258.45	

ZUGEHÖRIGE DOKUMENTE:

Zeichnungs Nr.	Titel
TL - S - 001 - 0.0	Schalplan TL 01
TL - B - 001 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Bodenplatte - untere Lage
TL - B - 002 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Bodenplatte - obere Lage
TL - B - 003 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand West
TL - B - 004 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Ost
TL - B - 005 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Nord
TL - B - 006 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Tankbeckenwand Süd
TL - B - 007 - 1.0	Bewehrungsplan TL 01 - Sockel Typ 1
TL - W - 001 - 2.0	Werkstattzeichnung TL 01 - Verankerungen in Sockel Typ 1 / 2 / 3

Technology Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik
Arts Sciences Campus Deutz (Altbau)
TH Köln Betzdorfer Straße 2, 50679 Köln

Zeichnungsnummer:	TL - B - 008 - 1.0	Projekt:	BA	Blatt:	XVII
Position:	Pos. TL 01 - Tanklager				
Planinhalt:	Bewehrungsplan TL 01 Sockel Typ 2 / Sockel Typ 3	Maßstäbe:	1:25	Datum:	01.03.21
		gez.		Name:	MH



LEGENDE

SYMBOLLE

Grundriss:

- ±0,00 = OK. Fertig
- 0,10 = OK. Roh
- 0,20 = Roh

Schnitt:

- ±0,00 = OK. Fertig
- 0,20 = Roh

KURZZEICHEN

- AF - Arbeitsfuge
- DD - Deckendurchbruch
- FFB - Fertigfußboden
- OK - Oberkante
- OKD - Oberkante Decke
- RFB - Rohfußboden
- RS - Rohrsohle
- SF - Scheinfuge
- UK - Unterkante
- UKD - Unterkante Decke
- UZ - Unterzug
- ÜZ - Überzug
- WD - Wanddurchbruch
- GiRo - Gitterrost
- Tr Bl - Tränenblech

- Bestand
- Neubau
- Stahlbeton
- Mauerwerk
- Öffnung / Vertiefung
- Durchbruch
- Schlitz

HINWEISE

Die Beschichtung bzw. der Farbanstrich erfolgt nach Angabe des Auftraggebers.
Das Größtkorn des zur Ausführung verwendete Betons ist auf D = 16 mm zu begrenzen.
Arbeitsfugen, welche aus betontechnischer Sicht erforderlich sind, und in den Ausführungsplänen nicht bereits erfasst wurden, sind von der ausführenden Baufirma selbstständig festzulegen und mit dem Auftraggeber abzustimmen.



KENNZEICHNUNG FÜR DIE OBERFLÄCHENBESCHAFFENHEIT VON BETON wenn nicht anders angegeben gilt: abgerieben / glatt

maßgenau / rau	flügelgeglättet	Besenstrich	abgerieben / glatt	porenfrei / glatt / gleichfarbig / fleckenfrei = Sichtbeton z.B. SB3
▽	▽	B	▽▽	▽▽▽

EBENHEITSTOLERANZEN nach DIN 18202: 2019-07, Tabelle 3

Die Mindestanforderung an die Oberflächen ist immer der DIN 18202: 2019-07, Tabelle 3 zu entnehmen. Abweichungen z.B. durch erhöhte Anforderungen werden auf dem Plan gekennzeichnet.
Beispiel-Darstellung bei Abweichung: 4 * (Symbol) * Zeilennummer nach DIN 18202: 2019-07, Tabelle 3

MATERIALIEN

Bauteil	Beton nach DIN EN 206-1/ DIN 1045-2	Expositionsklassen
Sauberkeitsschicht	C 12/15 d = 10 cm	X0
Gründung	C 25/30	XC4, XF1, WF
Grundbalken		
Bodenplatte		
Wände		
Stützen	C 25/30	XC4, XF1, WF
Decken		
Riegel	C 25/30	XC4, XF1, WF
Sockel		
Aufkantung		

ZUGEHÖRIGE DOKUMENTE:

Zeichnungs Nr.	Titel
SG - B - 001 - 2.0	Bewehrungsplan SG 01 - Einzelfundamente
SG - B - 002 - 2.0	Bewehrungsplan SG 01 - Stützen
SG - B - 003 - 2.0	Bewehrungsplan SG 01 - Riegel

Technology Arts Sciences TH Köln Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik Campus Deutz (Altbau) Betzdorfer Straße 2, 50679 Köln

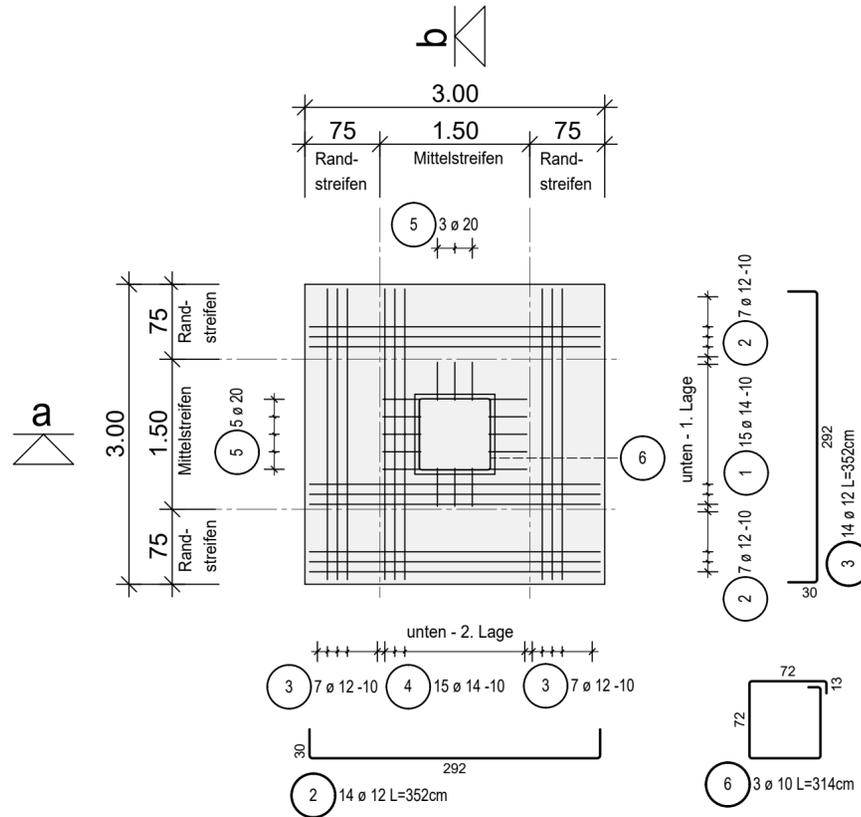
Zeichnungsnummer: SG - S - 001 - 1.0	Projekt: BA	Blatt: XIX
Position: Pos. SG 01 - Silogerüst	Maßstab: 1:50	
Planinhalt: Schalplan SG 01 Silogerüst Achse A - B / 1 - 2	Datum: 01.03.21	Name: MH

Einzelfundament

Ausführung 4x

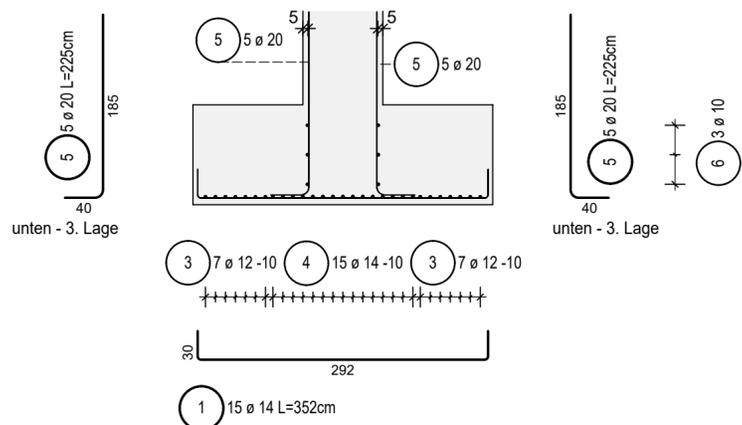
Draufsicht

M. 1:50



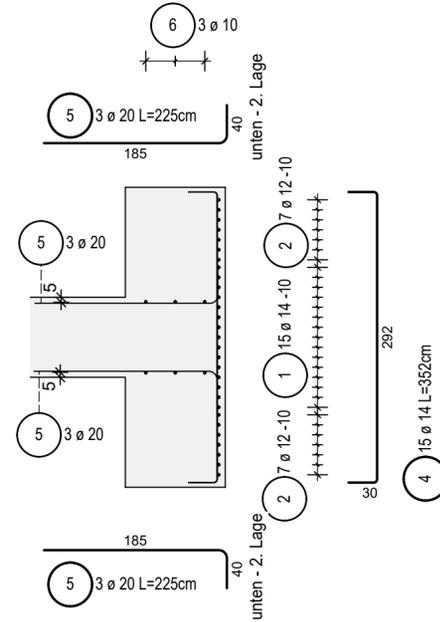
Schnitt a - a

M. 1:50



Schnitt b - b

M. 1:50



Stabliste - Biegeformen (1-fach)

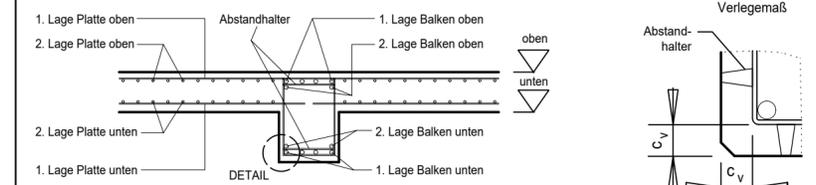
Pos.	Stck	ø	Einzel Länge	Bemaßte Biegeform (unmaßstäblich)	Gesamt Länge	Masse
		[mm]	[m]		[m]	[kg]
1	15	14	3.52		52.80	63.89
2	14	12	3.52		49.28	43.76
3	14	12	3.52		49.28	43.76
4	15	14	3.52		52.80	63.89
5	16	20	2.25		36.00	88.92
6	3	10	3.14		9.42	5.81

Masse 1-fach [kg] : 310.03
Gesamtmasse [kg] : 1240.12

ES GELTEN DIE HINWEISE DES SCHALPLANS

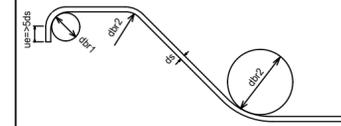
ALLGEMEINE DEFINITIONEN DER BEWEHRUNGSEBENEN

gemäß DIN 1356



Δc = Vorhaltemaß der Betondeckung zur Gewährleistung von c_{min} im erhärteten Bauteil:
- gemäß DIN EN 1992-1-1 (im Verlegemaß berücksichtigt)
 $\Delta c = 1,0$ cm für Expositionsklasse: XC1
 $\Delta c = 1,5$ cm für Expositionsklasse: XC2, XC3, XC4, XD, XS

Mindestwerte der Biegerollendurchmesser dbr für Betonstahl gemäß DIN EN 1992-1-1



Verlegemaß (c_v) der Betondeckung gemäß DIN EN 1992-1-1 in cm

Bauteil	Betondeckung		Beton nach DIN EN 206-1/ DIN 1045-2	Expositionsklasse gemäß DIN EN 1992-1-1
	oben	unten		
Fundamente	oben	4,0	C 25/30	XC4, XF1, WF
	unten	4 + 2 = 6,0 (inkl. Δc)		
Bodenplatte	oben			
	unten			
	seitlich			
Sockel	oben			
	unten			
	seitlich			
Stützen	oben			
	unten			
Wände	innen			
	ausen			
Balken	oben			
	unten			
	seitlich			
Decken	oben			
	unten			
	seitlich			

ZUGEHÖRIGE DOKUMENTE:

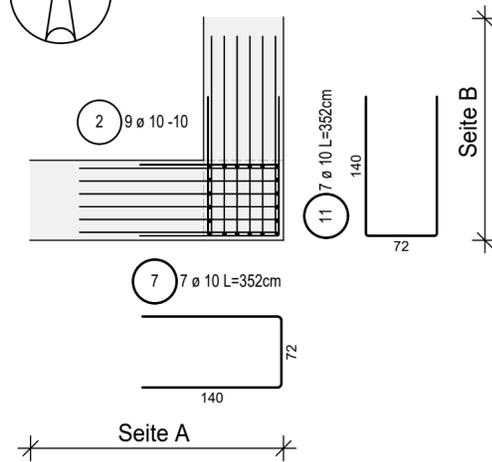
Zeichnungs Nr.	Titel
SG - S - 001 - 1.0	Schalplan SG 01
SG - B - 002 - 2.0	Bewehrungsplan SG 01 - Stützen
SG - B - 003 - 2.0	Bewehrungsplan SG 01 - Riegel

Technology Arts Sciences TH Köln Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik
Campus Deutz (Altbau)
Betzdorfer Straße 2, 50679 Köln

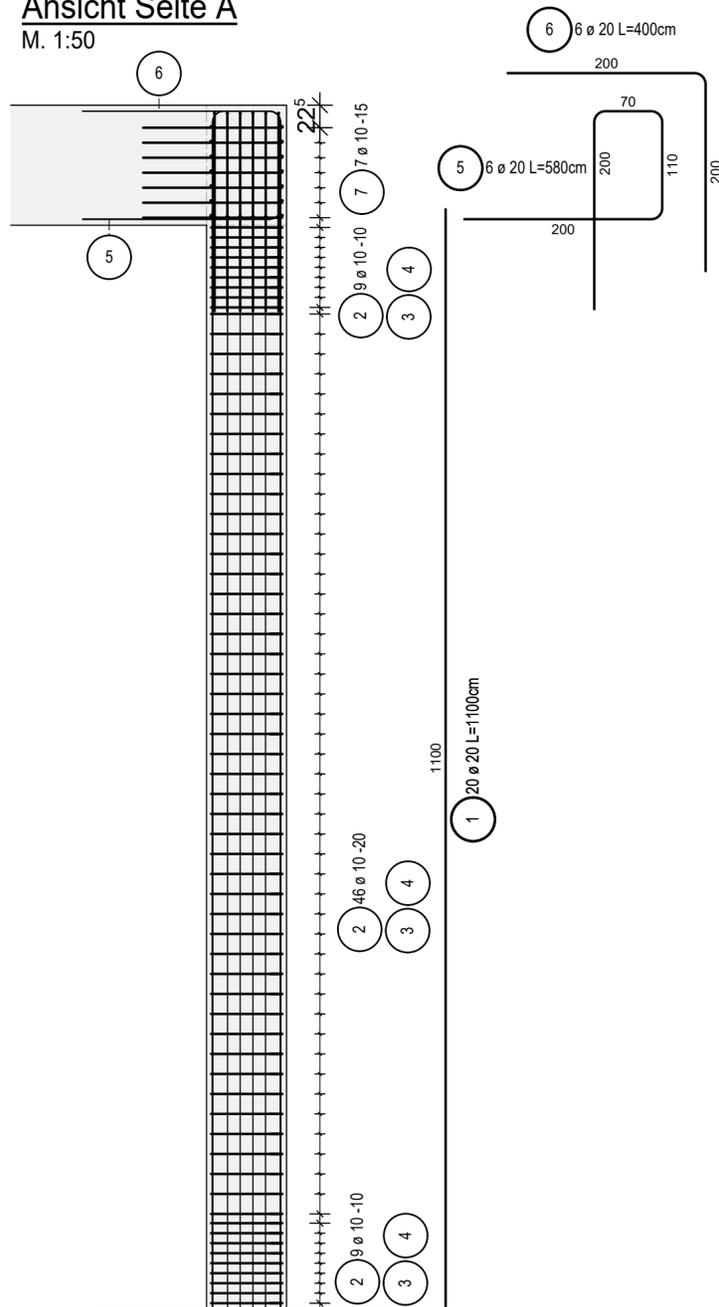
Zeichnungsnummer: SG - B - 001 - 2.0	Projekt: BA	Blatt: XX
Position: Pos. SG 01 - Silogerüst	Maßstäbe: 1:50	
Planinhalt: Bewehrungsplan SG 01 Einzelfundamente	gez. 01.03.21	Name MH

Außenstütze
Ausführung 4x

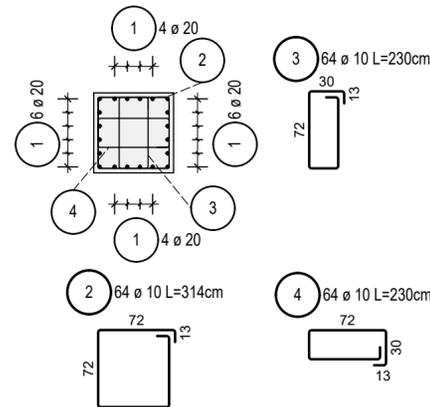
Draufsicht
M. 1:50



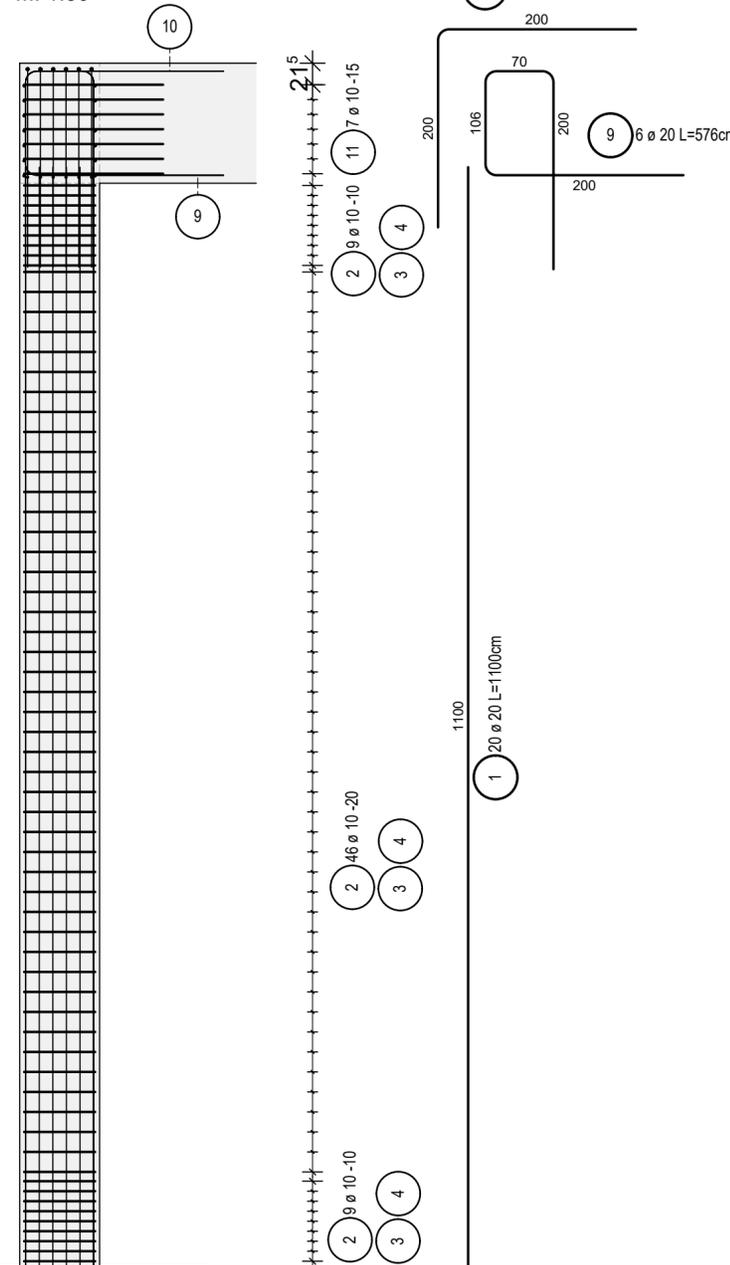
Ansicht Seite A
M. 1:50



Querschnitt
M. 1:50

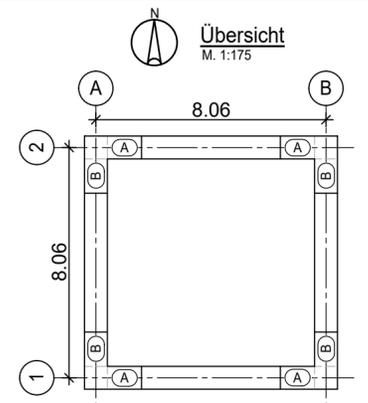


Ansicht Seite B
M. 1:50



Exemplarisch wird die Stütze in süd-östlicher Lage im Plan gezeigt.

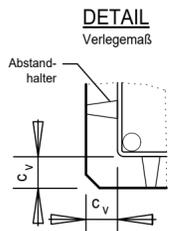
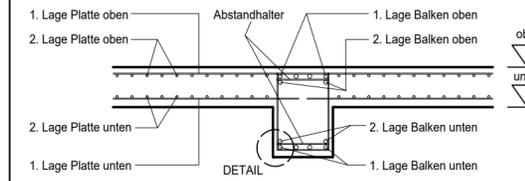
Die Orientierung der anderen Außenstützen ist in der nebenstehenden Übersicht angegeben.



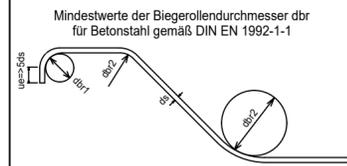
ES GELTEN DIE HINWEISE DES SCHALPLANS

ALLGEMEINE DEFINITIONEN DER BEWEHRUNGSEBENEN

gemäß DIN 1356



Δc = Vorhaltemaß der Betondeckung zur Gewährleistung von c_{min} im erhärteten Bauteil:
- gemäß DIN EN 1992-1-1 (im Verlegemaß berücksichtigt)
 $\Delta c = 1,0$ cm für Expositionsklasse: XC1
 $\Delta c = 1,5$ cm für Expositionsklasse: XC2, XC3, XC4, XD, XS



Stabdurchmesser ds (mm)

< 20
> / = 20

Seitliche Betondeckung

> 10 cm u. > 7 ds
> 5 cm u. > 3 ds
=< 5 cm u. =< 3 ds

Haken, Winkelhaken
Schlaufen, Bügel (dbr1)

4 ds
7 ds

Aufbiegungen und
andere Krümmungen von
Stäben (z. B. Rahmenecken)
(dbr2)

10 ds
15 ds
20 ds

Verlegemaß (c_v) der Betondeckung
gemäß DIN EN 1992-1-1 in cm

Bauteil	Betondeckung	Beton nach DIN EN 206-1/ DIN 1045-2	Expositionsklasse gemäß DIN EN 1992-1-1
Fundamente	oben		
	unten		
	seitlich		
Bodenplatte	oben		
	unten		
	seitlich		
Sockel	oben		
	unten		
	seitlich		
Stützen	innen	4,0	C 25/30
	aussen		
Wände	oben		
	unten		
	seitlich		
Balken	oben		
	unten		
	seitlich		
Decken	oben		
	unten		
	seitlich		

ZUGEHÖRIGE DOKUMENTE:

Zeichnungs Nr.	Titel
SG - S - 001 - 1.0	Schalplan SG 01
SG - B - 001 - 2.0	Bewehrungsplan SG 01 - Einzelfundamente
SG - B - 003 - 2.0	Bewehrungsplan SG 01 - Riegel

Technology Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik
Arts Sciences Campus Deutz (Altbau)
TH Köln Betzdorfer Straße 2, 50679 Köln

Zeichnungsnummer:	SG - B - 002 - 2.0	Projekt:	BA	Blatt:	XXI
Position:	Pos. SG 01 - Silogerüst				
Planinhalt:	Bewehrungsplan SG 01 Stützen	Maßstäbe:	1:50		
		gez.	Datum	Name	
			01.03.21	MH	

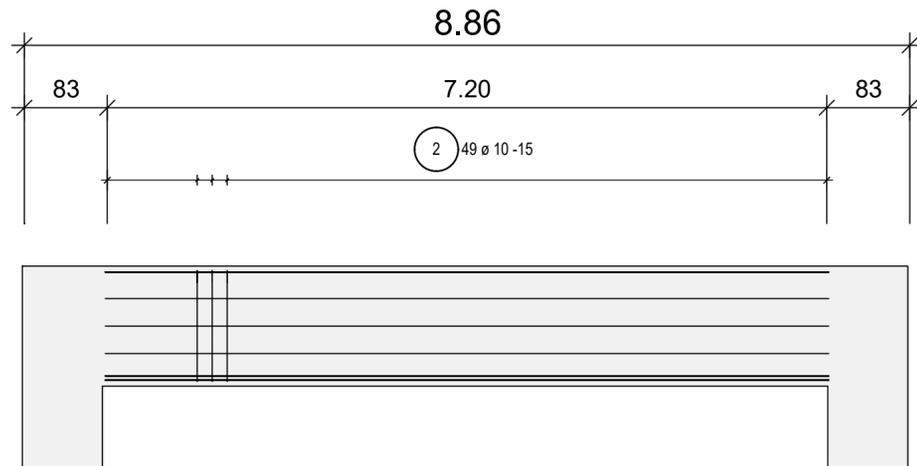
Riegel

Ausführung 4x

Grundbewehrung

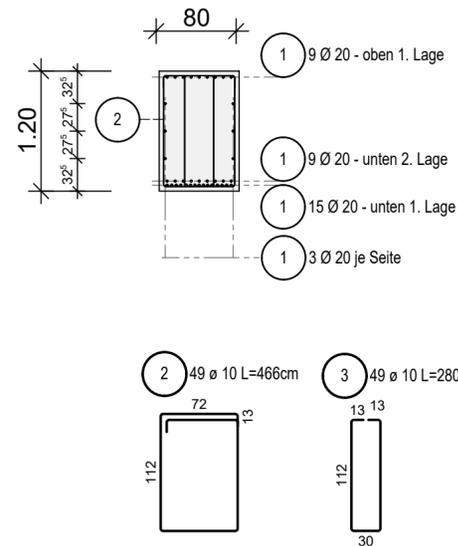
Ansicht

M. 1:50



Querschnitt

M. 1:50



1) 39 Ø 20 L=726cm

Übergreifung mit Positionen gemäß SG - B - 002 - 2.0:

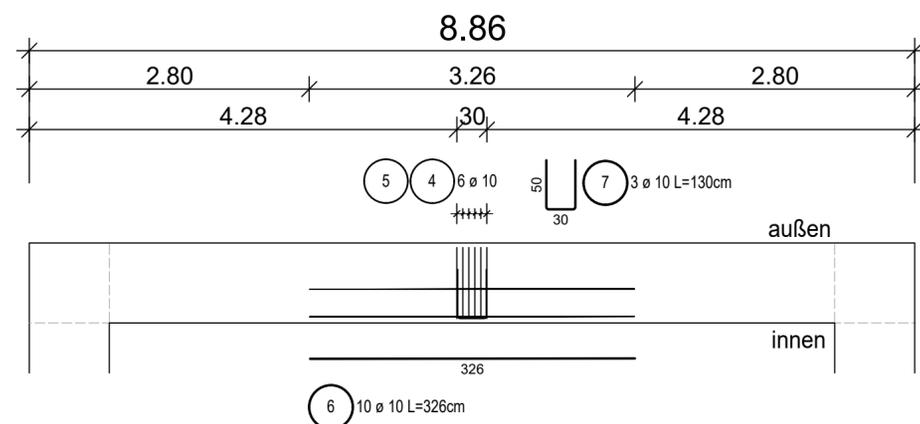
obere Lage: Pos. 6 bzw. Pos. 10
seitliche Lage: Pos. 7 bzw. Pos. 11
untere Lage: Pos. 5 bzw. Pos. 9

Zulagebewehrung im Bereich der Silo-Lagerpunkte

Darstellung ohne die im Rahmen der Grundbewehrung gezeigte Bewehrung

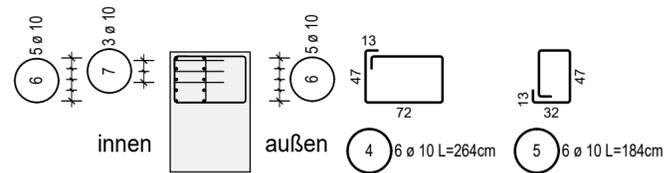
Draufsicht

M. 1:50



Querschnitt

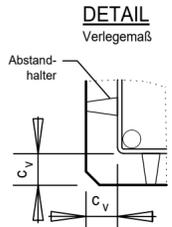
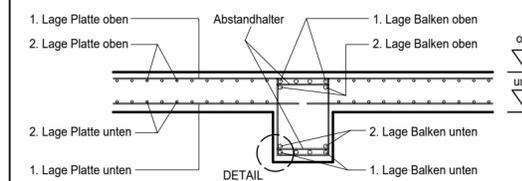
M. 1:50



ES GELTEN DIE HINWEISE DES SCHALPLANS

ALLGEMEINE DEFINITIONEN DER BEWEHRUNGSEBENEN

gemäß DIN 1356



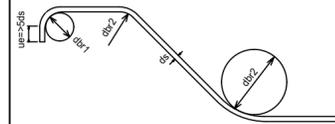
Δc = Vorhaltemaß der Betondeckung zur Gewährleistung von c_{min} im erhärteten Bauteil:

- gemäß DIN EN 1992-1-1 (im Verlegemaß berücksichtigt)

$\Delta c = 1,0$ cm für Expositionsklasse: XC1

$\Delta c = 1,5$ cm für Expositionsklasse: XC2, XC3, XC4, XD, XS

Mindestwerte der Biegerollendurchmesser dbr für Betonstahl gemäß DIN EN 1992-1-1



Verlegemaß (c_v) der Betondeckung gemäß DIN EN 1992-1-1 in cm

Bauteil	Betondeckung	Beton nach DIN EN 206-1/ DIN 1045-2	Expositionsklasse gemäß DIN EN 1992-1-1
Fundamente	oben		
	unten		
	seitlich		
Bodenplatte	oben		
	unten		
	seitlich		
Sockel	oben		
	unten		
	seitlich		
Stützen	innen		
	ausen		
Wände	oben	4,0	C 25/30
	unten	4,0	
	seitlich	4,0	
Balken	oben		XC4, XF1, WF
	unten		
	seitlich		
Decken	oben		
	unten		
	seitlich		

ZUGEHÖRIGE DOKUMENTE:

Zeichnungs Nr.	Titel
SG - S - 001 - 1.0	Schalplan SG 01
SG - B - 001 - 2.0	Bewehrungsplan SG 01 - Einzelfundamente
SG - B - 002 - 2.0	Bewehrungsplan SG 01 - Stützen

Technology Fakultät für Bauingenieurwesen und Umwelttechnik
Arts Sciences Campus Deutz (Altbau)
TH Köln Betzdorfer Straße 2, 50679 Köln

Zeichnungsnummer:	SG - B - 003 - 2.0	Projekt:	BA	Blatt:	XXII
Position:	Pos. SG 01 - Silogerüst				
Planinhalt:	Bewehrungsplan SG 01 Riegel	Maßstäbe:	1:50		
gez.	01.03.21	Datum	Name MH		