

Projekt 2390.07

**Markt Schwaben
HRB Einbergfeld**

Markt Markt Schwaben

Entwurfsstatik

Nr. 2390.07_3_02_01

Durchlassbauwerk



Vorhabensträger:

Markt Markt Schwaben
Schloßplatz 2
85570 Markt Schwaben

Tragwerksplaner:

Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG
Guntherstraße 29
80639 München

München, den 22.01.2021

ppa. R. Wach
(Projektleiter)

i.A. S. Siegle
(Tragwerksplaner)

Indextabelle:

Rev.	Datum	Art der Änderung
-	06.06.2018	
01	22.01.2021	Einarbeitung Baugrundgutachten von GHB, Starnberg, 31.12.2020
02		
03		
04		
05		

Inhaltsverzeichnis Standsicherheitsberechnung

1	Vorbemerkungen	1
1.1	Veranlassung / Klären der Aufgabenstellung	2
1.2	Bauteile / Bezeichnungen des Durchlassbauwerks	3
1.3	Verwendete Normen und Unterlagen	4
1.4	Randbedingungen der Planungen	5
1.5	Wasserstände	6
1.6	Geotechnische Gutachten / Bodenschichtung	6
1.7	Gründung / Bettung	8
2	Nachweise	9
3	Bauteileigenschaften	10
3.1	Baustoffe / Expositionsklassen (allgemein)	10
3.2	Rissbreitenbeschränkung (allgemein)	12
4	Rissbreitenbemessung	13
4.1	Durchlassbauwerk	13
4.1.1	Bodenplatte, Pos 1: (d = 60 cm)	13
4.1.2	Außenwände (d = 40 bis 90 cm)	13
4.1.3	Innenwand (d = 40 cm)	14
4.1.4	Decke	15
4.2	Zusammenfassung der verwendeten Betonsorten	15
5	Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen	16
6	Einwirkungen / Lastfälle	17
6.1	Einwirkungen	17

6.1.1	Lastfall 1: Eigengewicht	17
6.1.2	Lastfall 2: Eigengewicht der Schütze, offener Zustand	17
6.1.3	Lastfall 3: Eigengewicht der Schütze, geschlossener Zustand	17
6.1.4	Lastfall 4: Aufschüttung Sohlsubstrat	17
6.1.5	Lastfall 5: Erdruchdruck ohne anstehendes Wasser	18
6.1.6	Lastfall 6: Erdruchdruck mit anstehendem Wasser auf Höhe des BHQ ₁	18
6.1.7	Lastfall 7: Auflast Decke	19
6.1.8	Lastfälle 11: Nutzlast Bodenplatte	20
6.1.9	Lastfälle 12: Nutzlast Decke	20
6.1.10	Lastfälle 13: Schneelast Decke	20
6.1.11	Lastfälle 14 - 16: Verkehrslast auf Brücke	20
6.1.12	Lastfälle 21 und 22: Temperaturänderung ΔT_M bei Wasserstand Stauziel	20
6.1.13	Lastfälle 23 und 24: Temperaturgradient ΔT_G bei Wasserstand Stauziel	21
6.1.14	Erdbeben	22
6.2	Bemessungssituationen / Teilsicherheitsbeiwerte	22
6.3	Lastfallkombinationen	22
7	Bauzustand	23
7.1	Bemessung im Bauzustand	23
7.2	Baugruben	23
8	Hinweise für die weitere Planung und die Bauausführung	24
8.1	Bodenaustausch / Bodenverbesserung	24
8.2	Querkraftdorn in Dehnfugen	24
9	Zusammenfassung / Bewehrung der Bauteile	25
10	Anlagenverzeichnis	26
10.1	Anlage 1: Rissbreitenbemessung	26
10.2	Anlage 2: Ergebnisausdruck Infograph	33

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Lage des Projektgebiets (Quelle: BayernAtlas)	1
Bild 2:	Lageplan HRB Einbergfeld	2
Bild 3:	Draufsicht Durchlassbauwerk.....	3
Bild 4:	Schnitt 1-1	3
Bild 5:	Schnitt B-B	3
Bild 6:	Bohrsondierung BS 3	
Bild 7:	Rammsondierung DPH 3	6
Bild 8:	Auszug aus DBV-Merkblatt „Rissbildung“ (Entwurf)	12

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bauwerksabmessungen	2
Tabelle 2:	Bodenschichten gemäß Bodengutachten	7
Tabelle 3:	Anpassung der Anforderungsklasse	10
Tabelle 4:	Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen	16
Tabelle 5:	Mindestbewehrung aus Rissesicherung	25

1 Vorbemerkungen

Der geplante Hochwasserschutz hat das Ziel, die bestehende Bebauung sowie die Verkehrswege in Markt Schwaben vor Überflutungen durch den Hennigbach und seine Nebengewässer zu schützen. Abbildung 1 zeigt die Lage des Projektgebiets.

Der Hochwasserschutz kann nur durch ein Zusammenwirken mehrerer Einzelmaßnahmen gesichert werden, welche im Rahmen des „HQ100-Konzepts“ für die Gemeinde Markt Schwaben erarbeitet wurden. Der vorliegende Bericht befasst sich ausschließlich mit dem Dammbauwerk des geplanten Hochwasserrückhaltebeckens „Einbergfeld“. In Abbildung 2 ist die Lage des HRB Einbergfeld dargestellt.

Hierzu wurden im Rahmen der Gesamtmaßnahme im Jahre 2016 durch die IMH Ingenieurgesellschaft für Bauwesen und Geotechnik mbH (IMH) Baugrunduntersuchungen für das geplante Bauwerk durchgeführt.



Bild 1: Lage des Projektgebiets (Quelle: BayernAtlas)

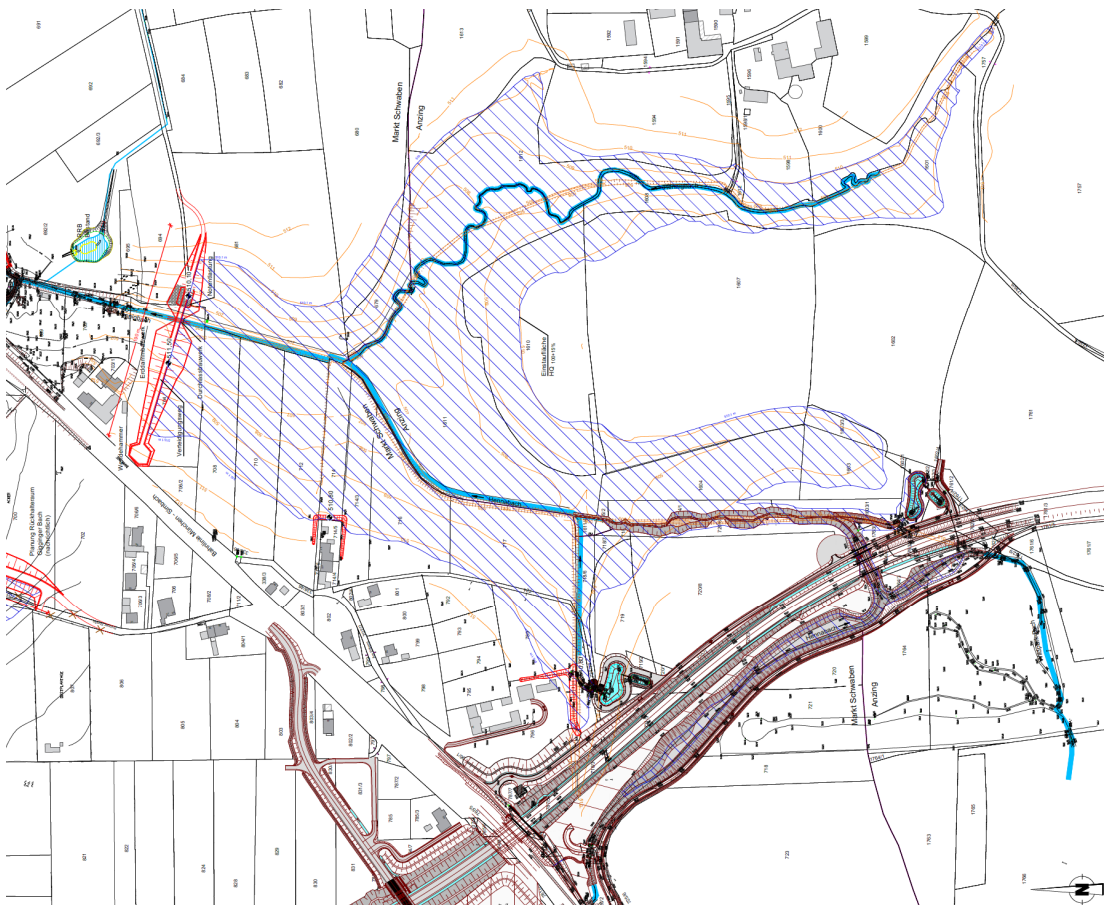


Bild 2: Lageplan HRB Einbergfeld

1.1 Veranlassung / Klären der Aufgabenstellung

Im Zuge des geplanten Hochwasserschutzes in Markt Schwaben sind im Bereich Einbergfeld ein Dammbauwerk mit integriertem Durchlassbauwerk geplant.

Die vorliegende statische Berechnung behandelt die Stahlbetonbauteile des Durchlassbauwerks. Im Einzelnen sind folgende Maßnahmen geplant:

Bauteil	Umbau / Neubau	Abmessungen
Durchlassbauwerk	Neubau	ca. 37,00 x 10,80 x 7,70 m

Tabelle 1: Bauwerksabmessungen

1.2 Bauteile / Bezeichnungen des Durchlassbauwerks

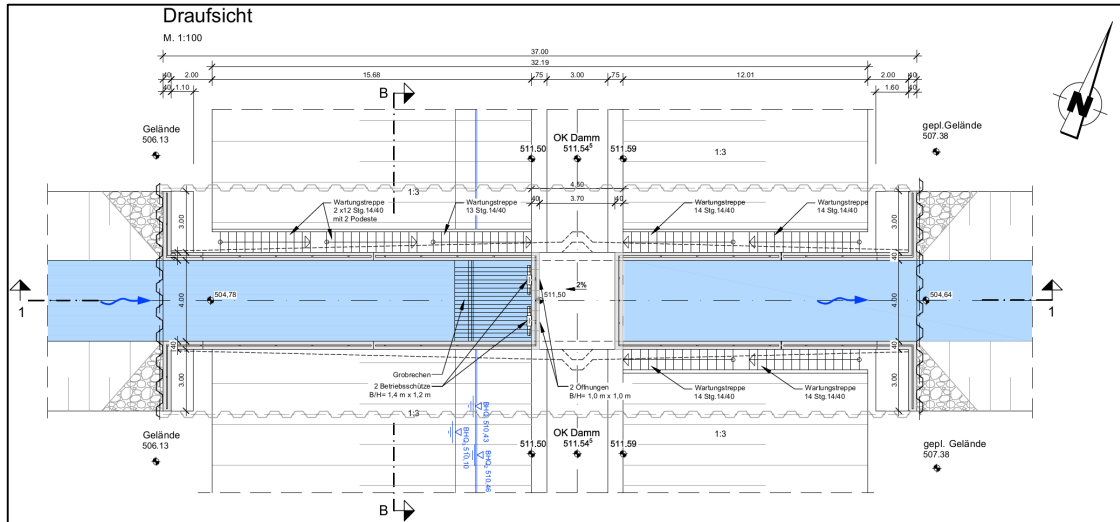


Bild 3: Draufsicht Durchlassbauwerk

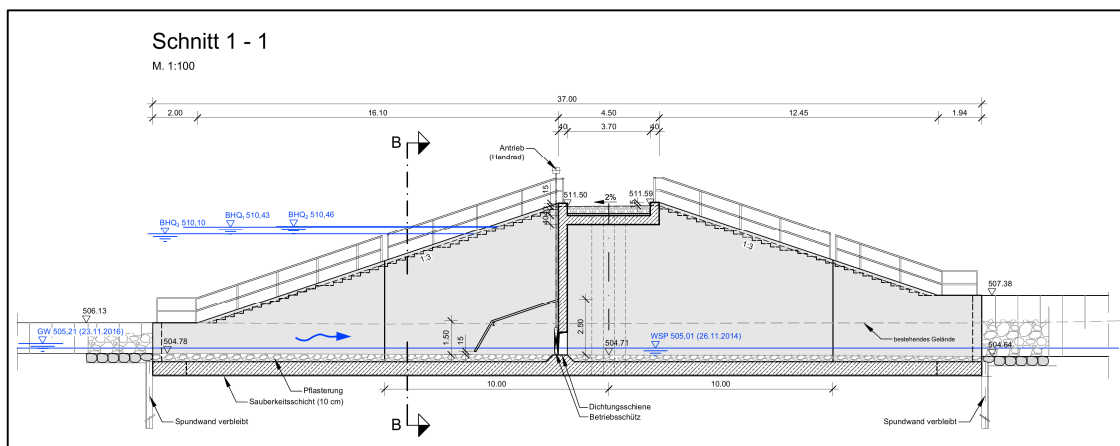


Bild 4: Schnitt 1-1

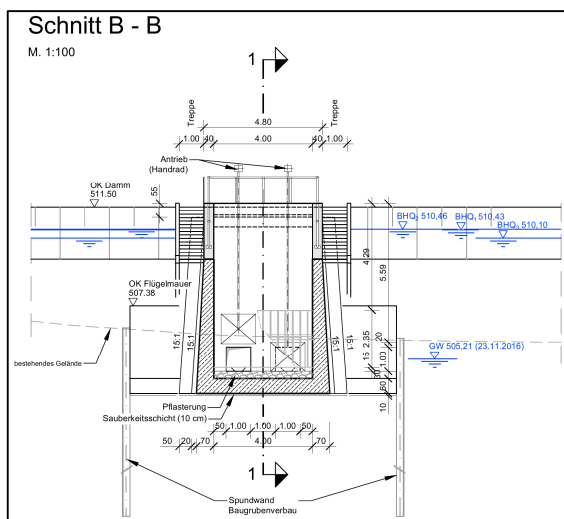


Bild 5: Schnitt B-B

1.3 Verwendete Normen und Unterlagen

Grundlage der Bearbeitung sind die folgenden Normen und Unterlagen in der jeweils aktuell gültigen Fassung:

- [1] DIN EN 1990, Grundlagen der Tragwerksplanung inkl. Nationalem Anhang
- [2] DIN EN 1991 (alle Teile), Einwirkungen auf Tragwerke inkl. Nationalem Anhang
- [3] DIN EN 1992-1-1, Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken inkl. Nationalem Anhang
- [4] DIN EN 1996-1, Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten inkl. Nationalem Anhang
- [5] DIN EN 1997-1, Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik inkl. Nationalem Anhang
- [6] DIN EN 1998 (alle Teile), Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben inkl. Nationaler Anhänge
- [7] DIN EN 206-1; Beton Teil 1; Festlegung, Eigenschaften, Herstellung, Konformität
- [8] DIN EN 13670; Ausführungen von Tragwerken aus Beton
- [9] DIN 1045-2,3,4; Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton
- [10] DIN 4123; Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude
- [11] DIN 4124; Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten
- [12] Bautabellen für Ingenieure, Schneider, 22. Auflage, 2016
- [13] Betonbauwerke in Abwasseranlagen, Schriftenreihe der Bauberatung Zement, 2011
- [14] DVGW Arbeitsblatt W 300 (alle Teile), Trinkwasserbehälter, November 2013
- [15] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen - Wasserbau (ZTV-W) für Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton (Leistungsbereich 215), BAW, Karlsruhe, Ausgabe 2012

Verwendete Planunterlagen:

- [P1] Hochwasserrückhaltebecken Einbergfeld, Durchlassbauwerk, Draufsicht und Schnitte, Entwurf, Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, München, 12.04.2018.

Weitergehende Vorschriften und Richtlinien werden bei Bedarf (z. B. DBV-Merkblätter für Sichtbeton, Abstandhalter, Schalung) herangezogen.

Sollten im Verlauf der Bearbeitung neuere Ausgaben der Normen bauaufsichtlich eingeführt werden, werden immer die aktuellen Normen als Grundlage der Tragwerksplanung verwendet.

1.4 Randbedingungen der Planungen

Die nachfolgend aufgeführten Randbedingungen waren Grundlage der vorliegenden Entwurfsplanung:

- Die angestrebte Nutzungsdauer der Bauwerke beträgt 100 Jahre
- Zur Verringerung von Rissen infolge von Hydratationswärme sollte nach Möglichkeit Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung verwendet werden (Zement NW)
Eine Vorgabe des Faktors $r < 0,30$ ist nicht vorgesehen, um daraus resultierende lange Ausschulfristen zu vermeiden.
- Die Festlegung der Bemessung auf frühen oder späten Zwang erfolgt jeweils für die Bauteile in Abhängigkeit von den Bauteilabmessungen.
- Gemäß Baugrundgutachten [G2] wird das Grundwasser als nicht betonaggressiv und als sehr gering stahlaggressiv eingestuft.
- Die Planung erfolgt auf Grundlage der Gründungsempfehlungen (z.B. Bodenverbesserung mittels Durchkalkung, Spundwandverbau etc.) des Baugrundgutachtens [G2].

1.5 Wasserstände

Der Mittelwasserstand des Hennigbachs wurde im Bereich des Durchlaufbauwerks auf 505,01 abgeschätzt. Der Bemessungswasserstand wird auf Kote des BHQ₃ + 30 cm Zuschlag festgelegt und liegt bei:

$$\text{BHQ}_{3+30\text{cm}}: + 510,4 \text{ m ü. NN}$$

1.6 Geotechnische Gutachten / Bodenschichtung

Folgende Gutachten lagen vor:

- [G1] Geotechnischer Bericht, Hochwasserschutz Markt Schwaben, Projektnr.: 16132052, IMH Ingenieurgesellschaft für Bauwesen und Geotechnik mbH, Hengersberg, 12. Dezember 2016
- [G2] Ingenieurgeologisches Gutachten, Damm Hochwasserrückhaltebecken Einbergfeld, Projektnr.: P17 TB-1023, GHB Consult GmbH, Starnberg, 31. Dezember 2020

Im Gebiet Einbergfeld wurden im Bereich des Durchlassbauwerks im Gutachten [G2] die Großbohrungen B 12 – 14 und die Rammsondierung DPH 11 durchgeführt. Sie sind den nachfolgenden Bildern zu entnehmen.

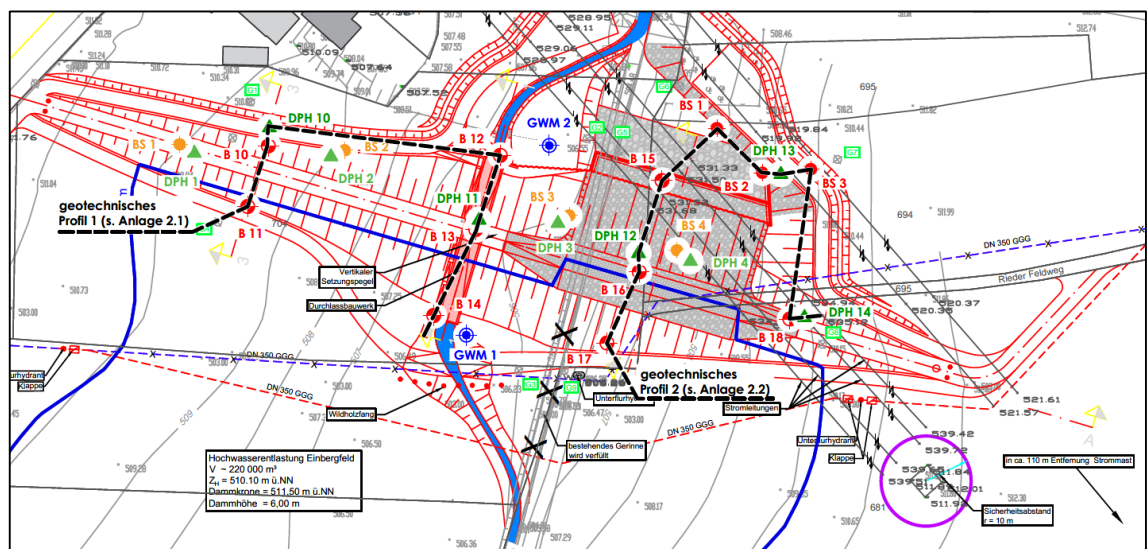


Bild 6: Ausschnitt Lageplan des Untersuchungsgebiets [G2]

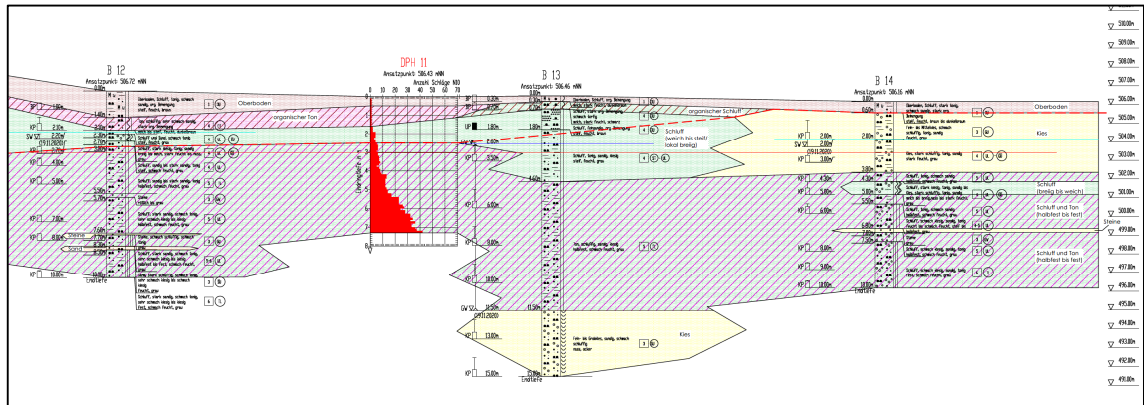


Bild 7: Ausschnitt geotechnisches Baugrundprofil B-B [G2]

Die Bodenkennwerte gemäß dem Gutachten können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Bodenkennwerte	Verwitterungslehm: Schluff und Ton, sandig, sehr schw. kiesig bis kiesig, org. Beimengungen, lokal Torflagen, weich bis steif (lokal breiig)	Kies und Sand, schwach schluffig bis stark schluffig, locker bis dicht	Geschiebelehm: Ton und Schluff, sandig, kiesig, steinig, steif bis halbfest (zur Tiefe hin fest)
Wichte kN/m ³	18	21	20
Wichte unter Auftrieb kN/m ³	8	11	10
Reibungswinkel Grad	22,5	35	27,5
Kohäsion c' kN/m ²	4	0	10
Undrain. Kohäsion c _u kN/m ²	20	-	> 50
Wassergehalt w _n in %	20-35	3-10	10-25
Konsistenzzahl I _c (-)	> 0,5	-	> 0,75
Plastizitätszahl I _p (-)	5-25	-	5-25
Organische Anteile in %	3-10	0	0
Steifezahl Es (Erstb.) MN/m ²	4	40	20
Bodengruppe	OU, OT, UL, UM, TL	GW, GU, GU*, GI, SU	UL, TL, ST, GU*, SU*
Homogenbereich	B 1	B 2	B 3
Frostempfindlichkeit	F3	F1-F3	F3

Tabelle 2: Bodenkennwerte gemäß Bodengutachten [G2]

1.7 Gründung / Bettung

Gegründet wird mittels elastisch gebetteter Bodenplatte. Die statische Beanspruchung der Bodenplatte hängt maßgeblich von den Bettungseigenschaften des Baugrundes ab.

Im Bereich des Durchlassbauwerks stehen unter der obersten Schicht aus Mutterboden grundsätzlich tragfähige steife Tone an. Allerdings werden diese durch weiche bis breiige Tone unterlagert, wodurch unzulässige Setzungen zu erwarten sind. Daher sind laut geotechnischem Gutachten [G2] Kapitel 3.3 zusätzliche Maßnahmen zur Bodenverbesserung erforderlich.

Unter Berücksichtigung der Bodenverbesserung wird für die elastisch gebettete Bodenplatte folgender Bemessungswert für das Bettungsmodul angegeben:

$$k_s \sim 10 \text{ MN/m}^2$$

Hierfür werden im geotechnischen Gutachten [G2] Setzungen des Bauwerks im Bereich von 1,0 – 1,5 cm abgeschätzt.

2 Nachweise

Für die Bemessung der Bauwerke werden die Nachweise der Standsicherheit, der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit (z.B. Mindestbewehrung aus der Rissbreitenbeschränkung und Durchstanznachweis) geführt.

Der Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen gemäß DIN EN 1997 wurde mit einem Wasserspiegel in der Höhe des BHQ₁ (+ 510,43 m ü. NN) geführt.

Ein Nachweis gegen Ermüdung der Bauteile (Beton, Betonstahl) wird nicht geführt, da die Anzahl der zu erwartenden Lastspiele in den Bauteilen im Laufe der Lebensdauer so gering ist, dass keine Reduzierung der zulässigen Materialkennwerte erforderlich wird.

Zudem sind die vorliegenden Lasten keine „dynamischen“ Lasten im eigentlichen Sinn der Norm (z. B. Verkehrslasten auf Brücken, dynamische Maschinenlasten), sondern „vorwiegend ruhende“ Lasten, die langsam aufgebracht werden.

3 Bauteileigenschaften

3.1 Baustoffe / Expositionsklassen (allgemein)

Betongüte der Sauberkeitsschicht: C12/15 Expositionsklassen: X0, WF

Falls eine Gleitfolie unter der Bodenplatte vorgesehen ist, muss ein höherer Zementgehalt (und somit eine höhere Betongüte) verwendet werden, damit eine ausreichend glatte Oberfläche hergestellt werden kann.

Mindestbetondeckung gemäß DIN EN 1992-1-1/NA (Anforderungsklasse S3):

für XC1:	$c_{min,dur} = 10 \text{ mm},$	$\Delta C_{dur,y} = 0 \text{ mm},$	$\Delta C_{dev} = 10 \text{ mm},$	$c_{nom} = 20 \text{ mm}$
für XC2, XC3:	$c_{min,dur} = 20 \text{ mm},$	$\Delta C_{dur,y} = 0 \text{ mm},$	$\Delta C_{dev} = 15 \text{ mm},$	$c_{nom} = 35 \text{ mm}$
für XC4:	$c_{min,dur} = 25 \text{ mm},$	$\Delta C_{dur,y} = 0 \text{ mm},$	$\Delta C_{dev} = 15 \text{ mm},$	$c_{nom} = 40 \text{ mm}$
für XD1/XS1:	$c_{min,dur} = 30 \text{ mm},$	$\Delta C_{dur,y} = 10 \text{ mm},$	$\Delta C_{dev} = 15 \text{ mm},$	$c_{nom} = 55 \text{ mm}$
für XD2/XS2:	$c_{min,dur} = 35 \text{ mm},$	$\Delta C_{dur,y} = 5 \text{ mm},$	$\Delta C_{dev} = 15 \text{ mm},$	$c_{nom} = 55 \text{ mm}$
für XD3/XS3:	$c_{min,dur} = 40 \text{ mm},$	$\Delta C_{dur,y} = 0 \text{ mm},$	$\Delta C_{dev} = 15 \text{ mm},$	$c_{nom} = 55 \text{ mm}$

Bei einer geforderten Nutzungsdauer von 100 Jahren ist gemäß DIN EN 1992-1-1 die Anforderungsklasse um 2 Klassen zu erhöhen, darf jedoch bei plattenförmigen Bauteilen wieder um 1 Klasse vermindert werden.

Daraus resultiert im vorliegenden Fall die Anforderungsklasse S4.

Kriterium	Anforderungsklasse						
	Expositionsklasse nach Tabelle 4.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1	XD2 / XS1	XD3/XS2/XS3
Nutzungsdauer von 100 Jahren	erhöhe Klasse um 2	erhöhe Klasse um 2	erhöhe Klasse um 2	erhöhe Klasse um 2	erhöhe Klasse um 2	erhöhe Klasse um 2	erhöhe Klasse um 2
Druckfestigkeitsklasse ^{1) 2)}	$\geq C30/37$	$\geq C30/37$	$\geq C35/45$	$\geq C40/50$	$\geq C40/50$	$\geq C40/50$	$\geq C45/55$
	vermindere Klasse um 1	vermindere Klasse um 1	vermindere Klasse um 1	vermindere Klasse um 1	vermindere Klasse um 1	vermindere Klasse um 1	vermindere Klasse um 1
Plattenförmiges Bauteil (Lage der Bewehrung wird durch die Bauarbeiten nicht beeinträchtigt)	vermindere Klasse um 1	vermindere Klasse um 1	vermindere Klasse um 1	vermindere Klasse um 1	vermindere Klasse um 1	vermindere Klasse um 1	vermindere Klasse um 1
Besondere Qualitätskontrolle nachgewiesen	vermindere Klasse um 1	vermindere Klasse um 1	vermindere Klasse um 1	vermindere Klasse um 1	vermindere Klasse um 1	vermindere Klasse um 1	vermindere Klasse um 1

Tabelle 3: Anpassung der Anforderungsklasse

Mindestbetondeckung gemäß DIN EN 1992-1-1/NA (Anforderungsklasse S4):

für XC1:	$c_{\min,dur} = 15 \text{ mm},$	$\Delta c_{dur,\gamma} = 0 \text{ mm},$	$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm},$	$c_{nom} = 25 \text{ mm}$
für XC2, XC3:	$c_{\min,dur} = 25 \text{ mm},$	$\Delta c_{dur,\gamma} = 0 \text{ mm},$	$\Delta c_{dev} = 15 \text{ mm},$	$c_{nom} = 40 \text{ mm}$
für XC4:	$c_{\min,dur} = 30 \text{ mm},$	$\Delta c_{dur,\gamma} = 0 \text{ mm},$	$\Delta c_{dev} = 15 \text{ mm},$	$c_{nom} = 45 \text{ mm}$
für XD1/XS1:	$c_{\min,dur} = 35 \text{ mm},$	$\Delta c_{dur,\gamma} = 10 \text{ mm},$	$\Delta c_{dev} = 15 \text{ mm},$	$c_{nom} = 60 \text{ mm}$
für XD2/XS2:	$c_{\min,dur} = 40 \text{ mm},$	$\Delta c_{dur,\gamma} = 5 \text{ mm},$	$\Delta c_{dev} = 15 \text{ mm},$	$c_{nom} = 60 \text{ mm}$
für XD3/XS3:	$c_{\min,dur} = 45 \text{ mm},$	$\Delta c_{dur,\gamma} = 0 \text{ mm},$	$\Delta c_{dev} = 15 \text{ mm},$	$c_{nom} = 60 \text{ mm}$

Mindestbetondeckung gemäß ZTV-W LB 215, Teil 1, 4.4:

$$c_{\min,dur} = 50 \text{ mm}, \quad \Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}, \quad c_{nom} = 60 \text{ mm}$$

Gewählt: $c_{nom} = c_{\min} + \Delta c_{dev} = 50 + 10 = 60 \text{ mm}$

Vorgesehener Betonstahl: B 500 B

3.2 Rissbreitenbeschränkung (allgemein)

- aus DIN EN 1992-1-1, 7.3.1 (Stahlbeton, Expositionsklasse XC4):
 $w_k = 0,30 \text{ mm}$
- Unterscheidung der Nachweise unter Zwang in Nachweise unter frühem / spätem Zwang:
 Früher Zwang in horizontaler Richtung bei Bauteilen mit Abmessungen $\sim < 12 \text{ m}$;
 Später Zwang in horizontaler Richtung bei Bauteilen mit Abmessungen $\sim > 12 \text{ m}$;
 In vertikaler Richtung werden Bauteile nicht auf Zwang bemessen.

Eine entsprechende sorgfältige Nachbehandlung des Betons zur Reduzierung von Rissen ist generell erforderlich.

Die vorgeschlagene Bewehrung wird mit einem Abstand von 12,5 cm gewählt, um in horizontalen Bauteilen auch im Bereich von Bewehrungsstößen einen ausreichenden Abstand für den Frischbeton und für schmale Rüttelflaschen zwischen den Bewehrungsstäben zu belassen. In Ausnahmefällen kann der Abstand der Bewehrungsseisen von dieser Regelung abweichen.

Der Beiwert $k_{c,t}$ wurde in der Entwurfsstatik entsprechend der Bauteildicke gewählt:

Tabelle 7. Empfohlene Anhaltswerte der Betonzugfestigkeit bei Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme
Table 7. Recommended calculation values of concrete tensile strength due to restraint from loss of the heat of hydration

S	1	2	3	4	5
Z	Festigkeitsentwicklung des Betons	Bauteildicke h			
		$\leq 0,30 \text{ m}$	$\leq 0,80 \text{ m}$	$\leq 2,0 \text{ m}$	$> 2,0 \text{ m}$
1	langsam ($r < 0,30$) ¹⁾²⁾	– ³⁾	$0,60f_{ctm}$	$0,70f_{ctm}$ ⁴⁾	$0,80f_{ctm}$ ⁴⁾
2	mittel ($r < 0,50$) ¹⁾	$0,65f_{ctm}$	$0,75f_{ctm}$	$0,85f_{ctm}$	$0,95f_{ctm}$
3	schnell ($r \geq 0,50$) ¹⁾	$0,80f_{ctm}$	$0,90f_{ctm}$	$1,0f_{ctm}$	$1,00f_{ctm}$

¹⁾ Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis $r = f_{cm}(2 \text{ d}) / f_{cm}(28 \text{ d})$ beschrieben, das bei der Eignungsprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton vergleichbarer Zusammensetzung (d. h. gleicher Zement, gleicher w/z-Wert) ermittelt wurde.
 Wird bei besonderen Anwendungen die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt $t > 28$ Tage bestimmt, ist das Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen $f_{cm}(2 \text{ d})$ zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit $f_{cm}(t)$ zu ermitteln oder es ist vom Betonhersteller eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20 °C zwischen 2 Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.

²⁾ Bei Festigkeitsklassen $\geq \text{C}30/37$ ist es i. d. R. nicht möglich, das Festigkeitsverhältnis $r < 0,30$ bezogen auf 28 Tage zu begrenzen. In diesen Fällen ist es erforderlich, den Zeitpunkt des Nachweises der Festigkeitsklasse auf einen späteren Zeitpunkt (z. B. 56 Tage) zu vereinbaren.

³⁾ Die Auslegung der Bewehrung bei dünnen Bauteilen auf eine langsame Festigkeitsentwicklung ist nicht sinnvoll. Es sollte grundsätzlich mindestens eine mittlere Festigkeitsentwicklung angenommen werden.

⁴⁾ Der empfohlene Anhaltswert für massige Bauteile ist erst bei der Verwendung von langsam erhartenden Betonen mit einem Prüfalter von 91 Tagen zu erwarten.

Bild 8: Auszug aus DBV-Merkblatt „Rissbildung“ (Entwurf)

4 Rissbreitenbemessung

4.1 Durchlassbauwerk

4.1.1 Bodenplatte, Pos 1: (d = 60 cm)

Bauteilabmessung: ca. 37,00 * 5,40 m
 Expositionsklassen: XC2, XF3, WF
 Betongüte: C35/45, Betondeckung: 60 mm

In Längsrichtung:

Rissbreite [mm]	Bauteildicke [cm]	früher / später Zwang	$K_{c,t}$ [-]	$A_{s, erforderlich}$ [cm ² /m]	$A_{s, gewählt}$
0,30 mm	60 cm	später Zwang	1,0	24,8	Ø 20 / 12,5 = 25,1 cm ² /m

In Querrichtung:

Rissbreite [mm]	Bauteildicke [cm]	früher / später Zwang	$K_{c,t}$ [-]	$A_{s, erforderlich}$ [cm ² /m]	$A_{s, gewählt}$
0,30 mm	60 cm	früher Zwang	0,71	20,9	Ø 20 / 12,5 = 25,1 cm ² /m

In den hochbelasteten Bereichen werden gemäß Ergebnisgrafik Zulageeisen vorgesehen.

Geschätzter Bewehrungsgehalt: 220 kg/m³

4.1.2 Außenwände (d = 40 bis 90 cm)

Maximale Bauteilabmessung: ca. 37,00 * 7,70 m

Expositionsklassen: XC4, XF3, WF
 Betongüte: C35/45, Betondeckung: 60 mm

Die Wanddicken der Außenwände werden mit zunehmender Höhe geringer.

Unterer, dicker Bereich:

In Horizontalrichtung:

Rissbreite [mm]	Bauteildicke [cm]	früher / später Zwang	$K_{c,t}$ [-]	$A_{s, erforderlich}$ [cm ² /m]	$A_{s, gewählt}$
0,30 mm	90 cm	später Zwang	1,0	33,5	Ø 25 / 12,5 = 39,3 cm ² /m

In Vertikalrichtung:

Rissbreite [mm]	Bauteildicke [cm]	früher / später Zwang	$K_{c,t}$ [-]	$A_{s, erforderlich}$ [cm ² /m]	$A_{s, gewählt}$
0,30 mm	90 cm	früher Zwang	0,76	28,5	Ø 16D / 12,5 = 32,2 cm ² /m

Geschätzter Bewehrungsgehalt: 180 kg/m³

Oberer, schmaler Bereich:

In Horizontalrichtung:

Rissbreite [mm]	Bauteildicke [cm]	früher / später Zwang	$K_{c,t}$ [-]	$A_{s, erforderlich}$ [cm ² /m]	$A_{s, gewählt}$
0,30 mm	40 cm	später Zwang	1,0	19,7	Ø 20 / 12,5 = 25,1 cm ² /m

In Vertikalrichtung:

Rissbreite [mm]	Bauteildicke [cm]	früher / später Zwang	$K_{c,t}$ [-]	$A_{s, erforderlich}$ [cm ² /m]	$A_{s, gewählt}$
0,30 mm	40 cm	früher Zwang	0,67	14,4	Ø 16 / 12,5 = 16,1 cm ² /m

Geschätzter Bewehrungsgehalt: 230 kg/m³

Gemittelter geschätzter Bewehrungsgehalt:

$$0,5 * (180 + 230) \approx 210 \text{ kg/m}^3$$

In den hochbelasteten Bereichen werden gemäß Ergebnisgrafik Zulageeisen vorgesehen.

4.1.3 Innenwand (d = 40 cm)

Bauteilabmessung: ca. 7,70 * 4,00 m

Expositionsklassen: XC4, XF3, WF

Betongüte: C35/45, Betondeckung: 60 mm

In Horizontal- und Vertikalrichtung:

Rissbreite [mm]	Bauteildicke [cm]	früher / später Zwang	$K_{c,t}$ [-]	$A_{s, erforderlich}$ [cm ² /m]	$A_{s, gewählt}$
0,30 mm	40 cm	früher Zwang	0,69	14,4	Ø 16 / 12,5 = 16,1 cm ² /m

In den hochbelasteten Bereichen werden gemäß Ergebnisgrafik Zulageeisen vorgesehen.

Geschätzter Bewehrungsgehalt: 180 kg/m³

4.1.4 Decke

Bauteilabmessung: ca. 4,50 * 4,00 m

Expositionsklassen: XC3, XF2, XD1, XA2, WA

Betongüte: C35/45, Betondeckung: 60 mm

In Längs- und Querrichtung:

Rissbreite [mm]	Bauteildicke [cm]	früher / später Zwang	$K_{c,t}$ [-]	$A_{s, erforderlich}$ [cm ² /m]	$A_{s, gewählt}$
0,30 mm	40 cm	früher Zwang	0,69	14,4	Ø 16 / 12,5 = 16,1 cm ² /m

In den hochbelasteten Bereichen werden gemäß Ergebnisgrafik Zulageeisen vorgesehen.

Geschätzter Bewehrungsgehalt: 180 kg/m³

4.2 Zusammenfassung der verwendeten Betonsorten

Es wurden noch keine Betonsorten gewählt.

6 Einwirkungen / Lastfälle

6.1 Einwirkungen

Die Einwirkungen werden bauwerksbezogen aufgestellt. Es werden alle ständigen, veränderlichen, seltenen und außergewöhnlichen Einwirkungen im Bau-, End- und Betriebszustand berücksichtigt.

6.1.1 Lastfall 1: Eigengewicht

Das Eigengewicht wird programmintern ermittelt und als ständige Last (Lastfall 01) angesetzt.

Stahlbetonkonstruktion: $\gamma_{\text{Beton}} = 25 \text{ kN/m}^3$

6.1.2 Lastfall 2: Eigengewicht der Schütze, offener Zustand

Das Eigengewicht eines Schützes wird mit 1,0 t angesetzt.

In diesem Lastfall wird die Last der Schütze auf die Oberkante der Innenwand angesetzt.

6.1.3 Lastfall 3: Eigengewicht der Schütze, geschlossener Zustand

Das Eigengewicht eines Schützes wird mit 1,0 t angesetzt.

In diesem Lastfall wird die Last der Schütze auf die Bodenplatte angesetzt.

6.1.4 Lastfall 4: Aufschüttung Sohlsubstrat

Der Bereich zwischen den Aufkantungungen der Bodenplatte wird mit einem Sohlsubstrat verfüllt.

Annahme Sohlsubstrat: $\gamma_{\text{Substrat}} = 18 \text{ kN/m}^3$

$\gamma'_{\text{Substrat}} = 11 \text{ kN/m}^3$

$q_{\text{Substrat}} = 11 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,3 \text{ m} = 3,3 \text{ kN/m}^2$

6.1.5 Lastfall 5: Erdruhedruck ohne anstehendes Wasser

Randbedingungen:

Geländeoberkante:	511,60 m ü. NN
Oberkante Flügelwand 1:	506,13 m ü. NN
Oberkante Flügelwand 2:	507,38 m ü. NN
Oberkante Bodenplatte:	504,50 m ü. NN
Unterkante Bodenplatte:	503,90 m ü. NN

Es wird von einer Verfüllung mit dem folgenden Bodenmaterial ausgegangen:

-	Wichte:	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
-	Reibungswinkel:	$\phi' = 27,5^\circ$
-	Kohäsion:	$c = 0$
-	Seitendruckbeiwert:	$k_0 = 0,54$

Erddruck auf Außenwände:

$$\Delta h_1 = 511,6 - 503,9 = 7,70 \text{ m}$$

$$\sigma_{v1} = \Delta h_1 * \gamma = 7,70 * 20 = 154,0 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{ohy1} = \sigma_{v1} * k_0 = 154,0 * 0,54 \approx \underline{85,0 \text{ kN/m}^2}$$

$$\Delta h_2 = 506,16 - 504,2 = 1,96 \text{ m}$$

$$\sigma_{v2} = \Delta h_2 * \gamma = 1,96 * 20 = \underline{39,2 \text{ kN/m}^2}$$

$$e_{ohy2} = \sigma_{v2} * k_0 = 39,2 * 0,54 \approx \underline{25,0 \text{ kN/m}^2}$$

$$\Delta h_3 = 507,38 - 504,2 = 3,18 \text{ m}$$

$$\sigma_{v3} = \Delta h_3 * \gamma = 3,18 * 20 = \underline{63,6 \text{ kN/m}^2}$$

$$e_{ohy2} = \sigma_{v2} * k_0 = 63,6 * 0,54 \approx \underline{35,0 \text{ kN/m}^2}$$

6.1.6 Lastfall 6: Erdruhedruck mit anstehendem Wasser auf Höhe des BHQ₁

Im Hochwasserfall wird der Durchfluss durch das Durchlassbauwerk mittels Schütze unterbunden bzw. verringert.

Randbedingungen:

Geländeoberkante:	511,60 m ü. NN
Bemessungswasserstand:	510,43 m ü. NN
Oberkante Flügelwand 1:	506,13 m ü. NN
Oberkante Flügelwand 2:	507,38 m ü. NN
Oberkante Bodenplatte:	504,50 m ü. NN
Unterkante Bodenplatte:	503,90 m ü. NN

Es wird von einer Verfüllung mit dem folgenden Bodenmaterial ausgegangen:

-	Wichte:	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
-	Wichte unter Auftrieb:	$\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$
-	Wichte Wasser:	$\gamma_{\text{Wasser}} = 10 \text{ kN/m}^3$
-	Reibungswinkel:	$\phi' = 27,5^\circ$
-	Kohäsion:	$c = 0$
-	Seitendruckbeiwert:	$k_0 = 0,54$

Wasserdruck an der Unterseite der Bodenplatte:

$$\Delta h_{w1} = 510,43 - 503,90 = 6,53 \text{ m}$$

$$w_1 = \Delta h * \gamma_{\text{Wasser}} = 6,53 * 10 = \underline{65,00 \text{ kN/m}^2}$$

Wasserdruck an der Oberseite der Bodenplatte:

$$\Delta h_{w2} = 510,43 - 504,50 = 5,93 \text{ m}$$

$$w_2 = \Delta h * \gamma_{\text{Wasser}} = 5,93 * 10 = \underline{59,00 \text{ kN/m}^2}$$

Erd- und Wasserdruck auf Außenwände:

Erddruck:

$$\Delta h_1 = 511,60 - 510,43 = 1,17 \text{ m}$$

$$\sigma_{v1} = \Delta h_1 * \gamma = 1,17 * 20 = 23,4 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta h_2 = 510,43 - 503,9 = 6,53 \text{ m}$$

$$e_{ohy1} = \sigma_{v1} * k_0 + \Delta h_2 * (\gamma' * k_0 + \gamma_{\text{Wasser}}) = 23,4 * 0,54 + 6,53 * (10 * 0,54 + 10) \approx \underline{115 \text{ kN/m}^2}$$

$$\Delta h_{w3} = 510,43 - 506,13 = 4,30 \text{ m}$$

$$w_3 = \gamma_{\text{Wasser}} * \Delta h_{w3} = 10 * 4,3 = 43,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta h_3 = 506,16 - 504,2 = 1,96 \text{ m}$$

$$\sigma_{v2} = w_3 + \Delta h_3 * (\gamma' + \gamma_{\text{Wasser}}) = 43,0 + 1,96 * (10 + 10) \approx \underline{85 \text{ kN/m}^2}$$

$$e_{ohy2} = w_3 + \Delta h_3 * (\gamma' * k_0 + \gamma_{\text{Wasser}}) = 43,0 + 1,96 * (10 * 0,54 + 10) \approx \underline{75 \text{ kN/m}^2}$$

$$\Delta h_{w4} = 510,43 - 507,38 = 3,05 \text{ m}$$

$$w_4 = \gamma_{\text{Wasser}} * \Delta h_{w4} = 10 * 3,05 = 30,50 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta h_4 = 507,38 - 504,2 = 3,18 \text{ m}$$

$$\sigma_{v3} = w_4 + \Delta h_4 * (\gamma' + \gamma_{\text{Wasser}}) = 30,5 + 3,18 * (10 + 10) \approx \underline{95 \text{ kN/m}^2}$$

$$e_{ohy3} = w_4 + \Delta h_4 * (\gamma' * k_0 + \gamma_{\text{Wasser}}) = 30,5 + 3,18 * (10 * 0,54 + 10) \approx \underline{80 \text{ kN/m}^2}$$

6.1.7 Lastfall 7: Auflast Decke

$$\gamma_{\text{Schotter}} = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$g_{\text{Schotter}} = 0,5 \text{ m} * 20 \text{ kN/m}^3 = 10 \text{ kN/m}^2$$

6.1.8 Lastfall 11: Nutzlast Bodenplatte

$$q_{k1} = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

6.1.9 Lastfall 12: Nutzlast Decke

$$q_{k2} = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

6.1.10 Lastfall 13: Schneelast Decke

Geländehöhe über Meeresniveau: ca. 510 m ü. NN

Schneelastzone 1a:

$$s_k = 1,25 * [0,19 + 0,91 * ((510+140) / 760)^2] \geq 0,81$$

$$s_k = 1,07 \text{ kN/m}^2$$

$$s = s_k * \mu_1 = 1,07 * 0,8 = \underline{0,85 \text{ kN/m}^2}$$

6.1.11 Lastfälle 14 - 16: Verkehrslast auf Brücke

Es wird für den Fall eines überquerenden Schwerlastwagens die Verkehrslast eines SLW 60 auf die Decke des Bauwerks angesetzt. Dabei wird in die Lastfälle gleichmäßige Flächenlast, Radlasten in Brückenmitte und Radlasten am Brückenrand unterschieden:

Lastfall 14, Gleichmäßige Ersatzflächenlast:

$$p_v = \underline{33,33 \text{ kN/m}^2}$$

Lastfall 15, Radlasten am Brückenrand:

$$Q_{k1} = 6 \times 100 \text{ kN}$$

Lastfall 16, Radlasten in Brückenmitte:

$$Q_{k2} = 6 \times 100 \text{ kN}$$

6.1.12 Lastfälle 21 und 22: Temperaturänderung ΔT_M bei Wasserstand Stauziel

Da es sich bei dem vorliegenden Bauwerk um ein offenes Bauwerk handelt, müssen die Temperatureinwirkungen auf das Bauwerk berücksichtigt werden. In Anlehnung an das DVGW Merkblatt W 300 werden folgende Temperaturlasten angenommen:

Temperaturänderung ΔT_M der Bauteilmittelfläche: $\Delta T_{M, \text{Sommer}} = 15 \text{ K}$

$\Delta T_{M, \text{Winter}} = -15 \text{ K}$

Die Temperaturänderung wird auf alle frei liegenden Bauteile angesetzt. Auf den angrenzenden Elementen wird die Temperatureinwirkung stufenweise reduziert, um einen moderateren Spannungsverlauf zu erhalten.

Die Lastfälle 21 und 22 werden im FE-Programm zusammen mit den Lastfällen 5 und 6 und 23 und 24 in einer Einwirkung des Typs QH veränderlicher Flüssigkeitsdruck zusammengefasst. Diese Einwirkung wird im Programm mit einem Teilsicherheitsbeiwert von 1,35 berechnet. Für Temperatureinwirkungen ist jedoch ein Teilsicherheitsbeiwert von $\gamma_{Temp}=1,0$ anzusetzen. Daher wurden die Temperatureinwirkungen ΔT_M und ΔT_G mit einem Lastfaktor von $1 / 1,35 = 0,74$ eingegeben.

$$\Rightarrow \Delta T_M = 15 * 0,74 = 11,1$$

6.1.13 Lastfälle 23 und 24: Temperaturgradient ΔT_G bei Wasserstand Stauziel

In Anlehnung an das DVGW Merkblatt W 300 werden folgende Temperaturlasten angenommen:

Temperaturgradient ΔT_G linear über die Bauteildicke: $\Delta T_{G,Sommer} = +30 \text{ K}$
 $\Delta T_{G,Winter} = -30 \text{ K}$

Erläuterung zu den angesetzten Teilsicherheitsbeiwerten:

Die Lastfälle 23 und 24 werden im FE-Programm zusammen mit den Lastfällen 5 und 6 und 21 und 22 in einer Einwirkung des Typs QH veränderlicher Flüssigkeitsdruck zusammengefasst. Diese Einwirkung wird im Programm mit einem Teilsicherheitsbeiwert von 1,35 berechnet. Für Temperatureinwirkungen ist jedoch ein Teilsicherheitsbeiwert von $\gamma_{Temp}=1,0$ anzusetzen. Daher wurden die Temperatureinwirkungen ΔT_M und ΔT_G mit einem Lastfaktor von $1 / 1,35 = 0,74$ eingegeben.

$$\Rightarrow \Delta T_{G,Teilsicherheit} = 30 \text{ K} * 0,74 = 22,2 \text{ K}$$

Wärmeübergangswiderstand:

Wärmeübergang innen: $1/\alpha_i = 0,04$
Beton: $d/2,1 = 0,40 / 2,1 = 0,19$
Wärmeübergang außen: $1/\alpha_a = 0,04$
Summe: 0,27

$$\Rightarrow \Delta T_{G,Beton} = 0,19 / 0,27 * 30 \text{ K} = 0,70 * 30 \text{ K} = 21,0 \text{ K} (\Rightarrow \text{Lastfaktor für Eingabe} = 0,70)$$

$$\Rightarrow \Delta T_{G,gesamt} = 30 \text{ K} * 0,74 * 0,70 = 15,54 \text{ K}$$

Der Temperaturgradient wird je nach Lage des Bauteils unterschiedlich angesetzt:
Von allen Seiten frei liegende oder beidseitig mit Wasser benetzte Bauteile erhalten keinen Temperaturgradienten. Einseitig angeschüttete Bauteile werden mit dem vollen Temperaturgradienten belastet. Auf den angrenzenden Elementen wird die Temperatureinwirkung wie im vorhergehenden Lastfall stufenweise reduziert, um einen moderateren Spannungsverlauf zu erhalten.

6.1.14 Erdbeben

Das Bauwerk befindet sich gemäß Erdbebenkarte der DIN EN 1998 in keiner Erdbebenzone. Eine Bemessung auf Erdbebenlasten ist daher nicht erforderlich.

6.2 Bemessungssituationen / Teilsicherheitsbeiwerte

Die Bemessungssituationen und die zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte wurden programmintern angesetzt.

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit erfolgt die Bemessung für alle aufgeführten Lastfallkombinationen.

6.3 Lastfallkombinationen

Die Lastfallkombinationen werden programmintern zusammengestellt und berechnet.

Der Teilsicherheitsbeiwert für ständigen und veränderlichen Wasserdruck wird gemäß DIN 1054:2010-12 (Tabelle A 2.1) mit $\gamma_G = 1,35$ (LF 1) angesetzt.

Der Teilsicherheitsbeiwert der Temperatureinwirkung wird nach DIN EN 1992-1-1/NA, NCI zu 2.3.1.2 (3) auf $\gamma_{Q,T} = 1,0$ gesetzt.

7 Bauzustand

7.1 Bemessung im Bauzustand

Für die Herstellung des Durchlassbauwerkes sind nach aktuellem Planungsstand keine besonderen Bauzustände zu bemessen.

7.2 Baugruben

Die Berechnung der Baugruben erfolgt in einem eigenen statischen Bericht.

8 Hinweise für die weitere Planung und die Bauausführung

8.1 Bodenaustausch / Bodenverbesserung

Der Baugrund wird laut geotechnischem Bericht [G2] als nicht tragfähig eingestuft. Es wird daher empfohlen die Tragfähigkeit der Baugrubensohle mittels einer mind. 80 cm starken Kalkung des Bodens zu verbessern. Zudem soll eine dauerhaft im Boden verbleibende Spundwand eine Unterströmung des Fundaments verhindern.

8.2 Querkraftdorn in Dehnfugen

Im Bereich der vertikalen Dehnfugen in den Außenwänden sind konstruktive Querkraftdorne $\varnothing 20 / 0,5$ m vorzusehen.

9 Zusammenfassung / Bewehrung der Bauteile

Die Bemessung erfolgt mit Hilfe der Programmmodule der Infograph GmbH. Die grafische Ausgabe ist dieser Statik als Anlage beigefügt. Ein vollständiger Ergebnisausdruck ist auf Grund seines großen Umfangs nicht sinnvoll, kann bei Bedarf aber jederzeit nachgereicht werden.

Die aufnehmbare Bemessungsquerkraft ohne Schubbewehrung wurde in mehreren Elementen der Anlage überschritten. Diese Elemente liegen jedoch in Bereichen, die für die Bemessung nicht maßgebend sind (Verschneidungsbereich zwischen Wand und Decke bzw. unmittelbar neben Öffnungen).

Die Mindestbewehrung aus der Rissbreitenbeschränkung wurde den Tabellen entnommen, die als Anhang beigefügt sind.

Gewählt wird für alle Bauteile aus Rissesicherung eine kreuzweise Bewehrung gemäß folgender Tabelle:

Bauteil	Bauteildicke	Bew.gehalt
Bodenplatte	d = 60 cm	220 kg/m ³
Außenwände	d = 40 - 90 cm	210 kg/m ³
Innenwand	d = 40 cm	180 kg/m ³
Decke	d = 40 cm	180 kg/m ³

Tabelle 5: Mindestbewehrung aus Rissesicherung

10 Anlagenverzeichnis

10.1 Anlage 1: Rissbreitenbemessung

- 1.1 Rissbreitenbemessung C35/45, $d = 90$ cm, $w_k = 0,30$ mm, später Zwang
- 1.2 Rissbreitenbemessung C35/45, $d = 90$ cm, $w_k = 0,30$ mm, früher Zwang
- 1.3 Rissbreitenbemessung C35/45, $d = 60$ cm, $w_k = 0,30$ mm, später Zwang
- 1.4 Rissbreitenbemessung C35/45, $d = 60$ cm, $w_k = 0,30$ mm, früher Zwang
- 1.5 Rissbreitenbemessung C35/45, $d = 40$ cm, $w_k = 0,30$ mm, später Zwang
- 1.6 Rissbreitenbemessung C35/45, $d = 40$ cm, $w_k = 0,30$ mm, früher Zwang

Rote Werte müssen eingegeben werden, alle weiteren Werte werden berechnet!

Geforderte Rissbreite $w_k =$	0,3 mm	
Bauteildicke $h =$	90 cm	
Betondeckung $c_{nom} =$	6,0 cm	
Betongüte	C35/45 -	
Langsam erhärtender Beton?	Nein -	"Ja" für $r < 0,30$, sonst "Nein"
Stabdurchmesser Bügel $d_{sh} =$	10 mm	
Stabdurchmesser Längsbew. $d_{sl} =$	25 mm	
Stahlspannung $f_{yk} =$	500 N/mm ²	
$k_{c,t} =$	1,00 -	$k_{c,t} = 0,65-1,0$ für frühen Zwang, $k_{c,t} = 1,0$ für spätem Zwang
$f_{ctm} =$	3,2 N/mm ²	aus Tabelle rechts
$k_c =$	1,0 -	$k_c = 1,0$ für zentrischen Zwang
$k =$	0,50 -	$k = 0,8$ für $d = 30$ cm $k = 0,5$ für $d = 80$ cm, dazwischen wird interpoliert
$f_{ct,eff} =$	3,2 N/mm ²	$f_{ct,eff} = k_{c,t} * f_{ctm}$, aber für $k_c = 1,0$ ist $f_{ct,eff} \geq 3,0$ N/mm ²
$A_{ct} =$	0,45 m ²	$A_{ct} =$ halbe Bauteilfläche
Statische Nutzhöhe $d =$	81,75 cm	$d = h - c_{nom} - d_{sh} - d_{sl}/2 =$
Abstand der Längsbew. $d_1 =$	8,25 cm	$d_1 = h - d =$
$\phi_s^*(1) =$	33,2 mm	$\phi_s^*(1) = d_{sl} * 8 * (h-d) / (k_c * k * h_{cr}) * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^*(2) =$	22,7 mm	$\phi_s^*(2) = d_{sl} * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^* =$	22,7 mm	$\phi_s^* =$ Minimum ($\phi_s^*(1); \phi_s^*(2)$)
$\sigma_s =$	215 N/mm ²	$\sigma_s =$ WURZEL($w_k * 3,48 * 10^6 / \phi_s^*$) (aus Tabelle 7.2DE)
$h / d_1 =$	10,9 -	
$h_{c,eff} / d_1 =$	3,09 -	$h_{c,eff} / d_1 = 2,5$ für $h/d_1 = 5$ $h_{c,eff} / d_1 = 5,0$ für $h/d_1 = 30$, dazwischen wird interpoliert
$h_{c,eff} =$	25,5 cm	$h_{c,eff} = h_{c,eff} / d_1 * d_1$
$As(1) =$	33,5 cm ² /m	$As(1) = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$ (Trennriss für dünne Bauteile)
$As(2.1) =$	38,0 cm ² /m	$As(2.1) = f_{ct,eff} * A_{c,eff} / \sigma_s$ (Sekundärriss)
$As(2.2) =$	14,4 cm ² /m	$As(2.2) = k * f_{ct,eff} * A_{ct} / f_{yk}$ (Primärriss)
$As(2) =$	38,0 cm ² /m	$As(2) =$ Maximum ($As(2.1); As(2.2)$)
Reduktionsfaktor =	1,00 -	Faktor = 0,85 bei langsam erhärtendem Beton ($r < 0,30$) gemäß NCI Zu 7.3.2 (Na.6)

Zugehörige Tabellen:

f_{ctm}	$k_{c,t} < 1$	$k_{c,t} = 1$		
C20/25	2,2	3,0	N/mm ²	
C25/30	2,6	3,0	N/mm ²	
C30/37	2,9	3,0	N/mm ²	
C35/45	3,2	3,2	N/mm ²	mittel: $k_{c,t}$
C40/50	3,5	3,5	N/mm ²	30 cm 0,65
C45/55	3,8	3,8	N/mm ²	35 cm 0,66
C50/60	4,1	4,1	N/mm ²	40 cm 0,67
C55/67	4,2	4,2	N/mm ²	45 cm 0,68
C60/75	4,4	4,4	N/mm ²	50 cm 0,69
C70/85	4,6	4,6	N/mm ²	55 cm 0,70
				60 cm 0,71
				65 cm 0,72
				70 cm 0,73
	8	0,503	cm ²	75 cm 0,74
	10	0,785	cm ²	80 cm 0,75
	12	1,13	cm ²	100 cm 0,77
	14	1,54	cm ²	120 cm 0,79
	16	2,01	cm ²	140 cm 0,80
12D =	17	2,26	cm ²	160 cm 0,82
	20	3,14	cm ²	180 cm 0,84
16D =	23	4,02	cm ²	200 cm 0,85
	25	4,91	cm ²	
	28	6,16	cm ²	

4,91

$A_{s,erforderlich} = 33,5 \text{ cm}^2/\text{m}$

$A_{s,erforderlich} =$ Minimum ($As(1); As(2)$)

$\phi \quad 25 \quad / \quad 14,6$

Rote Werte müssen eingegeben werden, alle weiteren Werte werden berechnet!

Geforderte Rissbreite $w_k =$	0,3 mm	
Bauteildicke $h =$	90 cm	
Betondeckung $c_{nom} =$	6,0 cm	
Betongüte	C35/45 -	
Langsam erhärtender Beton?	Nein -	"Ja" für $r < 0,30$, sonst "Nein"
Stabdurchmesser Bügel $d_{sh} =$	10 mm	
Stabdurchmesser Längsbew. $d_{sl} =$	23 mm	
Stahlspannung $f_{yk} =$	500 N/mm ²	
$k_{c,t} =$	0,76 -	$k_{c,t} = 0,65-1,0$ für frühen Zwang, $k_{c,t} = 1,0$ für spätem Zwang
$f_{ctm} =$	3,2 N/mm ²	aus Tabelle rechts
$k_c =$	1,0 -	$k_c = 1,0$ für zentrischen Zwang
$k =$	0,50 -	$k = 0,8$ für $d = 30\text{cm}$ $k = 0,5$ für $d = 80\text{cm}$, dazwischen wird interpoliert
$f_{ct,eff} =$	2,4 N/mm ²	$f_{ct,eff} = k_{c,t} * f_{ctm}$, aber für $k_c = 1,0$ ist $f_{ct,eff} \geq 3,0$ N/mm ²
$A_{ct} =$	0,45 m ²	$A_{ct} =$ halbe Bauteilfläche
Statische Nutzhöhe $d =$	81,85 cm	$d = h - c_{nom} - d_{sh} - d_{sl}/2 =$
Abstand der Längsbew. $d_1 =$	8,15 cm	$d_1 = h - d =$
$\phi_s^*(1) =$	39,7 mm	$\phi_s^*(1) = d_{sl} * 8 * (h-d) / (k_c * k * h_{cr}) * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^*(2) =$	27,4 mm	$\phi_s^*(2) = d_{sl} * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^* =$	27,4 mm	$\phi_s^* =$ Minimum ($\phi_s^*(1); \phi_s^*(2)$)
$\sigma_s =$	195 N/mm ²	$\sigma_s =$ WURZEL($w_k * 3,48 * 10^6 / \phi_s^*$) (aus Tabelle 7.2DE)
$h / d_1 =$	11,0 -	
$h_{c,eff} / d_1 =$	3,10 -	$h_{c,eff} / d_1 = 2,5$ für $h/d_1 = 5$ $h_{c,eff} / d_1 = 5,0$ für $h/d_1 = 30$, dazwischen wird interpoliert
$h_{c,eff} =$	25,3 cm	$h_{c,eff} = h_{c,eff} / d_1 * d_1$
$As(1) =$	28,0 cm ² /m	$As(1) = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$ (Trennriss für dünne Bauteile)
$As(2.1) =$	31,5 cm ² /m	$As(2.1) = f_{ct,eff} * A_{c,eff} / \sigma_s$ (Sekundärriss)
$As(2.2) =$	10,9 cm ² /m	$As(2.2) = k * f_{ct,eff} * A_{ct} / f_{yk}$ (Primärriss)
$As(2) =$	31,5 cm ² /m	$As(2) =$ Maximum ($As(2.1); As(2.2)$)
Reduktionsfaktor =	1,00 -	Faktor = 0,85 bei langsam erhärtendem Beton ($r < 0,30$) gemäß NCI Zu 7.3.2 (Na.6)

Zugehörige Tabellen:

f_{ctm}	$k_{c,t} < 1$	$k_{c,t} = 1$		
C20/25	2,2	3,0	N/mm ²	
C25/30	2,6	3,0	N/mm ²	
C30/37	2,9	3,0	N/mm ²	
C35/45	3,2	3,2	N/mm ²	mittel: $k_{c,t}$
C40/50	3,5	3,5	N/mm ²	30 cm 0,65
C45/55	3,8	3,8	N/mm ²	35 cm 0,66
C50/60	4,1	4,1	N/mm ²	40 cm 0,67
C55/67	4,2	4,2	N/mm ²	45 cm 0,68
C60/75	4,4	4,4	N/mm ²	50 cm 0,69
C70/85	4,6	4,6	N/mm ²	55 cm 0,70
				60 cm 0,71
				65 cm 0,72
				70 cm 0,73
8	0,503	cm ²		75 cm 0,74
10	0,785	cm ²		80 cm 0,75
12	1,13	cm ²		100 cm 0,77
14	1,54	cm ²		120 cm 0,79
16	2,01	cm ²		140 cm 0,80
12D = 17	2,26	cm ²		160 cm 0,82
	20	3,14	cm ²	180 cm 0,84
16D = 23	4,02	cm ²		200 cm 0,85
	25	4,91	cm ²	
	28	6,16	cm ²	

4,02

$A_{s,erforderlich} = 28,0 \text{ cm}^2/\text{m}$

$A_{s,erforderlich} =$ Minimum ($As(1); As(2)$)

$\phi \quad 23 \quad / \quad 14,3$

Rote Werte müssen eingegeben werden, alle weiteren Werte werden berechnet!

Geforderte Rissbreite $w_k =$	0,3 mm	
Bauteildicke $h =$	60 cm	
Betondeckung $c_{nom} =$	6,0 cm	
Betongüte	C35/45 -	
Langsam erhärtender Beton?	Nein -	"Ja" für $r < 0,30$, sonst "Nein"
Stabdurchmesser Bügel $d_{sh} =$	10 mm	
Stabdurchmesser Längsbew. $d_{sl} =$	20 mm	
Stahlspannung $f_{yk} =$	500 N/mm ²	
$k_{c,t} =$	1,00 -	$k_{c,t} = 0,65-1,0$ für frühen Zwang, $k_{c,t} = 1,0$ für spätes Zwang
$f_{ctm} =$	3,2 N/mm ²	aus Tabelle rechts
$k_c =$	1,0 -	$k_c = 1,0$ für zentrischen Zwang
$k =$	0,62 -	$k = 0,8$ für $d = 30$ cm $k = 0,5$ für $d = 80$ cm, dazwischen wird interpoliert
$f_{ct,eff} =$	3,2 N/mm ²	$f_{ct,eff} = k_{c,t} * f_{ctm}$, aber für $k_c = 1,0$ ist $f_{ct,eff} \geq 3,0$ N/mm ²
$A_{ct} =$	0,3 m ²	$A_{ct} =$ halbe Bauteilfläche
Statische Nutzhöhe $d =$	52 cm	$d = h - c_{nom} - d_{sh} - d_{sl}/2 =$
Abstand der Längsbew. $d_1 =$	8 cm	$d_1 = h - d =$
$\phi_s^*(1) =$	31,2 mm	$\phi_s^*(1) = d_{sl} * 8 * (h-d) / (k_c * k * h_{cr}) * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^*(2) =$	18,1 mm	$\phi_s^*(2) = d_{sl} * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^* =$	18,1 mm	$\phi_s^* =$ Minimum ($\phi_s^*(1); \phi_s^*(2)$)
$\sigma_s =$	240 N/mm ²	$\sigma_s =$ WURZEL($w_k * 3,48 * 10^6 / \phi_s^*$) (aus Tabelle 7.2DE)
$h / d_1 =$	7,5 -	
$h_{c,eff} / d_1 =$	2,75 -	$h_{c,eff} / d_1 = 2,5$ für $h/d_1 = 5$ $h_{c,eff} / d_1 = 5,0$ für $h/d_1 = 30$, dazwischen wird interpoliert
$h_{c,eff} =$	22 cm	$h_{c,eff} = h_{c,eff} / d_1 * d_1$
$As(1) =$	24,8 cm ² /m	$As(1) = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$ (Trennriss für dünne Bauteile)
$As(2.1) =$	29,3 cm ² /m	$As(2.1) = f_{ct,eff} * A_{c,eff} / \sigma_s$ (Sekundärriss)
$As(2.2) =$	11,9 cm ² /m	$As(2.2) = k * f_{ct,eff} * A_{ct} / f_{yk}$ (Primärriss)
$As(2) =$	29,3 cm ² /m	$As(2) =$ Maximum ($As(2.1); As(2.2)$)
Reduktionsfaktor =	1,00 -	Faktor = 0,85 bei langsam erhärtendem Beton ($r < 0,30$) gemäß NCI Zu 7.3.2 (Na.6)

Zugehörige Tabellen:

f_{ctm}	$k_{c,t} < 1$	$k_{c,t} = 1$		
C20/25	2,2	3,0	N/mm ²	
C25/30	2,6	3,0	N/mm ²	
C30/37	2,9	3,0	N/mm ²	
C35/45	3,2	3,2	N/mm ²	mittel: $k_{c,t}$
C40/50	3,5	3,5	N/mm ²	30 cm 0,65
C45/55	3,8	3,8	N/mm ²	35 cm 0,66
C50/60	4,1	4,1	N/mm ²	40 cm 0,67
C55/67	4,2	4,2	N/mm ²	45 cm 0,68
C60/75	4,4	4,4	N/mm ²	50 cm 0,69
C70/85	4,6	4,6	N/mm ²	55 cm 0,70
				60 cm 0,71
				65 cm 0,72
				70 cm 0,73
	8	0,503	cm ²	75 cm 0,74
	10	0,785	cm ²	80 cm 0,75
	12	1,13	cm ²	100 cm 0,77
	14	1,54	cm ²	120 cm 0,79
	16	2,01	cm ²	140 cm 0,80
12D =	17	2,26	cm ²	160 cm 0,82
	20	3,14	cm ²	180 cm 0,84
16D =	23	4,02	cm ²	200 cm 0,85
	25	4,91	cm ²	
	28	6,16	cm ²	

3,14

ϕ 20 / 12,7

$A_{s,erforderlich} =$ **24,8 cm²/m**

$A_{s,erforderlich} =$ Minimum ($As(1); As(2)$)

Rote Werte müssen eingegeben werden, alle weiteren Werte werden berechnet!

Geforderte Rissbreite $w_k =$	0,3 mm	
Bauteildicke $h =$	60 cm	
Betondeckung $c_{nom} =$	6,0 cm	
Betongüte	C35/45 -	
Langsam erhärtender Beton?	Nein -	"Ja" für $r < 0,30$, sonst "Nein"
Stabdurchmesser Bügel $d_{sh} =$	10 mm	
Stabdurchmesser Längsbew. $d_{sl} =$	20 mm	
Stahlspannung $f_{yk} =$	500 N/mm ²	
$k_{c,t} =$	0,71 -	$k_{c,t} = 0,65-1,0$ für frühen Zwang, $k_{c,t} = 1,0$ für spätes Zwang
$f_{ctm} =$	3,2 N/mm ²	aus Tabelle rechts
$k_c =$	1,0 -	$k_c = 1,0$ für zentrischen Zwang
$k =$	0,62 -	$k = 0,8$ für $d = 30$ cm $k = 0,5$ für $d = 80$ cm, dazwischen wird interpoliert
$f_{ct,eff} =$	2,3 N/mm ²	$f_{ct,eff} = k_{c,t} * f_{ctm}$, aber für $k_c = 1,0$ ist $f_{ct,eff} \geq 3,0$ N/mm ²
$A_{ct} =$	0,3 m ²	$A_{ct} =$ halbe Bauteilfläche
Statische Nutzhöhe $d =$	52 cm	$d = h - c_{nom} - d_{sh} - d_{sl}/2 =$
Abstand der Längsbew. $d_1 =$	8 cm	$d_1 = h - d =$
$\phi_s^*(1) =$	43,9 mm	$\phi_s^*(1) = d_{sl} * 8 * (h-d) / (k_c * k * h_{cr}) * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^*(2) =$	25,5 mm	$\phi_s^*(2) = d_{sl} * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^* =$	25,5 mm	$\phi_s^* =$ Minimum ($\phi_s^*(1); \phi_s^*(2)$)
$\sigma_s =$	202 N/mm ²	$\sigma_s =$ WURZEL($w_k * 3,48 * 10^6 / \phi_s^*$) (aus Tabelle 7.2DE)
$h / d_1 =$	7,5 -	
$h_{c,eff} / d_1 =$	2,75 -	$h_{c,eff} / d_1 = 2,5$ für $h/d_1 = 5$ $h_{c,eff} / d_1 = 5,0$ für $h/d_1 = 30$, dazwischen wird interpoliert
$h_{c,eff} =$	22 cm	$h_{c,eff} = h_{c,eff} / d_1 * d_1$
$As(1) =$	20,9 cm ² /m	$As(1) = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$ (Trennriss für dünne Bauteile)
$As(2.1) =$	24,7 cm ² /m	$As(2.1) = f_{ct,eff} * A_{c,eff} / \sigma_s$ (Sekundärriss)
$As(2.2) =$	8,5 cm ² /m	$As(2.2) = k * f_{ct,eff} * A_{ct} / f_{yk}$ (Primärriss)
$As(2) =$	24,7 cm ² /m	$As(2) =$ Maximum ($As(2.1); As(2.2)$)
Reduktionsfaktor =	1,00 -	Faktor = 0,85 bei langsam erhärtendem Beton ($r < 0,30$) gemäß NCI Zu 7.3.2 (Na.6)

Zugehörige Tabellen:

f_{ctm}	$k_{c,t} < 1$	$k_{c,t} = 1$			
C20/25	2,2	3,0	N/mm ²		
C25/30	2,6	3,0	N/mm ²		
C30/37	2,9	3,0	N/mm ²		
C35/45	3,2	3,2	N/mm ²	mittel:	$k_{c,t}$
C40/50	3,5	3,5	N/mm ²	30 cm	0,65
C45/55	3,8	3,8	N/mm ²	35 cm	0,66
C50/60	4,1	4,1	N/mm ²	40 cm	0,67
C55/67	4,2	4,2	N/mm ²	45 cm	0,68
C60/75	4,4	4,4	N/mm ²	50 cm	0,69
C70/85	4,6	4,6	N/mm ²	55 cm	0,70
				60 cm	0,71
				65 cm	0,72
				70 cm	0,73
	8	0,503	cm ²	75 cm	0,74
	10	0,785	cm ²	80 cm	0,75
	12	1,13	cm ²	100 cm	0,77
	14	1,54	cm ²	120 cm	0,79
	16	2,01	cm ²	140 cm	0,80
12D =	17	2,26	cm ²	160 cm	0,82
	20	3,14	cm ²	180 cm	0,84
16D =	23	4,02	cm ²	200 cm	0,85
	25	4,91	cm ²		
	28	6,16	cm ²		

3,14

$A_{s,erforderlich} = 20,9$ cm²/m

$A_{s,erforderlich} =$ Minimum ($As(1); As(2)$)

ϕ 20 / 15,0

Rote Werte müssen eingegeben werden, alle weiteren Werte werden berechnet!

Geforderte Rissbreite $w_k =$	0,3 mm	
Bauteildicke $h =$	40 cm	
Betondeckung $c_{nom} =$	6,0 cm	
Betongüte	C35/45 -	
Langsam erhärtender Beton?	Nein -	"Ja" für $r < 0,30$, sonst "Nein"
Stabdurchmesser Bügel $d_{sh} =$	10 mm	
Stabdurchmesser Längsbew. $d_{sl} =$	20 mm	
Stahlspannung $f_{yk} =$	500 N/mm ²	
$k_{c,t} =$	1,00 -	$k_{c,t} = 0,65-1,0$ für frühen Zwang, $k_{c,t} = 1,0$ für spätem Zwang
$f_{ctm} =$	3,2 N/mm ²	aus Tabelle rechts
$k_c =$	1,0 -	$k_c = 1,0$ für zentrischen Zwang
$k =$	0,74 -	$k = 0,8$ für $d = 30\text{cm}$ $k = 0,5$ für $d = 80\text{cm}$, dazwischen wird interpoliert
$f_{ct,eff} =$	3,2 N/mm ²	$f_{ct,eff} = k_{c,t} * f_{ctm}$, aber für $k_c = 1,0$ ist $f_{ct,eff} \geq 3,0$ N/mm ²
$A_{ct} =$	0,2 m ²	$A_{ct} =$ halbe Bauteilfläche
Statische Nutzhöhe $d =$	32 cm	$d = h - c_{nom} - d_{sh} - d_{sl}/2 =$
Abstand der Längsbew. $d_1 =$	8 cm	$d_1 = h - d =$
$\phi_s^*(1) =$	39,2 mm	$\phi_s^*(1) = d_{sl} * 8 * (h-d) / (k_c * k * h_{cr}) * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^*(2) =$	18,1 mm	$\phi_s^*(2) = d_{sl} * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^* =$	18,1 mm	$\phi_s^* =$ Minimum ($\phi_s^*(1); \phi_s^*(2)$)
$\sigma_s =$	240 N/mm ²	$\sigma_s = \text{WURZEL}(w_k * 3,48 * 10^6 / \phi_s^*)$ (aus Tabelle 7.2DE)
$h / d_1 =$	5,0 -	
$h_{c,eff} / d_1 =$	2,50 -	$h_{c,eff} / d_1 = 2,5$ für $h/d_1 = 5$ $h_{c,eff} / d_1 = 5,0$ für $h/d_1 = 30$, dazwischen wird interpoliert
$h_{c,eff} =$	20 cm	$h_{c,eff} = h_{c,eff} / d_1 * d_1$
$As(1) =$	19,7 cm ² /m	$As(1) = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$ (Trennriss für dünne Bauteile)
$As(2.1) =$	26,7 cm ² /m	$As(2.1) = f_{ct,eff} * A_{c,eff} / \sigma_s$ (Sekundärriss)
$As(2.2) =$	9,5 cm ² /m	$As(2.2) = k * f_{ct,eff} * A_{ct} / f_{yk}$ (Primärriss)
$As(2) =$	26,7 cm ² /m	$As(2) =$ Maximum ($As(2.1); As(2.2)$)
Reduktionsfaktor =	1,00 -	Faktor = 0,85 bei langsam erhärtendem Beton ($r < 0,30$) gemäß NCI Zu 7.3.2 (Na.6)

Zugehörige Tabellen:

f_{ctm}	$k_{c,t} < 1$	$k_{c,t} = 1$		
C20/25	2,2	3,0	N/mm ²	
C25/30	2,6	3,0	N/mm ²	
C30/37	2,9	3,0	N/mm ²	
C35/45	3,2	3,2	N/mm ²	mittel: $k_{c,t}$
C40/50	3,5	3,5	N/mm ²	30 cm 0,65
C45/55	3,8	3,8	N/mm ²	35 cm 0,66
C50/60	4,1	4,1	N/mm ²	40 cm 0,67
C55/67	4,2	4,2	N/mm ²	45 cm 0,68
C60/75	4,4	4,4	N/mm ²	50 cm 0,69
C70/85	4,6	4,6	N/mm ²	55 cm 0,70
				60 cm 0,71
				65 cm 0,72
				70 cm 0,73
	8	0,503	cm ²	75 cm 0,74
	10	0,785	cm ²	80 cm 0,75
	12	1,13	cm ²	100 cm 0,77
	14	1,54	cm ²	120 cm 0,79
	16	2,01	cm ²	140 cm 0,80
12D =	17	2,26	cm ²	160 cm 0,82
	20	3,14	cm ²	180 cm 0,84
16D =	23	4,02	cm ²	200 cm 0,85
	25	4,91	cm ²	
	28	6,16	cm ²	

3,14

Ø 20 / 15,9

$A_{s,erforderlich} = 19,7 \text{ cm}^2/\text{m}$

$A_{s,erforderlich} =$ Minimum ($As(1); As(2)$)

Rote Werte müssen eingegeben werden, alle weiteren Werte werden berechnet!

Geforderte Rissbreite $w_k =$	0,3 mm	
Bauteildicke $h =$	40 cm	
Betondeckung $c_{nom} =$	6,0 cm	
Betongüte	C35/45 -	
Langsam erhärtender Beton?	Nein -	"Ja" für $r < 0,30$, sonst "Nein"
Stabdurchmesser Bügel $d_{sh} =$	10 mm	
Stabdurchmesser Längsbew. $d_{sl} =$	16 mm	
Stahlspannung $f_{yk} =$	500 N/mm ²	
$k_{c,t} =$	0,67 -	$k_{c,t} = 0,65-1,0$ für frühen Zwang, $k_{c,t} = 1,0$ für spätem Zwang
$f_{ctm} =$	3,2 N/mm ²	aus Tabelle rechts
$k_c =$	1,0 -	$k_c = 1,0$ für zentrischen Zwang
$k =$	0,74 -	$k = 0,8$ für $d = 30$ cm $k = 0,5$ für $d = 80$ cm, dazwischen wird interpoliert
$f_{ct,eff} =$	2,1 N/mm ²	$f_{ct,eff} = k_{c,t} * f_{ctm}$, aber für $k_c = 1,0$ ist $f_{ct,eff} \geq 3,0$ N/mm ²
$A_{ct} =$	0,2 m ²	$A_{ct} =$ halbe Bauteilfläche
Statische Nutzhöhe $d =$	32,2 cm	$d = h - c_{nom} - d_{sh} - d_{sl}/2 =$
Abstand der Längsbew. $d_1 =$	7,8 cm	$d_1 = h - d =$
$\phi_s^*(1) =$	45,6 mm	$\phi_s^*(1) = d_{sl} * 8 * (h-d) / (k_c * k * h_{cr}) * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^*(2) =$	21,6 mm	$\phi_s^*(2) = d_{sl} * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^* =$	21,6 mm	$\phi_s^* =$ Minimum ($\phi_s^*(1); \phi_s^*(2)$)
$\sigma_s =$	220 N/mm ²	$\sigma_s =$ WURZEL($w_k * 3,48 * 10^6 / \phi_s^*$) (aus Tabelle 7.2DE)
$h / d_1 =$	5,1 -	
$h_{c,eff} / d_1 =$	2,51 -	$h_{c,eff} / d_1 = 2,5$ für $h/d_1 = 5$ $h_{c,eff} / d_1 = 5,0$ für $h/d_1 = 30$, dazwischen wird interpoliert
$h_{c,eff} =$	19,6 cm	$h_{c,eff} = h_{c,eff} / d_1 * d_1$
$As(1) =$	14,4 cm ² /m	$As(1) = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$ (Trennriss für dünne Bauteile)
$As(2.1) =$	19,1 cm ² /m	$As(2.1) = f_{ct,eff} * A_{c,eff} / \sigma_s$ (Sekundärriss)
$As(2.2) =$	6,3 cm ² /m	$As(2.2) = k * f_{ct,eff} * A_{ct} / f_{yk}$ (Primärriss)
$As(2) =$	19,1 cm ² /m	$As(2) =$ Maximum ($As(2.1); As(2.2)$)
Reduktionsfaktor =	1,00 -	Faktor = 0,85 bei langsam erhärtendem Beton ($r < 0,30$) gemäß NCI Zu 7.3.2 (Na.6)

Zugehörige Tabellen:

f_{ctm}	$k_{c,t} < 1$	$k_{c,t} = 1$		
C20/25	2,2	3,0	N/mm ²	
C25/30	2,6	3,0	N/mm ²	
C30/37	2,9	3,0	N/mm ²	
C35/45	3,2	3,2	N/mm ²	mittel: $k_{c,t}$
C40/50	3,5	3,5	N/mm ²	30 cm 0,65
C45/55	3,8	3,8	N/mm ²	35 cm 0,66
C50/60	4,1	4,1	N/mm ²	40 cm 0,67
C55/67	4,2	4,2	N/mm ²	45 cm 0,68
C60/75	4,4	4,4	N/mm ²	50 cm 0,69
C70/85	4,6	4,6	N/mm ²	55 cm 0,70
				60 cm 0,71
				65 cm 0,72
				70 cm 0,73
	8	0,503	cm ²	75 cm 0,74
	10	0,785	cm ²	80 cm 0,75
	12	1,13	cm ²	100 cm 0,77
	14	1,54	cm ²	120 cm 0,79
	16	2,01	cm ²	140 cm 0,80
12D =	17	2,26	cm ²	160 cm 0,82
	20	3,14	cm ²	180 cm 0,84
16D =	23	4,02	cm ²	200 cm 0,85
	25	4,91	cm ²	
	28	6,16	cm ²	

$A_{s,erforderlich} = 14,4 \text{ cm}^2/\text{m}$

$A_{s,erforderlich} =$ Minimum ($As(1); As(2)$)

2,01
 $\phi \quad 16 \quad / \quad 13,9$

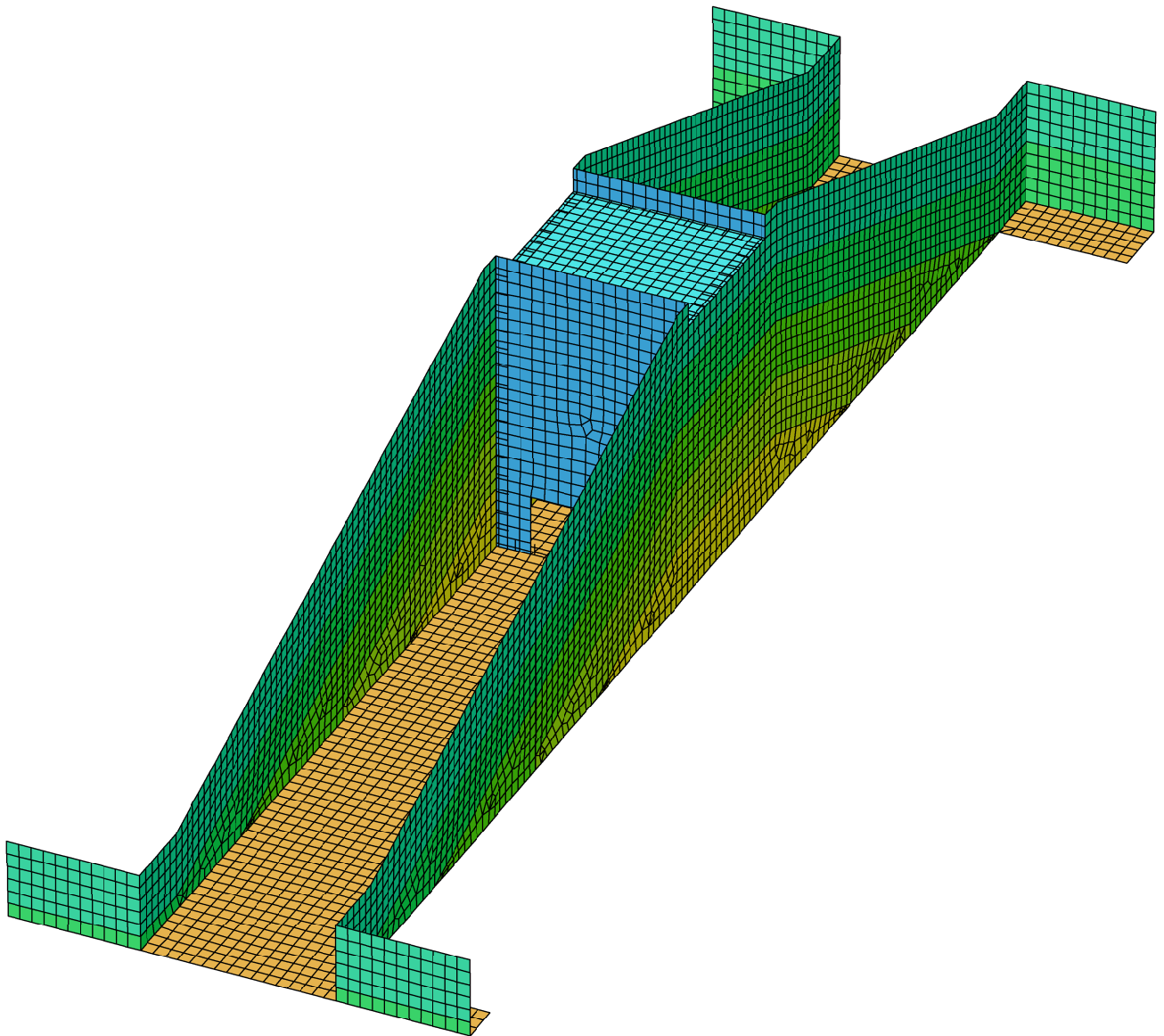
10.2 Anlage 2: Ergebnisausdruck Infograph

(mit gesondertem Inhaltsverzeichnis)

INHALT

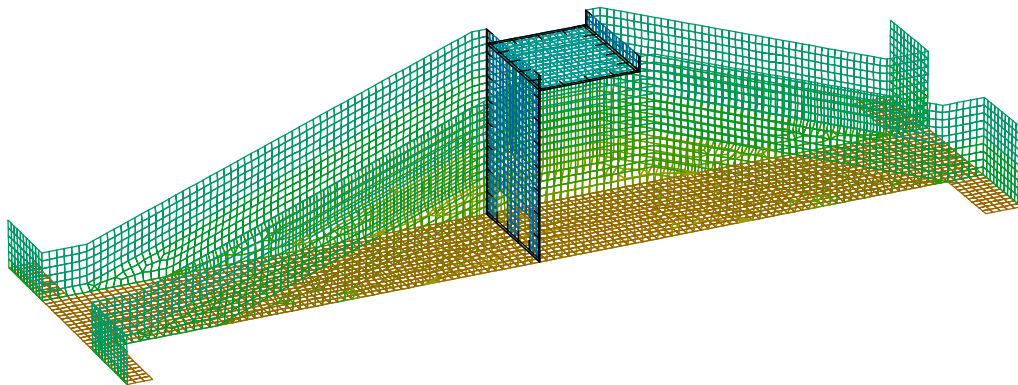
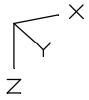
Inhalt	34
System	
System	35
Lasten	
1 : Eigengewicht	36
2 : Eigengewicht Schütz, offen	37
3 : Eigengewicht Schütz geschlossen	38
4 : Aufschüttung Sohlsubstrat	39
5 : Erdruchdruck ohne anstehendes Wasser	40
6 : Erdruchdruck + Wasser bei BHQ (510,43)	41
7 : Auflast Decke	42
11 : Nutzlasten Bodenplatte	43
12 : Nutzlasten Decke	44
13 : Schneelast Decke	45
14 : Verkehrslast Brücke, SLW 60, Flächenlast	46
15 : Verkehrslast Brücke, SLW 60, Laststellung 1	47
16 : Verkehrslast Brücke, SLW 60, Laststellung 2	48
21 : dTM, leer (Sommer)	49
22 : dTM, leer (Winter)	50
23 : dTG, leer (Sommer)	51
24 : dTG, leer (Winter)	52
Bewehrung	
Biegebewehrung asx 1. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1	53
Biegebewehrung asx 2. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1	54
Biegebewehrung asy 1. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1	55
Biegebewehrung asy 2. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1	56
Bügelbewehrung asb; Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1	57
Bodenpressung und Verformung	
Bodenpressungen $\Sigma \sigma_z$ min; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1	58
Deformationen u_z max; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1	58
Bodenpressungen $\Sigma \sigma_z$ max; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1	59
Deformationen u_z min; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1	59

System



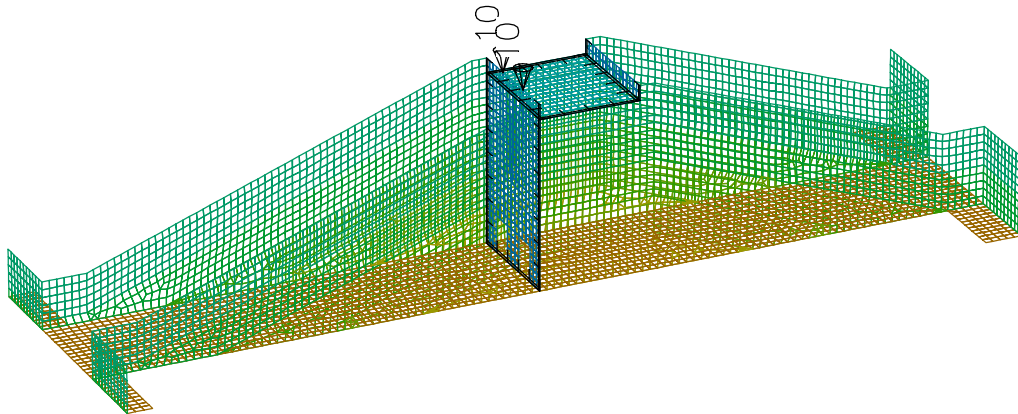
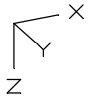
Lasten

EIGENLAST



LF 1: Belastung, Eigengewicht

Lasten



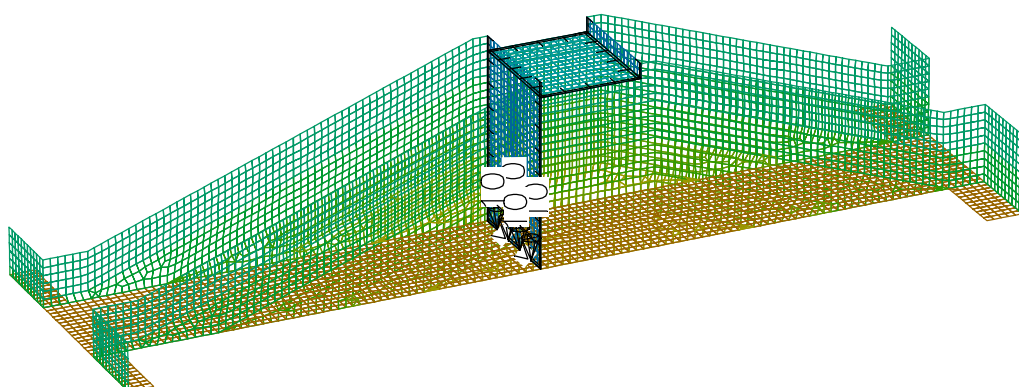
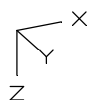
LF 2: Belastung, Eigengewicht Schütz, offen

2390.07_3_02_01_Durchlassbauwerk

M = 1:280

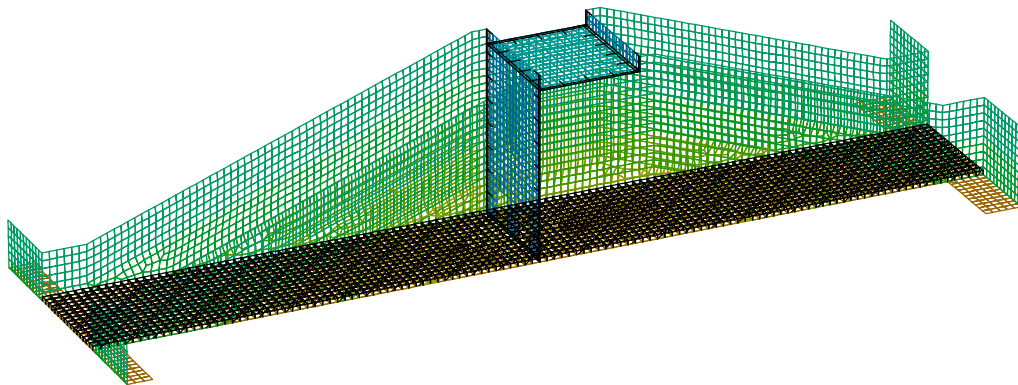
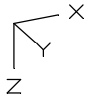
Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, Guntherstr. 29, 80639 München

Lasten



LF 3: Belastung, Eigengewicht Schütz geschlossen

Lasten



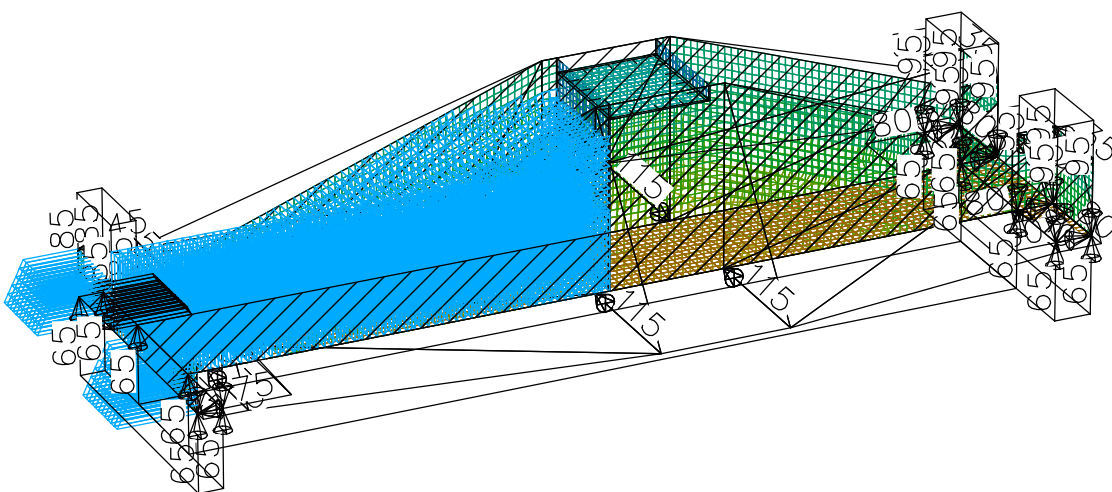
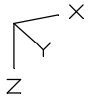
LF 4: Belastung, Aufschüttung Sohls substrat

2390.07_3_02_01_Durchlassbauwerk

M = 1:280

Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, Guntherstr. 29, 80639 München

Lasten



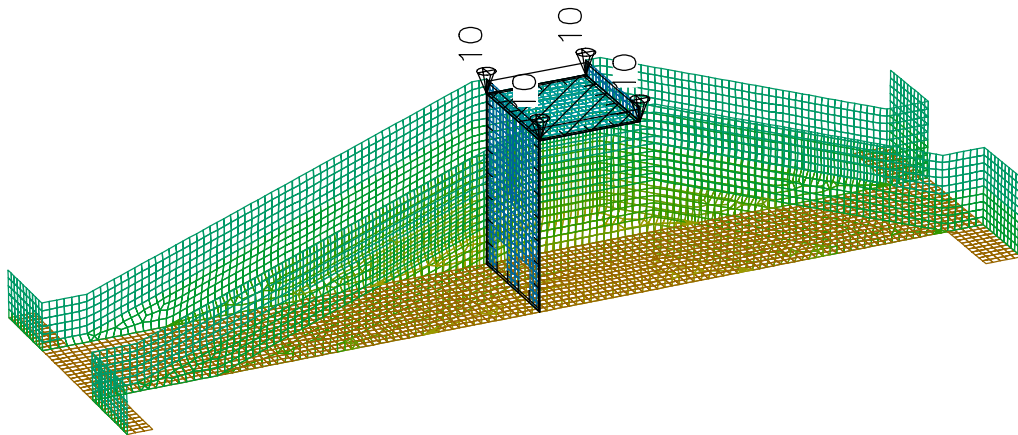
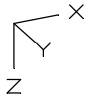
LF 6: Belastung, Erdruchdruck + Wasser bei BHQ (510,43)

2390.07_3_02_01_Durchlassbauwerk

M = 1:280

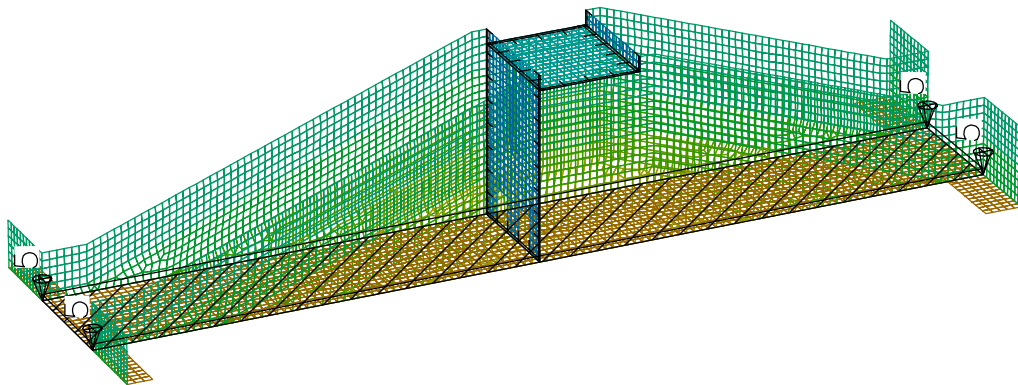
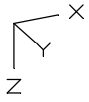
Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, Guntherstr. 29, 80639 München

Lasten



LF 7: Belastung, Auflast Decke

Lasten



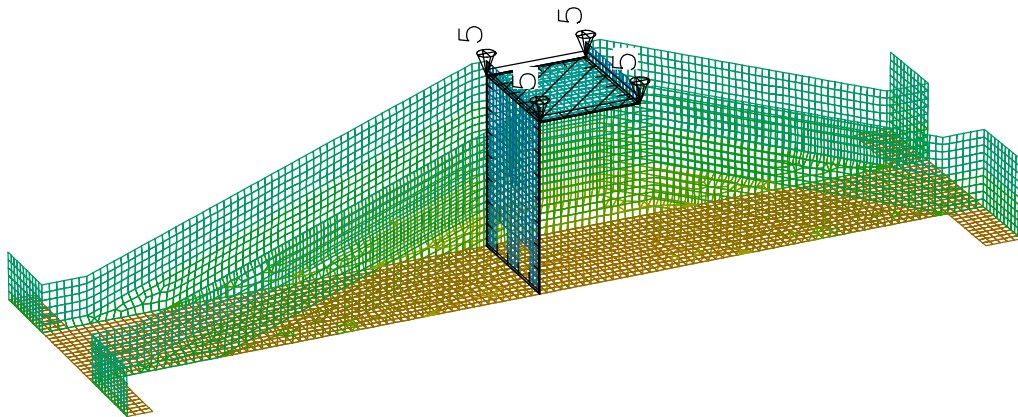
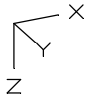
LF 11: Belastung, Nutzlasten Bodenplatte

2390.07_3_02_01_Durchlassbauwerk

M = 1:280

Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, Guntherstr. 29, 80639 München

Lasten



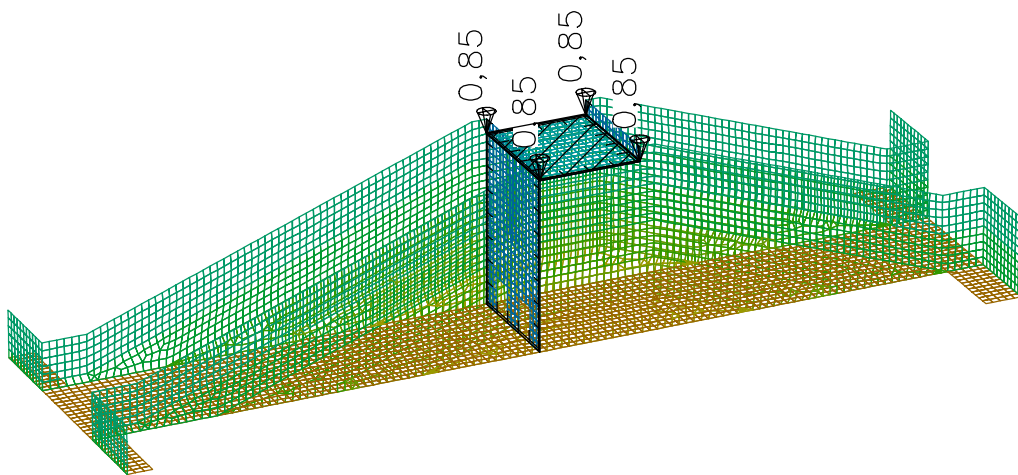
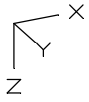
LF 12: Belastung, Nutzlasten Decke

2390.07_3_02_01_Durchlassbauwerk

M = 1:280

Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, Guntherstr. 29, 80639 München

Lasten



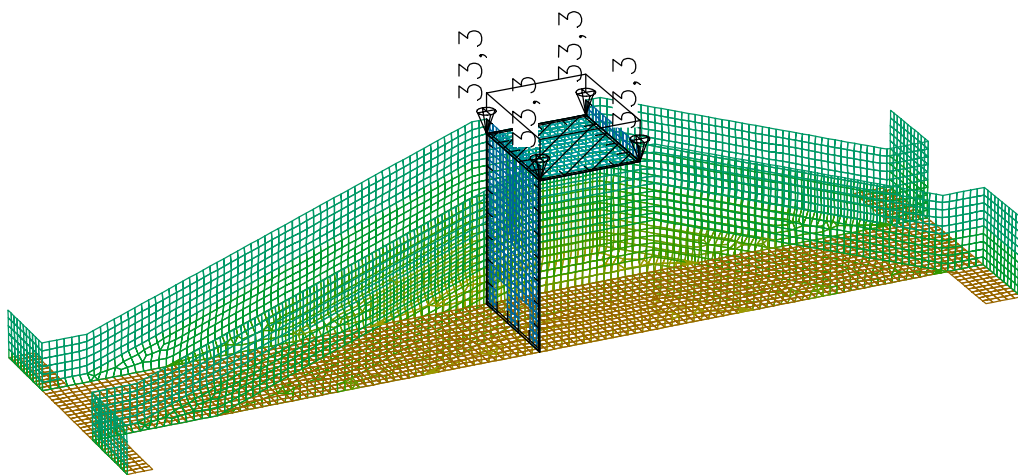
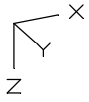
LF 13: Belastung, Schneelast Decke

2390.07_3_02_01_Durchlassbauwerk

M = 1:280

Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, Guntherstr. 29, 80639 München

Lasten



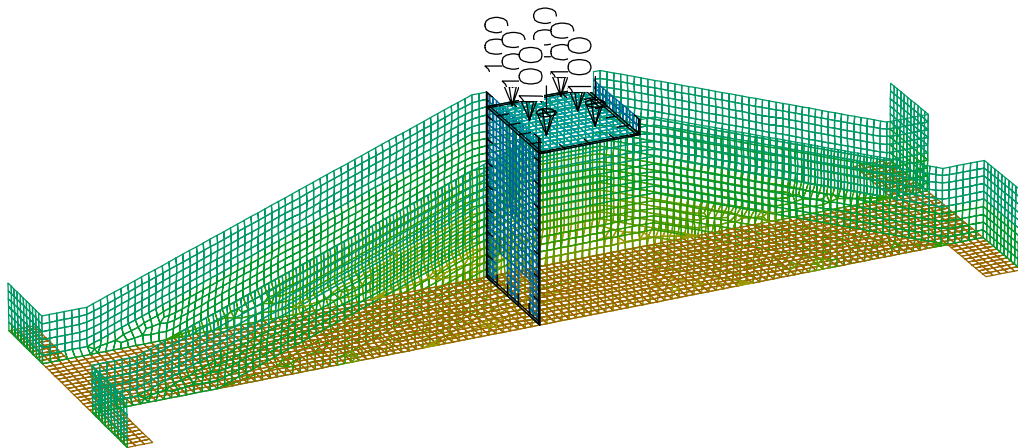
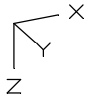
LF 14: Belastung, Verkehrslast Brücke, SLW 60, Flächenlast

2390.07_3_02_01_Durchlassbauwerk

M = 1:280

Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, Guntherstr. 29, 80639 München

Lasten



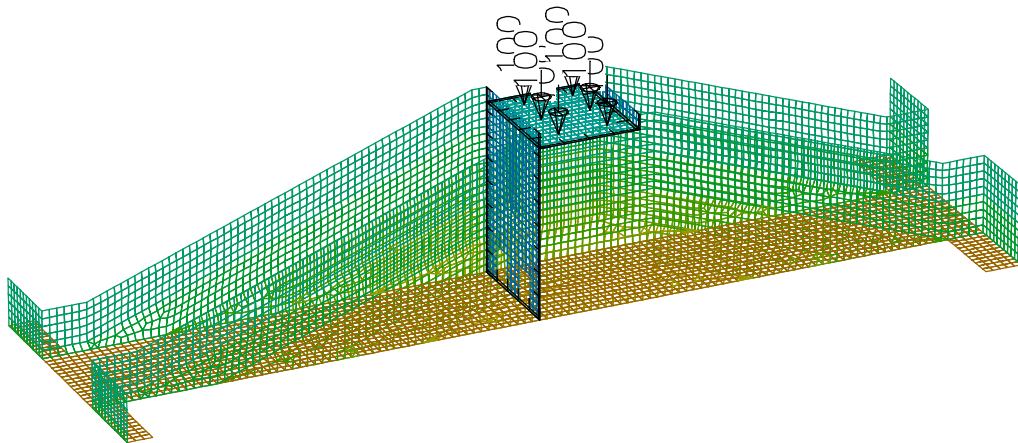
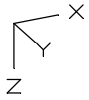
LF 15: Belastung, Verkehrslast Brücke, SLW 60, Laststellung 1

2390.07_3_02_01_Durchlassbauwerk

M = 1:280

Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, Guntherstr. 29, 80639 München

Lasten



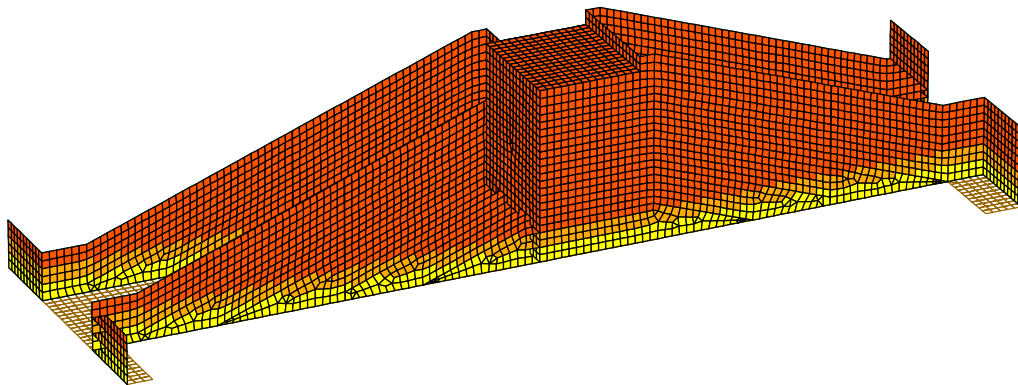
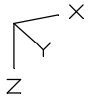
LF 16: Belastung, Verkehrslast Brücke, SLW 60, Laststellung 2

2390.07_3_02_01_Durchlassbauwerk

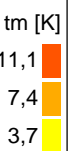
M = 1:280

Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, Guntherstr. 29, 80639 München

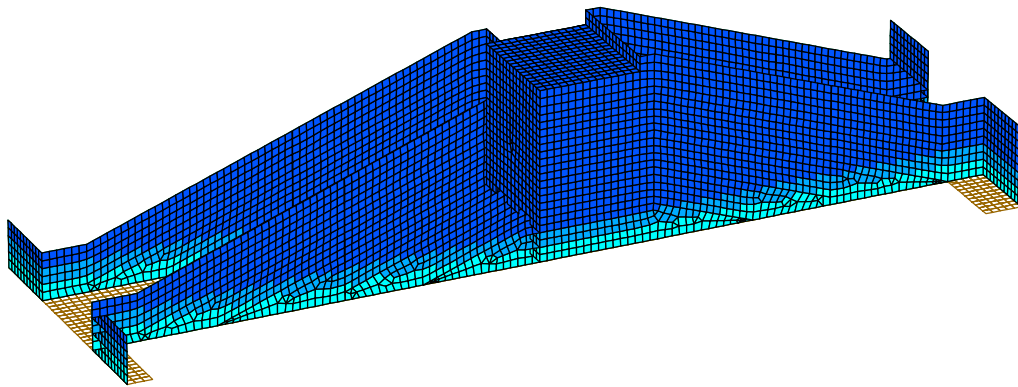
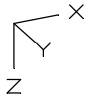
Lasten



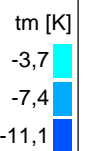
LF 21: Belastung, dTM, leer (Sommer)



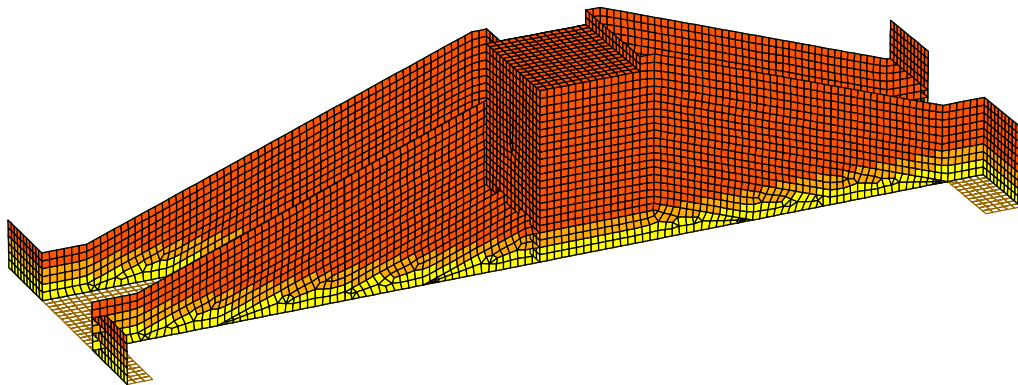
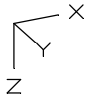
Lasten



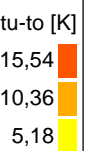
LF 22: Belastung, dTM, leer (Winter)



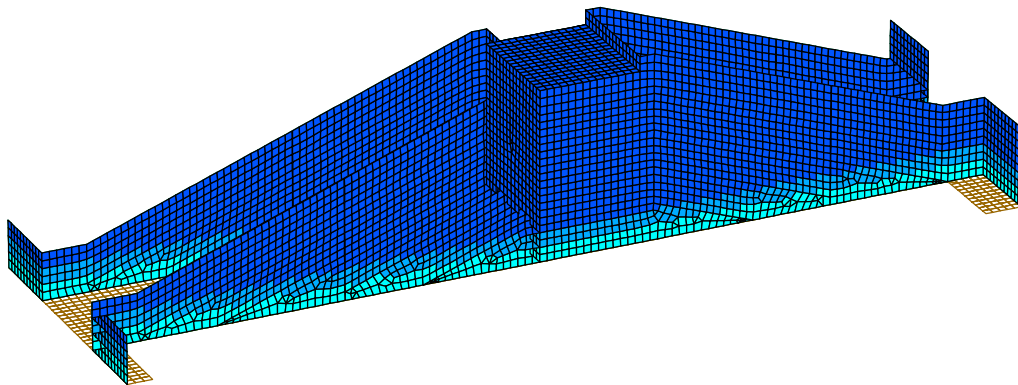
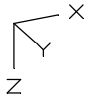
Lasten



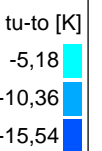
LF 23: Belastung, dTG, leer (Sommer)



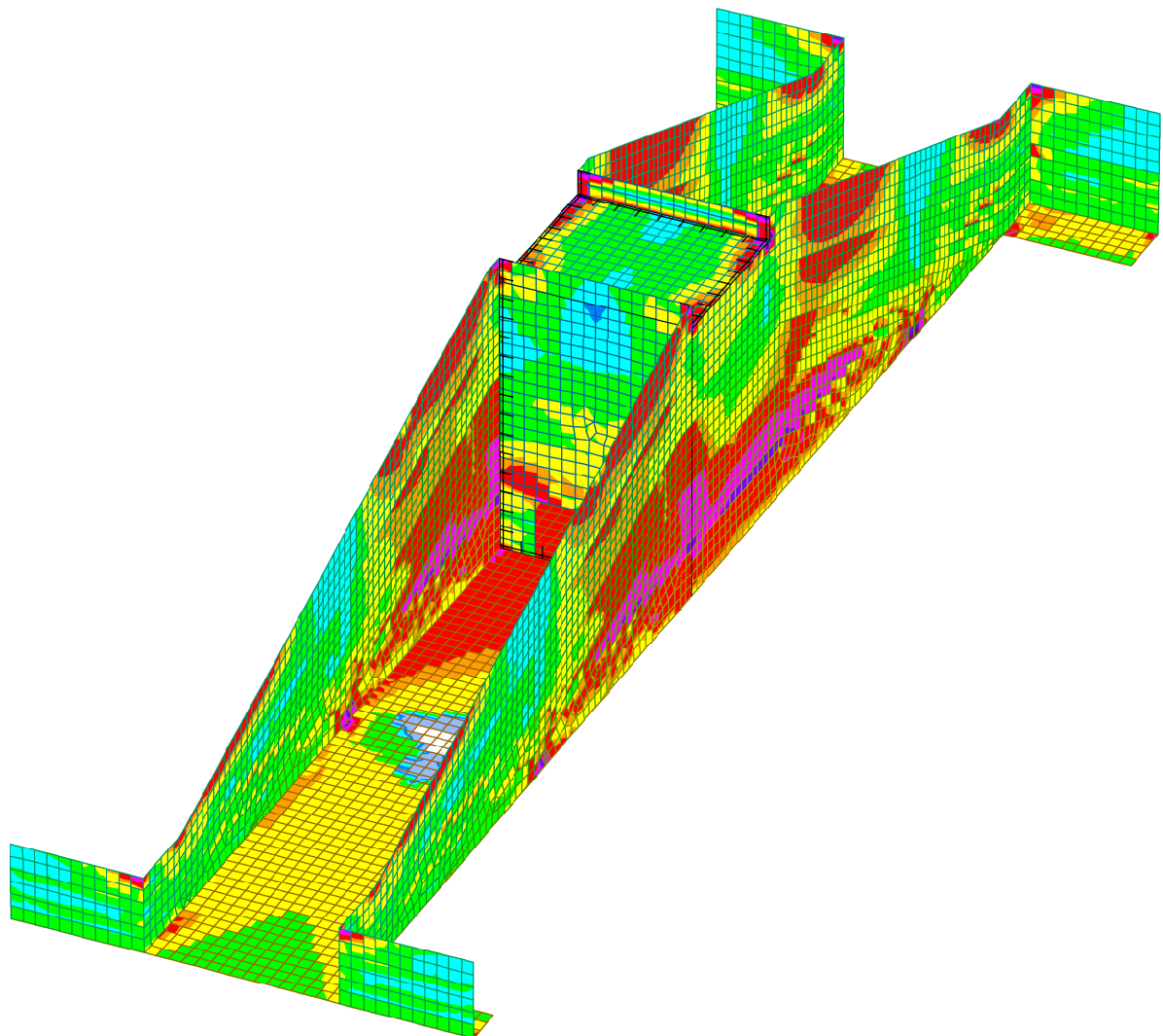
Lasten



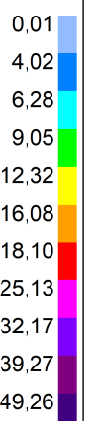
LF 24: Belastung, dTG, leer (Winter)



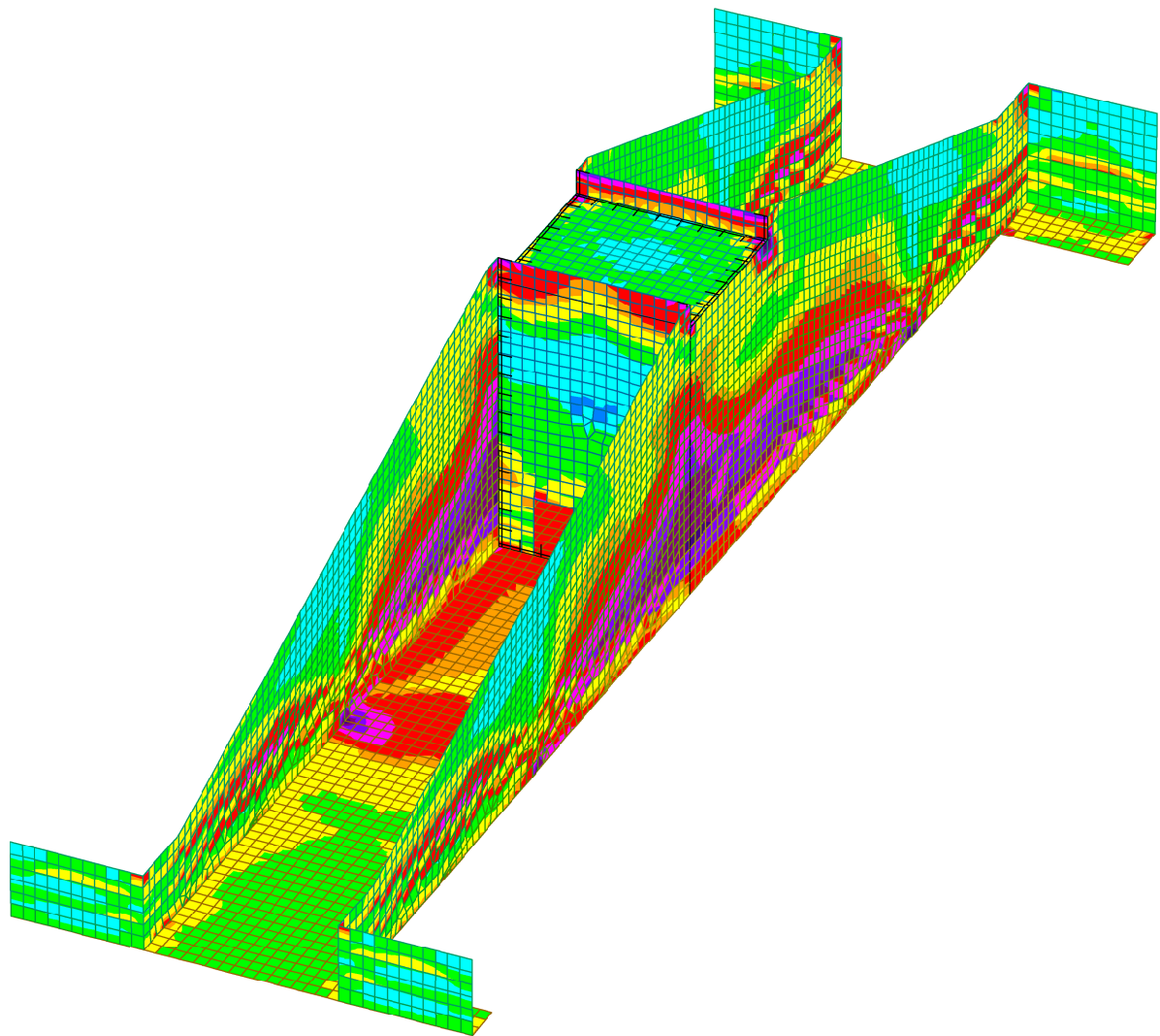
Bewehrung



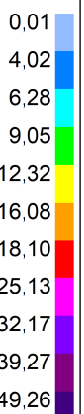
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung asx 1. Lage [cm²/m]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/94,09 [cm²/m]
Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 29,7 t



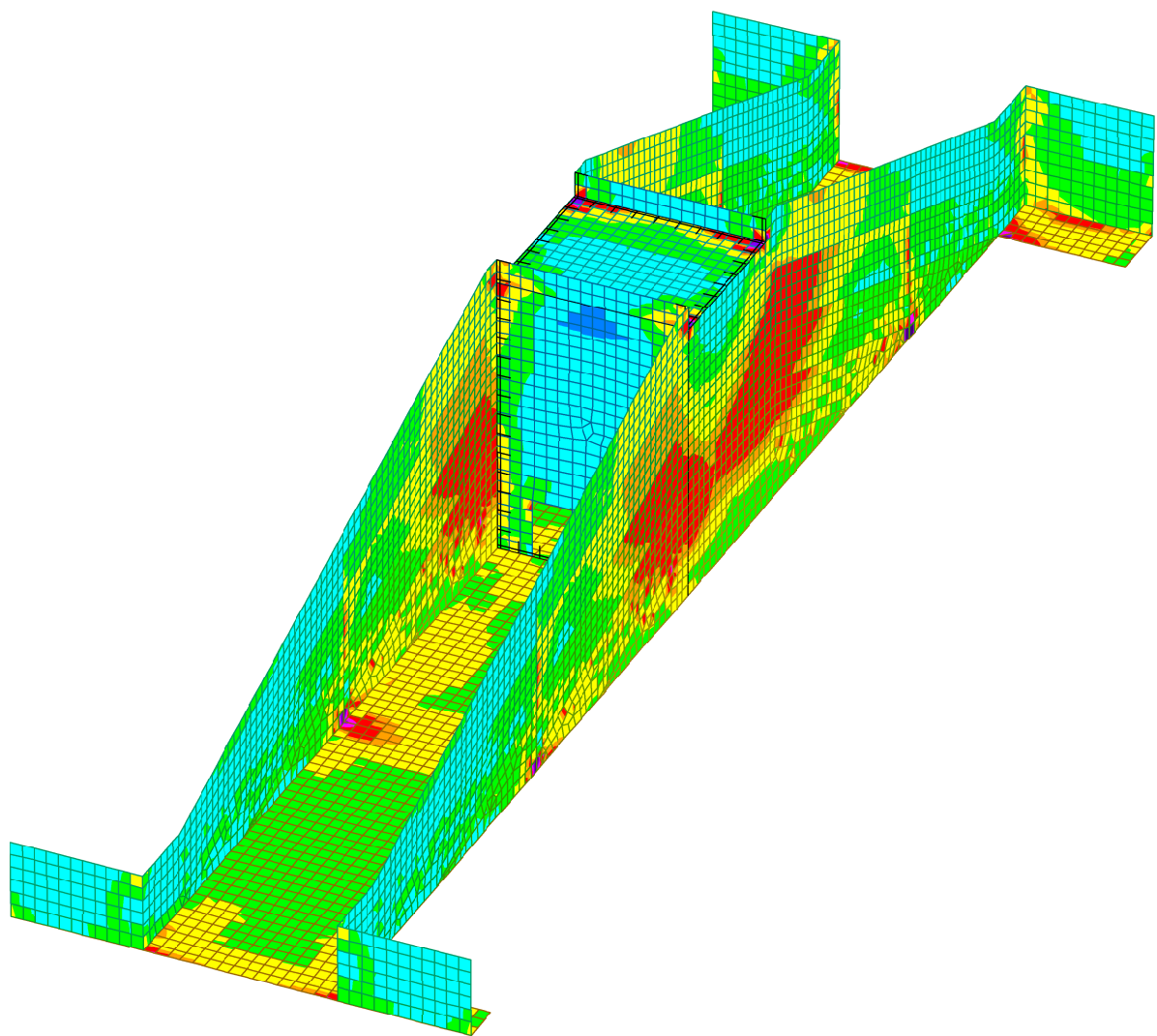
Bewehrung



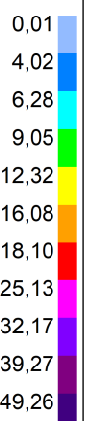
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung asx 2. Lage [cm²/m]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 5,93/109,12 [cm²/m]
Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 29,7 t



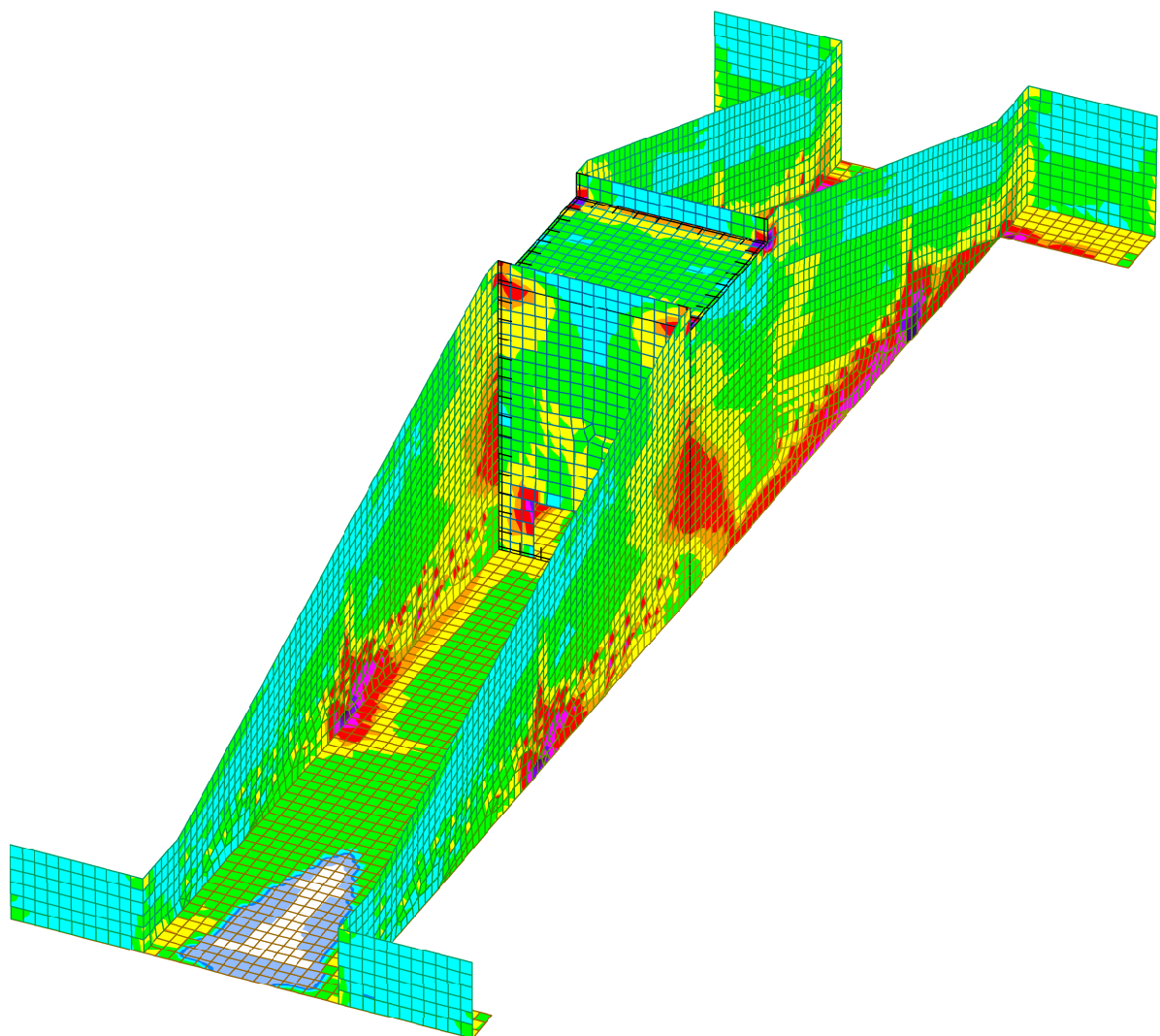
Bewehrung



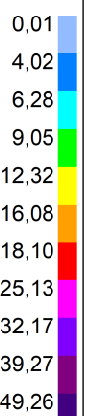
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung asy 1. Lage [cm²/m]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 5,98/119,22 [cm²/m]
Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 29,7 t



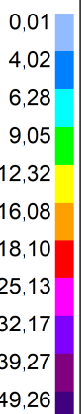
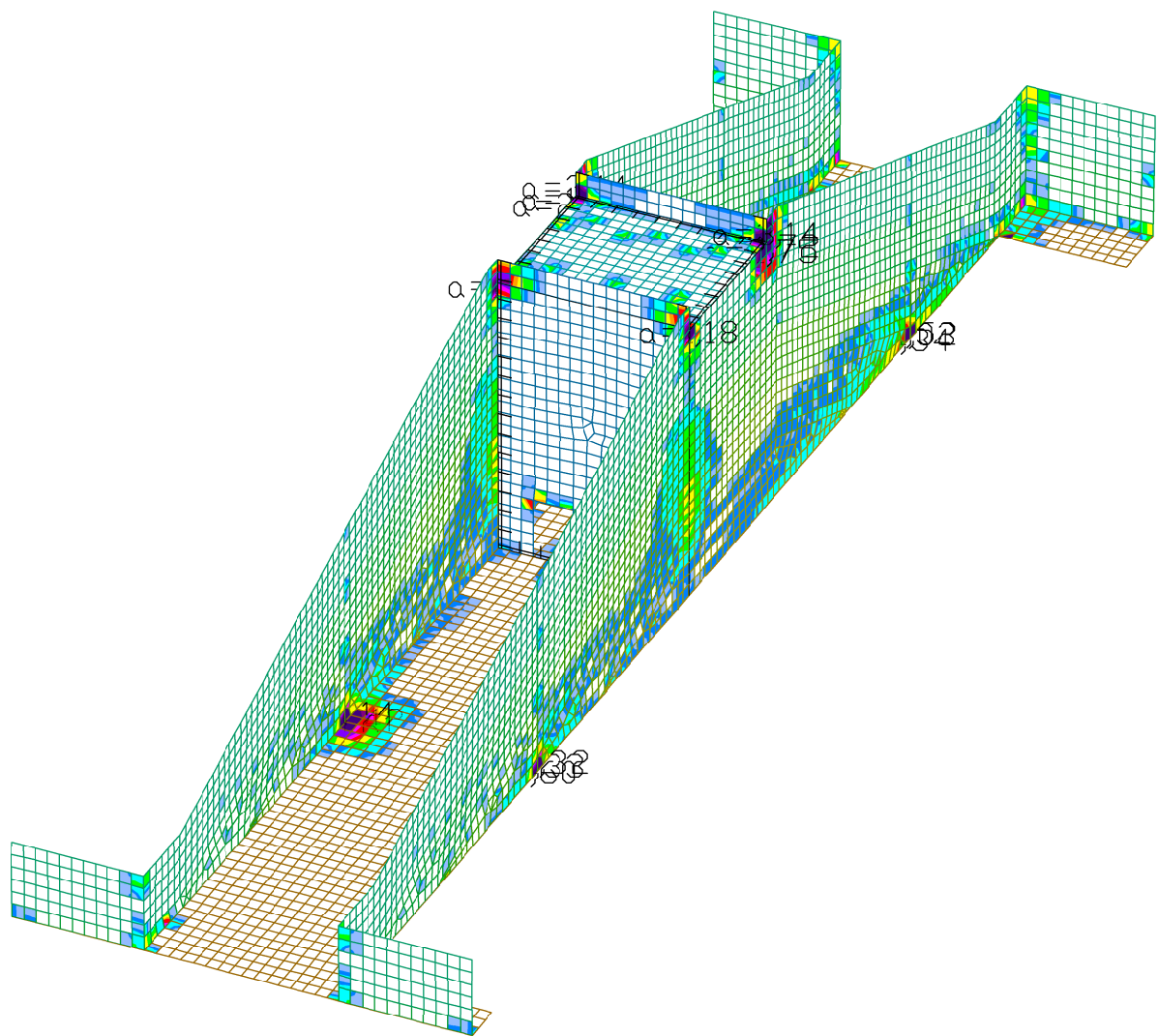
Bewehrung



LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung asy 2. Lage [cm²/m]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/127,01 [cm²/m]
Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 29,7 t

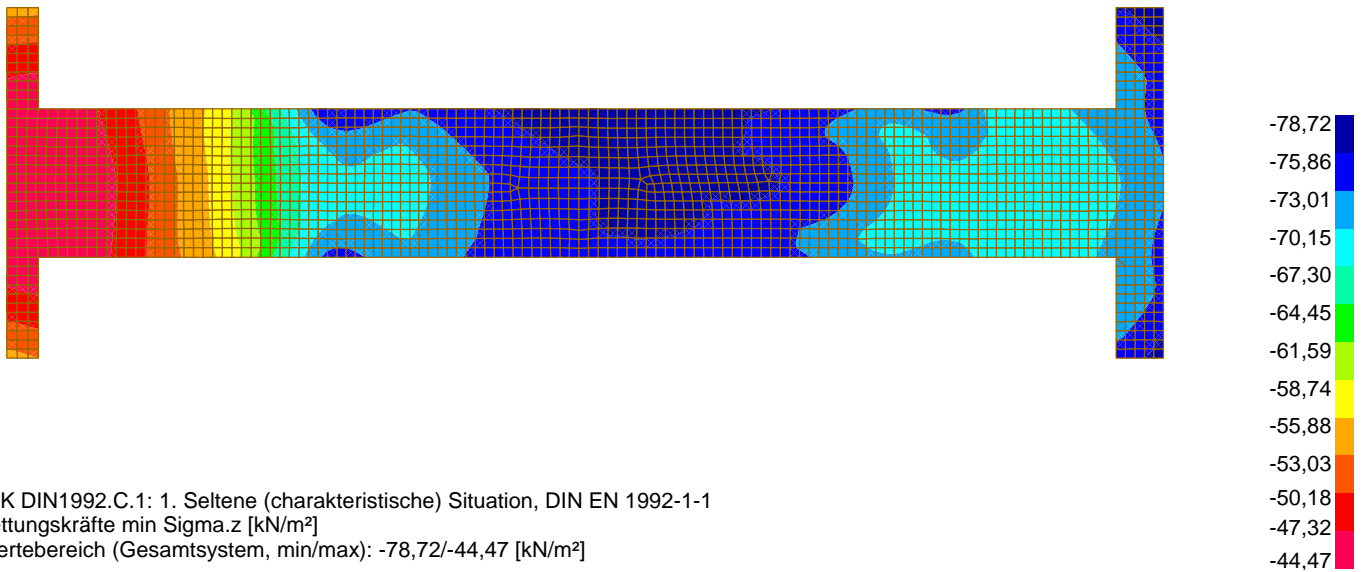


Bewehrung

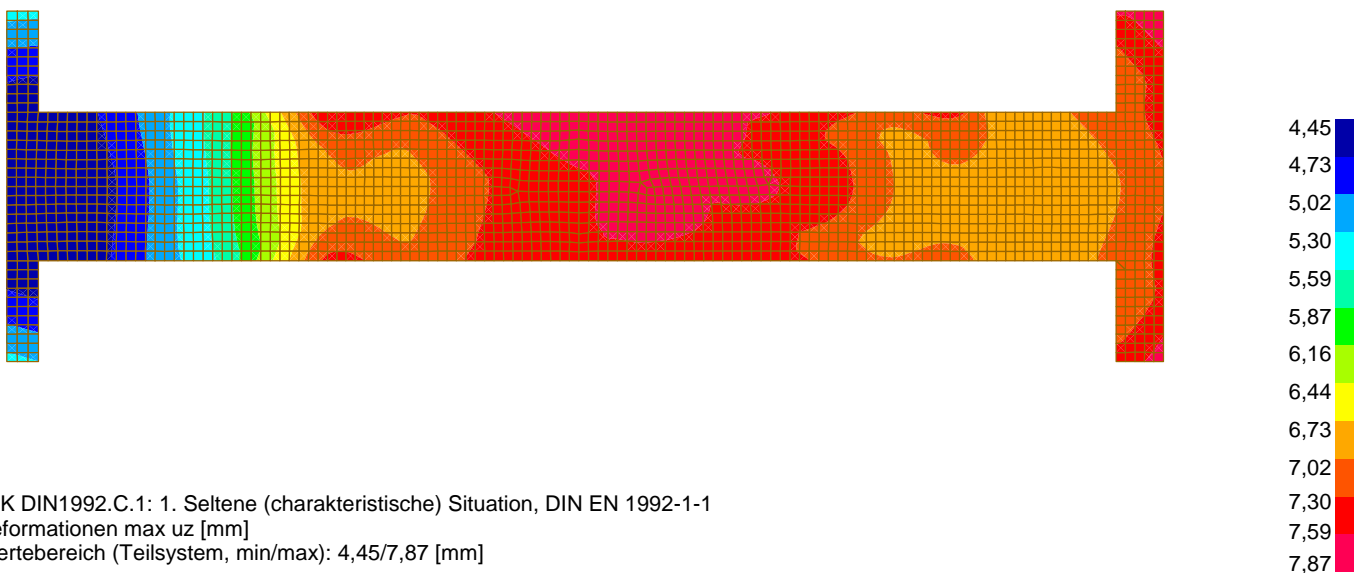


Der Bemessungswiderstand der Betondruckstreben ist an 47 Stellen unzureichend ($a > 1$).
 LFK DIN1992.BRUCH: Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1
 Bügelbewehrung aus Querkraft [cm^2/m^2]
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/361,57 [cm^2/m^2]
 Berechnung in den Elementknoten

Bodenpressung und Verformung

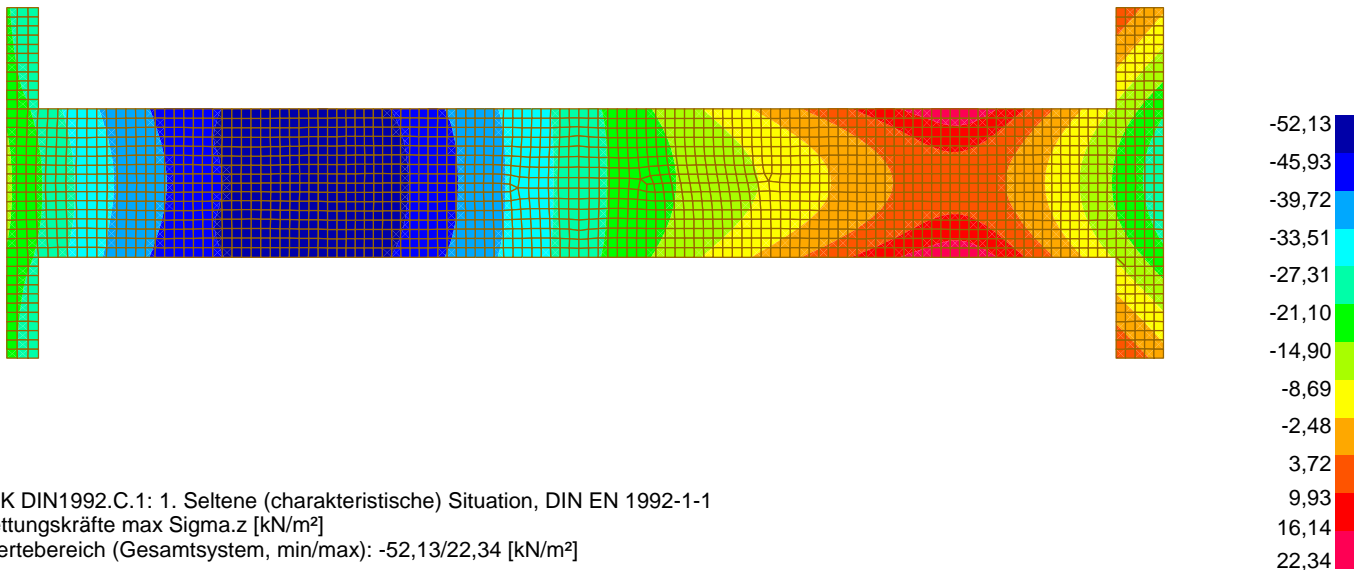


Bodenpressungen Sigma.z min; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1

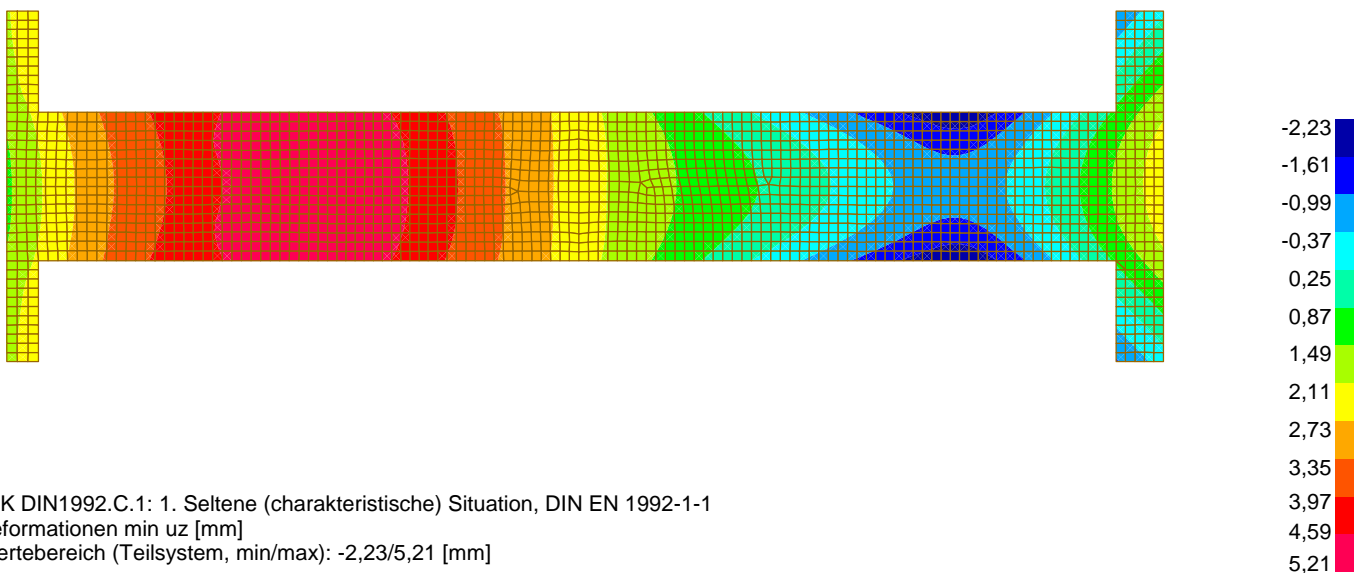


Deformationen uz max; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1

Bodenpressung und Verformung



Bodenpressungen Sigma.z max; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1



Deformationen uz min; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1