

Projekt 2527.01

Hochwasserschutz Nittenau

**Freistaat Bayern, vertreten durch das
Wasserwirtschaftsamt Weiden**

Statische Berechnung Nr. 2527.01_3_18_00

Objekt 1
Siel



SCHLEGEL
Beratende Ingenieure

Bauherr:

Freistaat Bayern, vertreten durch das
WWA Weiden
Am Langen Steg 5
92637 Weiden i. d. OPf.

Tragwerksplaner:

Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG
Guntherstraße 29
80639 München

München, den 23.04.2021


ppa. R. Wach
(Projektleiter)


i.A. S. Siegle
(Projektingenieur)

Indextabelle:

Rev.	Datum	Art der Änderung
01		
02		
03		
04		
05		

Inhaltsverzeichnis Standsicherheitsberechnung

1	Vorbemerkungen	1
1.1	Veranlassung / Klären der Aufgabenstellung	2
1.2	Bauteile / Bezeichnungen	3
1.3	Verwendete Normen und Unterlagen	4
1.4	Randbedingungen der Planungen	5
1.5	Grundwasserstand	6
1.6	Geotechnische Gutachten / Bodenschichtung	6
1.7	Gründung / Bettung	7
2	Nachweise	8
3	Bauteileigenschaften	9
3.1	Baustoffe / Expositionsklassen (allgemein)	9
3.2	Rissbreitenbeschränkung (allgemein)	10
4	Rissbreitenbemessung	12
4.1	Siel	12
4.1.1	Bodenplatte (d = 50 cm)	12
4.1.2	Wände (d = 40 cm)	12
4.2	Zusammenfassung der verwendeten Betonsorten	12
5	Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen	13
6	Einwirkungen / Lastfälle	14
6.1	Einwirkungen Siel	14
6.1.1	Lastfall 1: Eigengewicht	14
6.1.2	Lastfall 2: Erdruchedruck	14
6.1.3	Lastfall 3: Verdichtungserddruck	15

6.1.4	Lastfall 4: Wasserdruck	15
6.1.5	Lastfall 5: Treibgut auf Einlaufgitter	15
6.1.6	Lastfall 6: Wasserdruck auf Absperrschieber	15
6.1.7	Lastfall 7: Erddruck infolge Verkehrslast eines SLW 30	16
6.1.8	Lastfall 8: Personenlast auf Gitterrost	16
6.1.9	Lastfälle 11 und 12: Temperaturänderung ΔT_M bei Wasserstand Stauziel	16
6.1.10	Lastfälle 13 und 14: Temperaturgradient ΔT_G bei Wasserstand Stauziel	17
6.2	Erdbeben	17
6.3	Bemessungssituationen / Teilsicherheitsbeiwerte	17
6.4	Lastfallkombinationen	17
7	Bauzustand	18
7.1	Bemessung im Bauzustand	18
7.2	Baugruben	18
8	Hinweise für die weitere Planung und die Bauausführung	19
9	Zusammenfassung / Bewehrung der Bauteile	20
10	Anlagenverzeichnis	21
10.1	Anlage 1: Rissbreitenbemessung	21
10.2	Anlage 2: Ergebnisausdrucke „InfoCAD“	24

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Übersichtslageplan der Hochwasserschutzmaßnahme Nittenau [P1].....	1
Bild 2:	Lageplan Siel	2
Bild 3:	Längsschnitt A-A.....	3
Bild 4:	Schnitt B-B	3
Bild 5:	Schnittprofil Anlage 5.8, gemäß Baugrundgutachten.....	7
Bild 6:	Auszug aus DBV-Merkblatt „Rissbildung“	11

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bauwerksabmessungen	2
Tabelle 2:	Bodenschichten gemäß Bodengutachten.....	6
Tabelle 3:	Festlegung der Rissbreite nach WU-Richtlinie	10
Tabelle 6:	geschätzte Bewehrungsgehalte Siel.....	20

1 Vorbemerkungen

Der Freistaat Bayern, vertreten durch das Wasserwirtschaftsamt Weiden, führt im Stadtgebiet Nittenau am Regen eine Hochwasserschutzmaßnahme über eine Gesamtlänge von ca. 2,3 km durch.

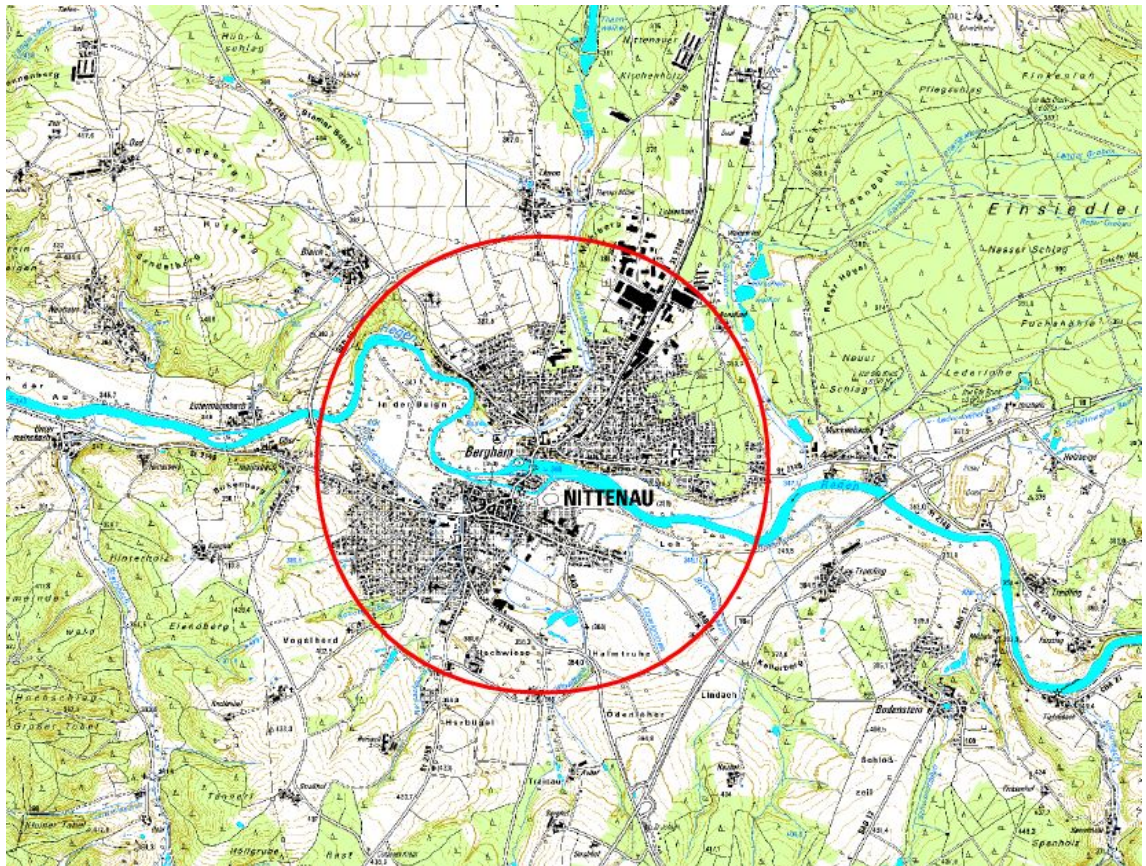


Bild 1: Übersichtsplan der Hochwasserschutzmaßnahme Nittenau [P1]

1.1 Veranlassung / Klären der Aufgabenstellung

Im Zuge der Hochwasserschutzmaßnahme in Nittenau werden drei Sielbauwerke, zwei Schöpfwerke, drei Hochwasserschutzmauern, drei Hochwasserdeiche und ein Wehr vorgesehen.

Die vorliegende statische Berechnung behandelt die Stahlbetonbauteile des Sielbauwerks im Objekt 1. Im Einzelnen sind folgende Maßnahmen geplant:

Bauteil	Umbau / Neubau	Abmessungen
Siel, Objekt 1	Neubau	ca. 8,50 x 5,60 x 3,45 m

Tabelle 1: Bauwerksabmessungen

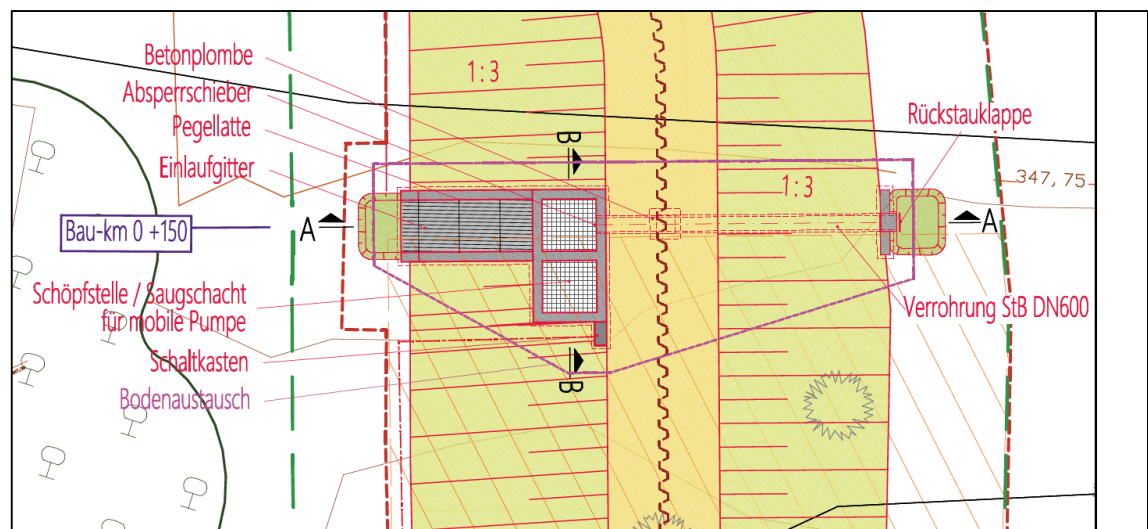


Bild 2: Lageplan Siel

1.2 Bauteile / Bezeichnungen

Nachfolgend werden alle Draufsichten und Schnitte der Bauwerke gemäß [P1] dargestellt.

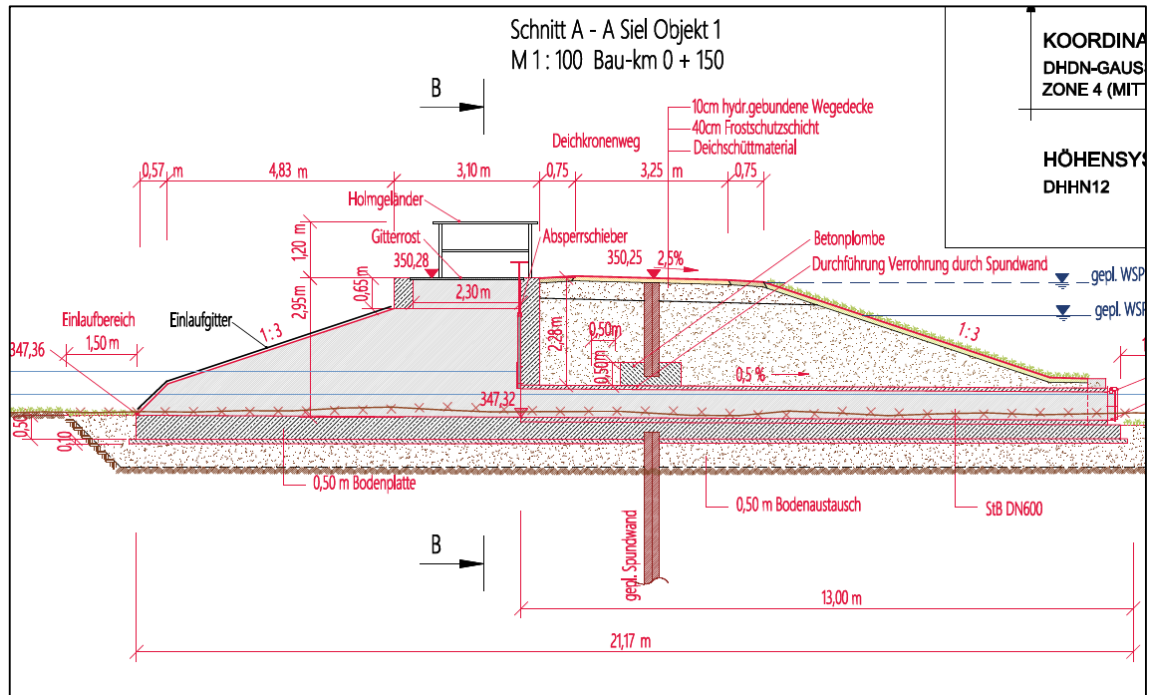


Bild 3: Längsschnitt A-A

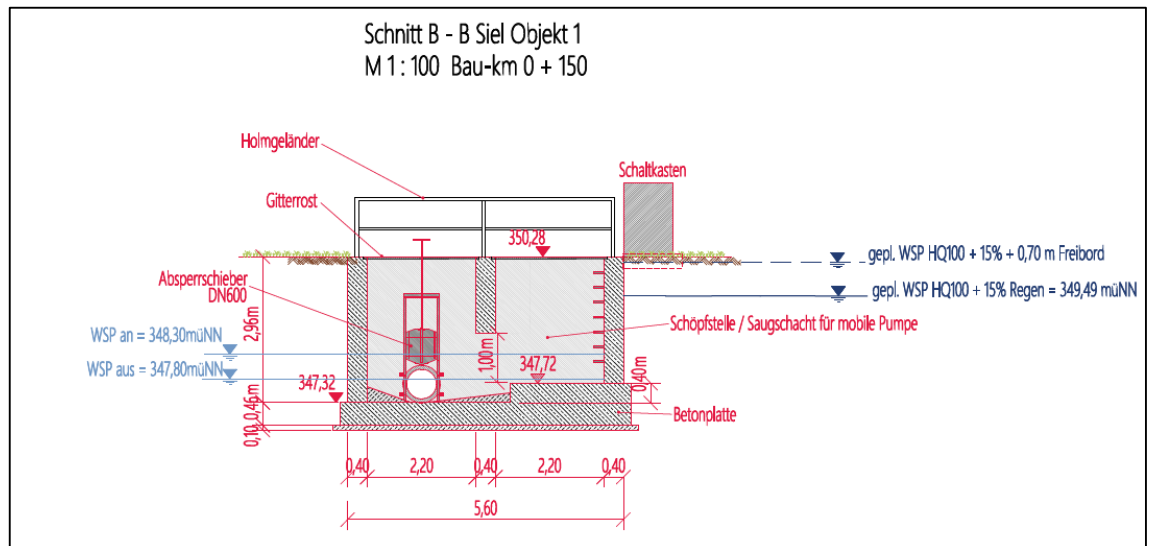


Bild 4: Schnitt B-B

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, 24. Auflage
- [13] Betonbauwerke in Abwasseranlagen, Schriftenreihe der Bauberatung Zement
- [14] DVGW Arbeitsblatt W 300 (alle Teile), Trinkwasserbehälter
- [15] WU-Richtlinie des DAfStb
- [16] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen - Wasserbau (ZTV-W) für Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton (Leistungsbereich 215), BAW, Karlsruhe

Verwendete Planunterlagen:

- [P1] Hochwasserschutz Nittenau, Bauwerksplan Siel Objekt 1 (Bau-km 0+150), Plan-Nr.: 2527.01-3-BW-410, aquasoli Ingenieurbüro, München, 15.02.2021.

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 für Wände 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.
- Das vorhandene Grundwasser weist einen hohen Kohlesäuregehalt auf, der einem chemischen Angriff von XA1 und an XA2 angrenzend entspricht. In der Baugrunduntersuchung wird empfohlen das Grundwasser der Expositionsklasse XA2 zuzuordnen.
- Der Einsatz von Tausalzen fällt in den Zuständigkeitsbereich der Stadt Nittenau und kann daher nicht ausgeschlossen werden. Für die Planung wird von einer Tausalzbeanspruchung aller Bauwerke im Bereich von Verkehrswegen und -flächen ausgegangen.
- Das Sielbauwerk wird der Sichtbetonklasse 2 zugewiesen. Auf eine Abweichung der Rissbreiten gemäß Eurocode 2 wird verzichtet.

1.5 Grundwasserstand

Im Baugrund liegen teilweise schwach angespannte Grundwasserverhältnisse vor, da die Schluffe und Tone als Grundwasserstauer bereichsweise die darunterliegenden gemischt- und grobkörnigen Schichten abdichten können. Im Bereich des Siels wurde in der Rammkernsondierung RKS 14 ein Grundwasserstand auf Höhe 346,73 m ü. NN gemessen. Dieser liegt unterhalb der Bauwerksunterkante von 346,86 m ü. NN.

Unterhalb des Siels verläuft in Achse des Hochwasserdeichs eine Spundwand, welche einen Durchfluss unter dem Bauwerk im Hochwasserfall unterbindet. Im Siel befindet sich ein Saugschacht, dessen Pumpe ab einem Wasserspiegel von 348,30 m ü. NN anspringt. Dieser Wasserspiegellage wird für die Berechnung des Siels zugrunde gelegt.

max. Wsp. Für Siel: + 348,30 m ü. NN

1.6 Geotechnische Gutachten / Bodenschichtung

Folgendes Gutachten lag vor:

[G1] Baugrunduntersuchung, Nittenau, Hochwasserfreilegung, Piewak & Partner GmbH, Bayreuth, 31.07.2015

[E1] Piewak & Partner GmbH, HWS Nittenau, E-Mail an Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, gesendet am 09.06.2017

[E2] Piewak & Partner GmbH, HWS Nittenau, E-Mail an Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, gesendet am 22.12.2016

Die Bodenschichtung gemäß dem Gutachten kann nachfolgender Tabelle entnommen werden.

	bindige Deckschichten	gemischt- körnige Deckschichten	grobkörnige Böden	Fels verwittert
Schicht-Nr.	3	4	5	6
Bodenart nach DIN 4022	U, t, s, g, (org) / T, u, s, g	S, u, t, g* / G, s, u, t	S, g / G, s, (u')	-
Bodengruppe nach DIN 18196	TM/ UL, TL / (OU / HZ)	SU, GU, GT, ST / SU*	SW, SE / GE, GW	-
Bodenklassen nach DIN 18300	4 / 4 / 4 / 2	3 / 4	3	6 (7)
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94	F3	F2 / F3	F1	F2 (F3)
Verdichtbarkeitsklasse nach ZTVA-StB 97	V3 / V3 / - / -	V1 / V2	V1	-
Konsistenz	überwiegend weich-steif	(weich, steif)	-	mürb - sehr mürb z.T. hart
Plastizität	leicht / mittel	-	-	-
Lagerungsdichte	-	überwiegend locker- mittel- dicht	überwiegend mitteldicht	-
Wichte [kN/m ³] nach DIN 1055, erdfeucht	19-19,5 / 20- 20,5 / 14-17 / 11-13	18-20 / 20-20,5	17-19 / 18-20	22-23
Wichte [kN/m ³] unter Auftrieb nach DIN 1055	9-9,5 / 10-10,5 / 4-7 / 1-3	10-12 / 10-10,5	7-9 / 8-10	12-13
Reibungswinkel nach DIN 1055	22,5 / 27,5 / 15/15	32,5-35 / 27,5	30-35	45**
Kohäsion c' [kN/m ²] nach DIN 1055	0-5 / 0-2 / 0 / 0	0	-	**
Wasserdurchlässig- keitswert k _f [m/s]	10 ⁻⁸ -10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁴ -10 ⁻⁷	5 x 10 ⁻³ -10 ⁻⁴	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁹ bei starker Klüf- tigkeit > 10 ⁻⁴
Steifemodul E _s [MN/m ²]	3-5 (1)	30-100 / 5-10	40-100	50-500

Tabelle 2: Bodenschichten gemäß Bodengutachten

Das Siel befindet sich östlich des Sportplatzes und dient als Durchlass für einen kleinen Seitenarm des Regen.

Das Siel befindet sich in der Nähe der Rammkernsondierung RKS 14 und im Bereich zwischen der Schwere Rammsondierungen DPH 16 und 17.

Nachfolgend die Schnittprofile von West nach Ost:

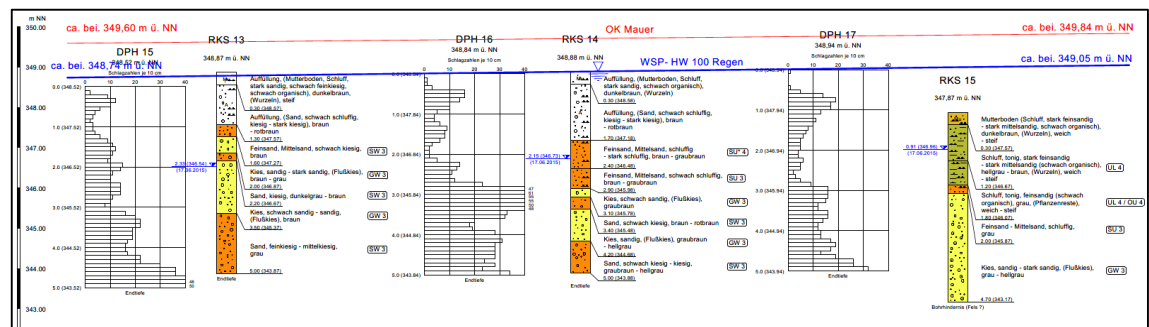


Bild 5: Schnittprofil Anlage 5.8, gemäß Baugrundgutachten

1.7 Gründung / Bettung

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

Laut E-Mail des Bodengutachters vom 10.05.2017 kann für die Berechnung eine mittlere Bettungszahl zwischen $k_s = 10 - 13 \text{ MN/m}^3$ verwendet werden. Es wird daher $k_s = 11,5 \text{ MN/m}^3$ gewählt. Diese Abschätzung wird im Zuge der weiteren Planung nochmals überprüft.

Die Bodenplatten sind auf eine Sauberkeitsschicht C16/20 zu gründen. Zusätzlich sind aufgelockerte und aufgeweichte Bereiche der Gründungssohle zu säubern, nachzuverdichten und umgehend mit einer Sauberkeitsschicht abzudecken. Lokal schlecht tragfähige Auffüllungen oder weiche bindige Schichten sind gegen tragfähigen Boden oder Füllbeton auszutauschen.

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 für das Siel nicht 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: C16/20 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.

Tabelle 4.3N — Empfohlene Modifikation der Anforderungsklasse

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)}	≥ C30/37 vermindere Klasse um 1	≥ C30/37 vermindere Klasse um 1	≥ C35/45 vermindere Klasse um 1	≥ C40/50 vermindere Klasse um 1	≥ C40/50 vermindere Klasse um 1	≥ C40/50 vermindere Klasse um 1	≥ C45/55 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

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

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

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

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

Vorgesehener Betonstahl: B 500 B

3.2 Rissbreitenbeschränkung (allgemein)

- Gemäß DIN EN 1992-1-1:2011-01, 7.1:
 $w_k = 0,4 \text{ mm}$ für Expositionsklassen: X0, XC1
 $w_k = 0,3 \text{ mm}$ für Expositionsklassen: XC2 – XC4, XD1 – XD3, XS1 – XS3
- aus WU-Richtlinie (Beanspruchungsklasse 1 = Druckwasser, Nutzungsklasse B = Feuchstellen sind zulässig) unter Zwang:

Tabelle 2 – Rechenwerte der Trennrissbreiten bei Nutzungsklasse B und Entwurfgrundsatz b, wenn der Wasserdurchtritt durch Selbstheilung der Risse begrenzt werden soll			
S	1	2	3
Z	Druckgefälle h_w/h_b^a	Maximale Druckhöhe h_w^a	Zulässige Rissbreite w_k^b
1	≤ 10	3,0 m	0,20 mm
2	$> 10 \text{ bis } \leq 15$	6,0 m	0,15 mm
3	$> 15 \text{ bis } \leq 25$	10,0 m	0,10 mm
^a h_w = Druckhöhe des Wassers in m; h_b = Bauteildicke in m ^b Für angreifende Wässer mit $> 40 \text{ mg/l CO}_2$ (kalklösende Kohlensäure) oder mit pH-Wert $< 5,5$ darf die Selbstheilung der Risse nicht in Ansatz gebracht werden.			

Tabelle 3: Festlegung der Rissbreite nach WU-Richtlinie

- aus WU-Richtlinie (Beanspruchungsklasse 2 = Sickerwasser) unter Zwang:
 $w_k = 0,20 \text{ mm}$

Die Anwendung der WU-Richtlinie ist für das Projekt nicht zielführend und wurde daher nicht vereinbart. Der Rechenwert der Rissbreiten wird gemäß der Vorgaben des EC2 gewählt. Unter Umständen kann ein verschärfter Rechenwert der Rissbreiten gewählt werden. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn erhöhte Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit des Betons (Sichtbeton) gestellt werden.

- Unterscheidung der Nachweise unter Zwang in Nachweise unter frühem / spätem Zwang:
Früher Zwang in horizontaler Richtung bei Bauteilen mit Abmessungen $\sim < 12$ m;
Später Zwang in horizontaler Richtung bei Bauteilen mit Abmessungen $\sim > 12$ m;
In vertikaler Richtung wird bei Bauteilen keine Zwangsbeanspruchung angesetzt.

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

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			
		$\leq 0,30$ m	$\leq 0,80$ m	$\leq 2,0$ m	$> 2,0$ 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 $\geq C30/37$ 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 erhärtenden Betonen mit einem Prüfalter von 91 Tagen zu erwarten.

Bild 6: Auszug aus DBV-Merkblatt „Rissbildung“

4 Rissbreitenbemessung

4.1 Siel

4.1.1 Bodenplatte (d = 50 cm)

Erf. Expositionsklassen: XC4, XF3, XA2, WF, WU
Betongüte: C35/45, Betondeckung: 60 mm
Zulässige Rissbreite: $w_k = 0,30$ 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	50 cm	früher Zwang	0,67	16,8	Ø 16 / 11,5 = 17,5 cm ² /m

In den hochbelasteten Bereichen werden gemäß Ergebnisgrafik Zulageeisen vorgesehen.
Geschätzter Bewehrungsgehalt: 160 kg/m³

4.1.2 Wände (d = 40 cm)

Erf. Expositionsklassen: XC4, XF3, XA2, WF, WU
Betongüte: C35/45, Betondeckung: 60 mm
Zulässige Rissbreite: $w_k = 0,30$ mm

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	früher Zwang	0,67	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 für das Projekt gewählt.

5 Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen

Der Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen wird für das Sielbauwerk nicht geführt. Aufgrund seiner offenen Bauweise ist das Siel nicht auftriebsgefährdet.

6 Einwirkungen / Lastfälle

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

6.1 Einwirkungen Siel

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: Erdruchedruck

Randbedingungen:

Geländeoberkante:	350,28 m ü. NN
Max. Wasserspiegel:	348,30 m ü. NN
Oberkante Bauwerk:	350,28 m ü. NN
Unterkante Bauwerk:	346,86 m ü. NN

Das Sielbauwerk ist in den HWS-Deich des Objekts 1 integriert. Daher werden für die Hinterfüllung die Bodenkennwerte des Deichbaumaterials angesetzt (siehe Deichstatik Objekt 1):

- Wichte: $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- Reibungswinkel: $\phi' = 32,5^\circ$
- Wichte unter Auftrieb: $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$

Zusätzliche Annahmen:

- Wichte Wasser: $\gamma_{\text{Wasser}} = 10 \text{ kN/m}^3$
- Kohäsion: $c = 0$

seitlicher Erddruck:

Erddruck:

$$\Delta h_1 = 350,28 - 348,30 = 1,98 \text{ m}$$

$$\sigma_{v1} = \Delta h_1 * \gamma = 1,98 * 20 = 39,6 \text{ kN/m}^2$$

$$k_0 = 1 - \sin(32,5^\circ) = 0,46$$

$$e_{oh1} = \sigma_{v1} * k_0 = 39,6 * 0,46 = 18,2 \text{ kN/m}^2 \quad \underline{\approx 20 \text{ kN/m}^2}$$

$$\Delta h_2 = 348,30 - 346,86 = 1,44 \text{ m}$$

$$\sigma_{v2} = \Delta h_2 * \gamma' + \sigma_{v1} = 1,44 * 10 + 39,6 = 54,0 \text{ kN/m}^2$$

$$w_1 = \Delta h_2 * \gamma_{\text{Wasser}} = 1,44 * 10 = 14,4 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{oh2} = \sigma_{v2} * k_0 + w_1 = 54,0 * 0,46 + 14,4 = 39,2 \text{ kN/m}^2 \quad \underline{\approx 40 \text{ kN/m}^2}$$

6.1.3 Lastfall 3: Verdichtungserddruck

Im Zustand ohne Wasserdruck ist der Verdichtungserddruck gemäß DIN 4085 anzusetzen. Dies bedeutet bei einer lichten Breite des Verfüllungsraums von 1,0 m hinter der Seitenwand eine Erddruckordinate von $e_{\text{verd}} = 40 \text{ kN/m}^2$ und bei einer lichten Breite von 2,5 m eine Erddruckordinate von $e_{\text{verd}} = 25 \text{ kN/m}^2$. Im vorliegenden Fall wird der Verdichtungserddruck $e_{\text{verd}} = 25 \text{ kN/m}^2$ (Hinterfüllung bis zur Oberkante des bestehenden Geländes) gleichmäßig angesetzt, da von einer großen Breite des Verfüllraums ausgegangen werden kann.

$$e_{\text{verd}} = 25 \text{ kN/m}^2$$

Dieser Wert wird in einer Tiefe von 2,5 m erreicht. Darunter wird wieder der Erdruchdruck maßgebend. Der Verdichtungserddruck wird als Differenzlast auf den Erddruck angesetzt und wirkt nicht in Verbindung mit anderen Erddruckbelastungen (z.B. Erddruck infolge Verkehr).

6.1.4 Lastfall 4: Wasserdruck

Randbedingungen:

Max. Wasserspiegel: 348,30 m ü. NN

Oberkante Bodenplatte: 347,36 m ü. NN

Im Sielbauwerk kann das Wasser bis zu einem Wasserspiegel von 347,36 m ü. NN ansteigen bis die mobilen Pumpen im Saugschacht anspringen.

– Wichte Wasser: $\gamma_{\text{Wasser}} = 10 \text{ kN/m}^3$

Wasserdruck:

$$\Delta h_1 = 348,30 - 347,36 = 0,94 \text{ m}$$

$$w_1 = \Delta h_1 \cdot \gamma_{\text{Wasser}} = 0,94 \cdot 10 = 9,4 \text{ kN/m}^2 \quad \approx 10 \text{ kN/m}^2$$

6.1.5 Lastfall 5: Treibgut auf Einlaufgitter

Es wird von einer Belastung von 10 kN/m ausgegangen, da zum derzeitigen Stand keine genaueren Angaben vorliegen.

6.1.6 Lastfall 6: Wasserdruck auf Absperrschieber

Im geschlossenen Zustand kann sich im Hochwasserfall über die Verrohrung über anströmendes Wasser ein Wasserdruck auf den Absperrschieber einstellen. Der maximale Wasserspiegel wird mit 349,49 m ü. NN angegeben. Die Rohrachse liegt bei 347,62 m ü. NN. Die Belastung wird über seitliche Halterungen in das Bauwerk eingeleitet.

$$h_w = 349,49 - 347,62 = 1,87 \text{ m}$$

$$w = 1,87 \cdot \gamma_w = 1,87 \cdot 10 = 18,7 \text{ kN/m}^2$$

$$A = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 0,3^2 = 0,28 \text{ m}^2$$

$$W = w \cdot A = 18,7 \cdot 0,28 = 5,2 \text{ kN}$$

$$\text{Je Seite: } 5,2 / 2 = 2,6 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad \text{Linienlast: } 2,6 \text{ kN} / 0,6 \text{ m} = 4,3 \text{ kN/m} \quad \approx 5,0 \text{ kN/m}$$

6.1.7 Lastfall 7: Erddruck infolge Verkehrslast eines SLW 30

Es wird für den Fall eines unmittelbar vorbeifahrenden oder überfahrenden Baustellenfahrzeugs oder Vergleichbarem eine Verkehrslast eines SLW 30 angesetzt.

Vertikallast:

$$p_v = \underline{16,7 \text{ kN/m}^2}$$

Horizontallast:

$$p_h = p_v * k_0 = 33,3 * 0,46 = \underline{7,7 \text{ kN/m}^2}$$

Im Falle höherer Punktlasten müssen diese über Lastverteilplatten dezentriert werden.

6.1.8 Lastfall 8: Personenlast auf Gitterrost

Die Verkehrslast auf dem Gitterrost infolge von Personenverkehr wird analog zu DIN EN 1991-1-1/NA, Tab. 6.1 DE, Kategorie T2 angesetzt.

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

$$A = 2,3 * 2,2 = 5,1 \text{ m}$$

$$Q = q_k * A = 5,0 * 5,1 = 25,5 \text{ kN}$$

$$\text{umlaufend: } 2 * (2,3 + 2,2) = 9,0 \text{ m} \quad \rightarrow \text{Linienlast: } 25,5 \text{ kN} / 9,0 \text{ m} = 2,8 \text{ kN/m} \approx \underline{3,0 \text{ kN/m}}$$

6.1.9 Lastfälle 11 und 12: Temperaturänderung ΔT_M bei Wasserstand Stauziel

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

$$\begin{aligned} \text{Temperaturänderung } \Delta T_M \text{ der Bauteilmittelfläche: } \quad & \Delta T_{M,\text{Sommer}} = 15 \text{ K} \\ & \Delta T_{M,\text{Winter}} = -15 \text{ K} \end{aligned}$$

Diese Einwirkung wird im Programm mit einem Teilsicherheitsbeiwert von 1,35 berechnet. Für Temperatureinwirkungen ist jedoch ein Teilsicherheitsbeiwert von $\gamma_{\text{Temp}}=1,0$ anzusetzen. Daher wurden die Temperatureinwirkungen ΔT_M und ΔT_G mit einem Lastfaktor von $1 / 1,35 = 0,74$ eingegeben.

$$\Delta T_M = 15 * 0,74 = 11,1 \text{ K}$$

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

6.1.10 Lastfälle 13 und 14: 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: $\Delta T_{G,\text{Sommer}} = +30 \text{ K}$
 $\Delta T_{G,\text{Winter}} = -30 \text{ K}$

Diese Einwirkung wird im Programm mit einem Teilsicherheitsbeiwert von 1,35 berechnet. Für Temperatureinwirkungen ist jedoch ein Teilsicherheitsbeiwert von $\gamma_{\text{Temp}}=1,0$ anzusetzen. Daher wurden die Temperatureinwirkungen ΔT_M und ΔT_G mit einem Lastfaktor von $1 / 1,35 = 0,74$ eingegeben.

$$\Delta T_G = 30 \cdot 0,74 = 22,2 \text{ K}$$

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.

6.2 Erdbeben

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

6.3 Bemessungssituationen / Teilsicherheitsbeiwerte

Die Bemessungssituationen und die zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte wurden programmintern angesetzt.

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

6.4 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 Einlaufbauwerks und des Zulaufkanals sind keine besonderen Bauzustände zu bemessen.

7.2 Baugruben

Falls nötig, werden die Baugruben in einer zusätzlichen Statik behandelt.

8 Hinweise für die weitere Planung und die Bauausführung

- Bodenaustausch

Unterhalb der Bodenplatte sind aufgelockerte und aufgeweichte Bereiche der Gründungssohle zu säubern, nachzuverdichten und umgehend mit einer Sauberkeitsschicht abzudecken. Lokal schlecht tragfähige Auffüllungen oder weiche bindige Schichten sind gegen tragfähigen Boden oder Füllbeton auszutauschen.

9 Zusammenfassung / Bewehrung der Bauteile

Bauteil	Bauteildicke	Bew.gehalt
Bodenplatte	d = 50 cm	160 kg/m ³
Wände	d = 40 cm	180 kg/m ³

Tabelle 4: geschätzte Bewehrungsgehalte Siel

10 Anlagenverzeichnis

10.1 Anlage 1: Rissbreitenbemessung

- 1.1 Rissbreitenbemessung C35/35, $d = 50 \text{ cm}$, $w_k = 0,30 \text{ mm}$, früher Zwang
- 1.2 Rissbreitenbemessung C35/45, $d = 40 \text{ cm}$, $w_k = 0,30 \text{ mm}$, früher Zwang

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

Geforderte Rissbreite w_k =	0,3 mm	
Bauteildicke h =	50 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} =	16 mm	
Stabdurchmesser Längsbew. d_{sl} =	16 mm	
Stahlspannung f_{yk} =	500 N/mm ²	
$k_{c,t}$ =	0,69 -	$k_{c,t} = 0,65 - 1,0$ für frühen Zwang, $k_{c,t} = 1,0$ für späten Zwang
f_{ctm} =	3,2 N/mm ²	aus Tabelle rechts
Angesetzte Betonzugfestigkeit:	2,208 N/mm ²	=> Angabe auf dem Bewehrungsplan
k_c =	1,00 -	$k_c = 1,0$ für zentrischen Zwang
k =	0,68 -	$k = 0,8$ für $d = 30$ cm
		$k = 0,5$ für $d = 80$ cm, dazwischen wird interpoliert
$f_{ct,eff}$ =	2,21 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} =	0,25 m ²	A_{ct} = halbe Bauteilfläche
Statische Nutzhöhe d =	41,6 cm	$d = h - c_{nom} - d_{sh} - d_{sl}/2 =$
Abstand der Längsbew. d_1 =	8,4 cm	$d_1 = h - d =$
$\phi_s^*(1) =$	41,5 mm	$\phi_s^*(1) = d_{sl} * 8 * (h-d) / (k_c * k * h_{cr}) * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^*(2) =$	21,0 mm	$\phi_s^*(2) = d_{sl} * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^* =$	21,0 mm	$\phi_s^* = \text{Minimum}(\phi_s^*(1); \phi_s^*(2))$
$\sigma_s =$	223 N/mm ²	$\sigma_s = \text{WURZEL}(w_k * 3,48 * 10^6 / \phi_s^*)$ (aus Tabelle 7.2DE)
$h / d_1 =$	6,0 -	
$h_{c,eff} / d_1 =$	2,60 -	$h_{c,eff} / d_1 = 2,5$ für $h/d_1 = 5$
		$h_{c,eff} / d_1 = 5,0$ für $h/d_1 = 30$, dazwischen wird interpoliert
$h_{c,eff} =$	21,8 cm	$h_{c,eff} = h_{c,eff} / d_1 * d_1$
$As(1) =$	16,8 cm ² /m	$As(1) = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$ (Trennriss für dünne Bauteile)
$As(2.1) =$	21,6 cm ² /m	$As(2.1) = f_{ct,eff} * A_{c,eff} / \sigma_s$ (Sekundärriss)
$As(2.2) =$	7,5 cm ² /m	$As(2.2) = k * f_{ct,eff} * A_{ct} / f_{yk}$ (Primärriss)
$As(2) =$	21,6 cm ² /m	$As(2) = \text{Maximum}(As(2.1); As(2.2))$
Reduktionsfaktor =	1,00 -	Faktor = 0,85 bei langsam erhärtendem Beton ($r < 0,30$) gemäß NCI Zu 7.3.2 (Na.6)
$A_{s,erforderlich} =$	16,8 cm²/m	$A_{s,erforderlich} = \text{Minimum}(As(1); As(2))$

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		

2,01

Ø 16 / 11,9

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} =	16 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 späten Zwang
f_{ctm} =	3,2 N/mm ²	aus Tabelle rechts
Angesetzte Betonzugfestigkeit:	2,144 N/mm ²	=> Angabe auf dem Bewehrungsplan
k_c =	1,00 -	$k_c = 1,0$ für zentrischen Zwang
k =	0,74 -	$k = 0,8$ für $d = 30$ cm
		$k = 0,5$ für $d = 80$ cm, dazwischen wird interpoliert
$f_{ct,eff}$ =	2,14 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 =	31,6 cm	$d = h - c_{nom} - d_{sh} - d_{sl}/2 =$
Abstand der Längsbew. d_1 =	8,4 cm	$d_1 = h - d =$
$\phi_s^*(1) =$	49,1 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	$\phi_s^* = \text{Minimum}(\phi_s^*(1); \phi_s^*(2))$
$\sigma_s =$	220 N/mm ²	$\sigma_s = \text{WURZEL}(w_k * 3,48 * 10^6 / \phi_s^*)$ (aus Tabelle 7.2DE)
$h / d_1 =$	4,8 -	
$h_{c,eff} / d_1 =$	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
$h_{c,eff} =$	21 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)
$As(2.1) =$	20,5 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)
$As(2) =$	20,5 cm ² /m	$As(2) = \text{Maximum}(As(2.1); As(2.2))$
Reduktionsfaktor =	1,00 -	Faktor = 0,85 bei langsam erhärtendem Beton ($r < 0,30$) gemäß NCI Zu 7.3.2 (Na.6)
$A_{s,erforderlich} =$	14,4 cm²/m	$A_{s,erforderlich} = \text{Minimum}(As(1); As(2))$

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		

2,01

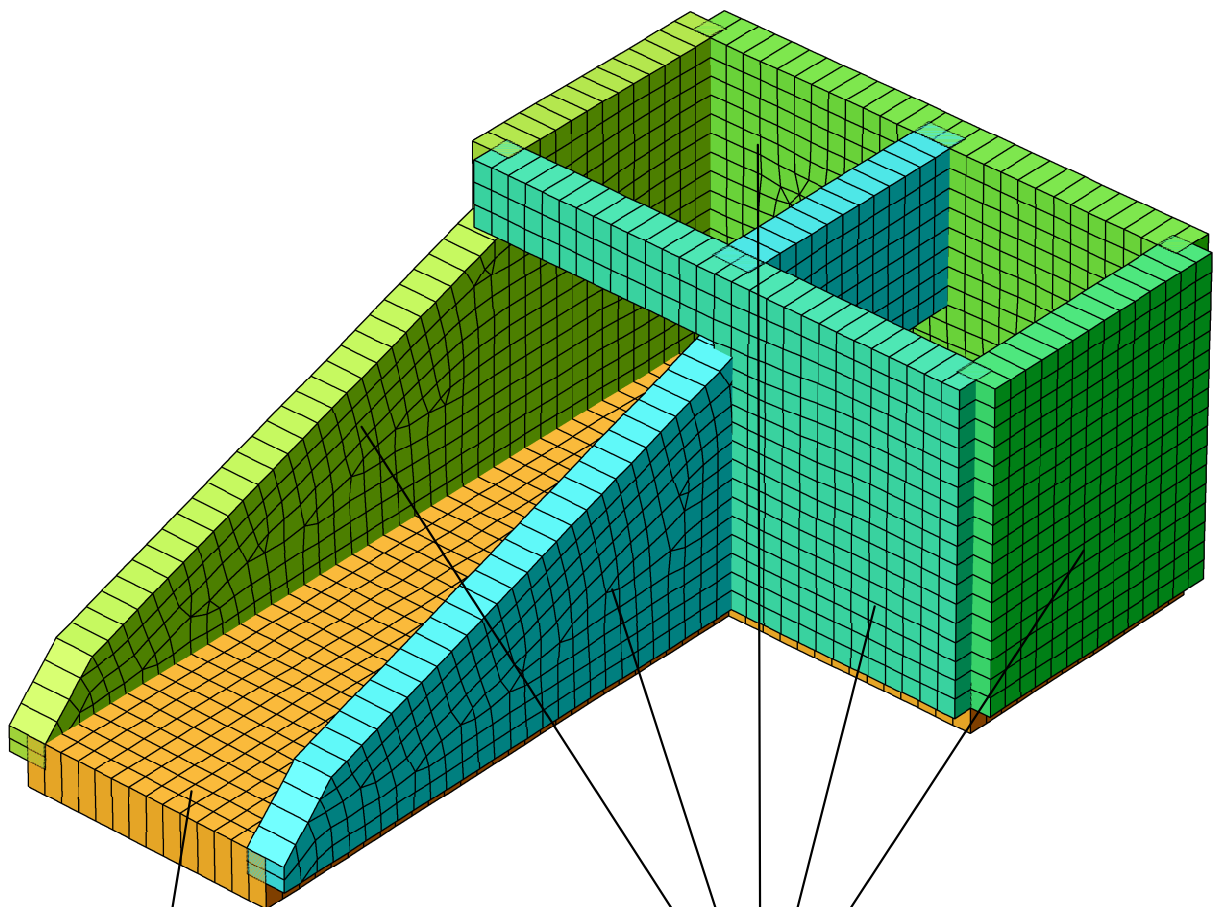
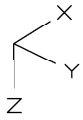
Ø 16 / 13,9

10.2 Anlage 2: Ergebnisausdrucke „InfoCAD“
(mit gesonderten Inhaltsverzeichnissen)

INHALT

Inhalt	25
System	
System	26
Belastung	
1 : Eigengewicht	27
2 : Erdruchedruck	28
3 : Verdichtungserddruck	29
4 : Wasserdruck	30
5 : Belastung Einlaufgitter	31
6 : Wasserdruck auf Absperrschieber	32
7 : Erddruck infolge SLW 30	33
8 : Personenlast auf Gitterrost	34
11 : dT,M Sommer	35
12 : dT,M Winter	36
13 : dT,G Sommer	37
14 : dT,G Winter	38
Bewehrung	
Biegebewehrung asx 1. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1	39
Biegebewehrung asx 2. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1	40
Biegebewehrung asy 1. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1	41
Biegebewehrung asy 2. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1	42
Bügelbewehrung asb; Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1	43
Bodenpressung und Verformung	
Bodenpressungen $\Sigma \sigma_z$ min; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1	44
Deformationen u_z max; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1	44
Bodenpressungen $\Sigma \sigma_z$ max; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1	45
Deformationen u_z min; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1	45

System

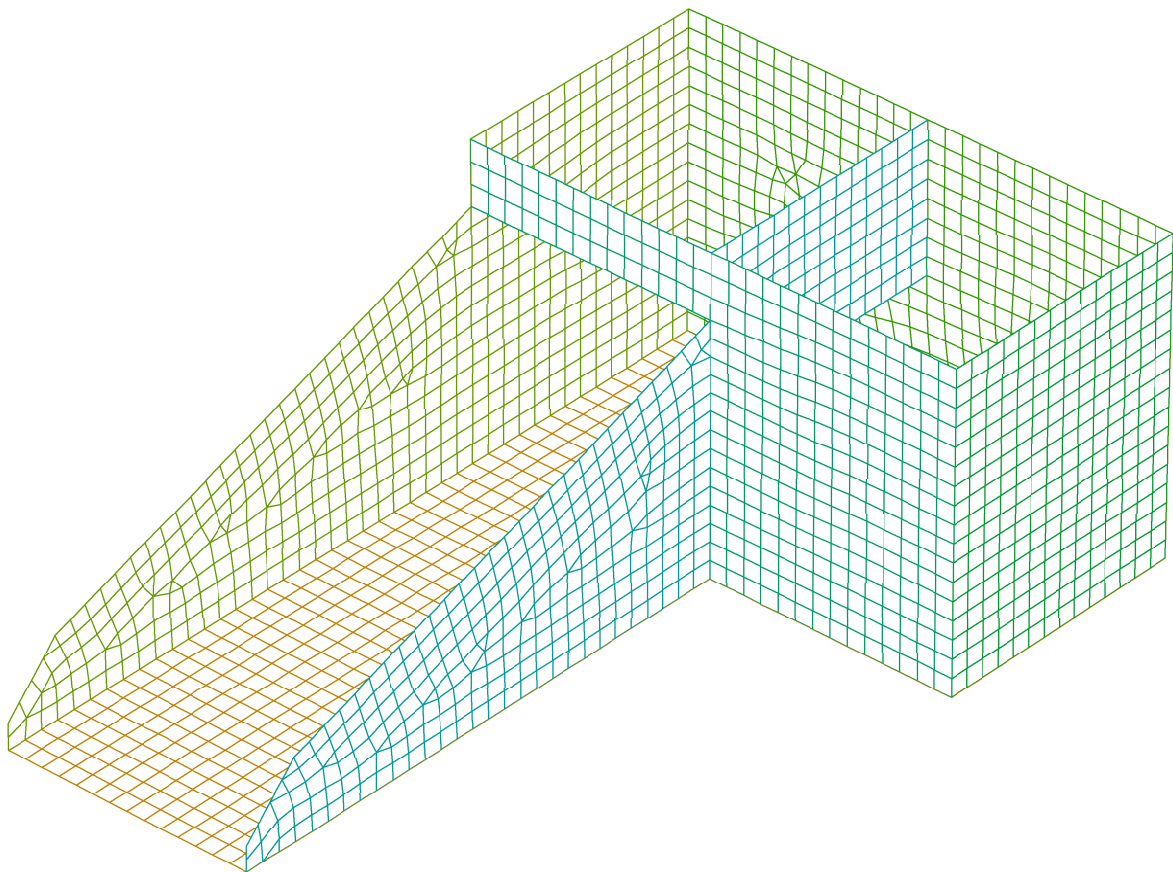
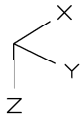


Bodenplatte,
d = 50 cm

Wände,
d = 40 cm

Belastung

EIGENLAST

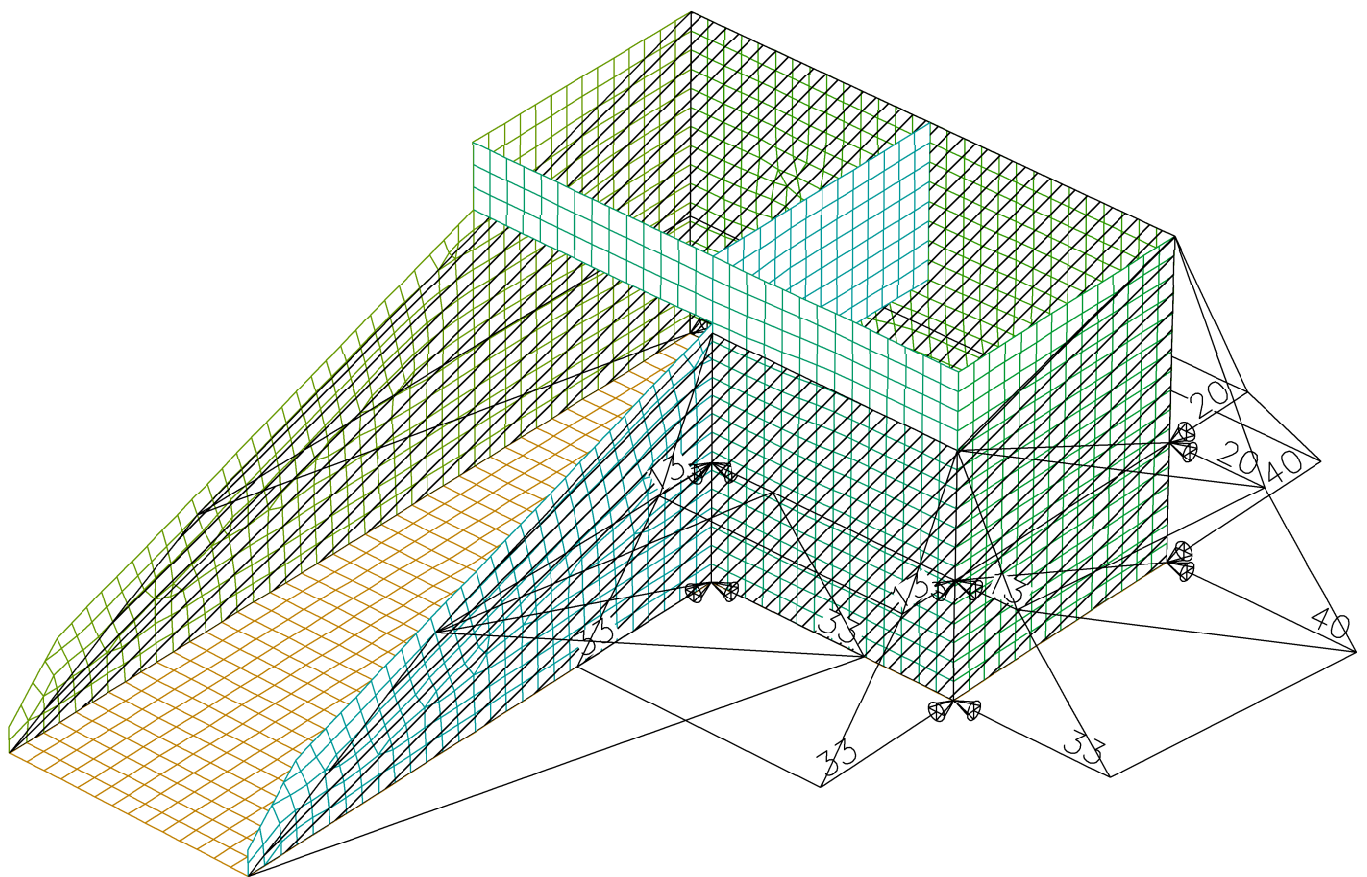
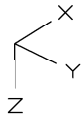


LF 1: Belastung, Eigengewicht

2527.01_3_18_Siel

M = 1:60

Belastung



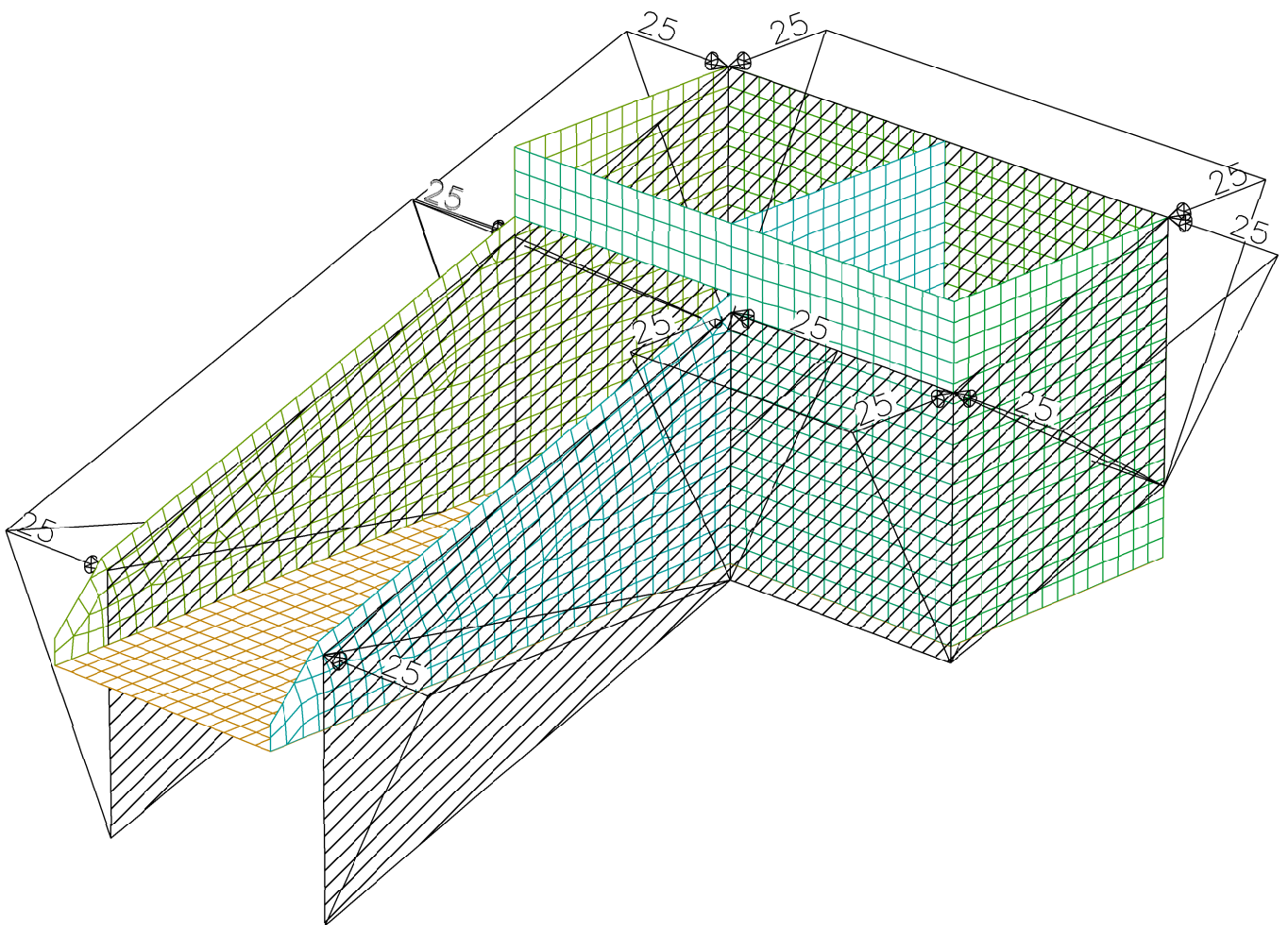
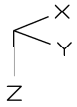
LF 2: Belastung, Erdruchdruck

2527.01_3_18_Siel

M = 1:60

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

Belastung



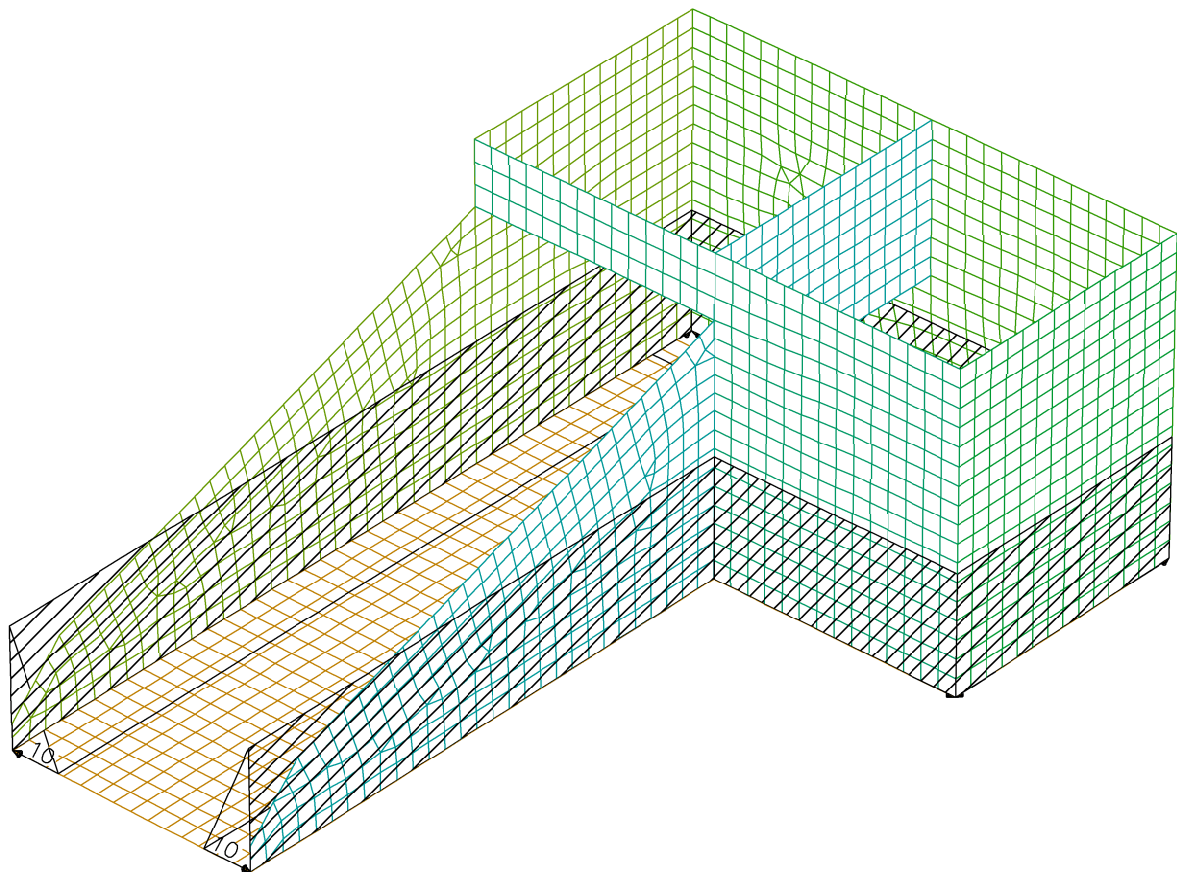
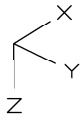
LF 3: Belastung, Verdichtungserddruck

2527.01_3_18_Siel

M = 1:60

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

Belastung



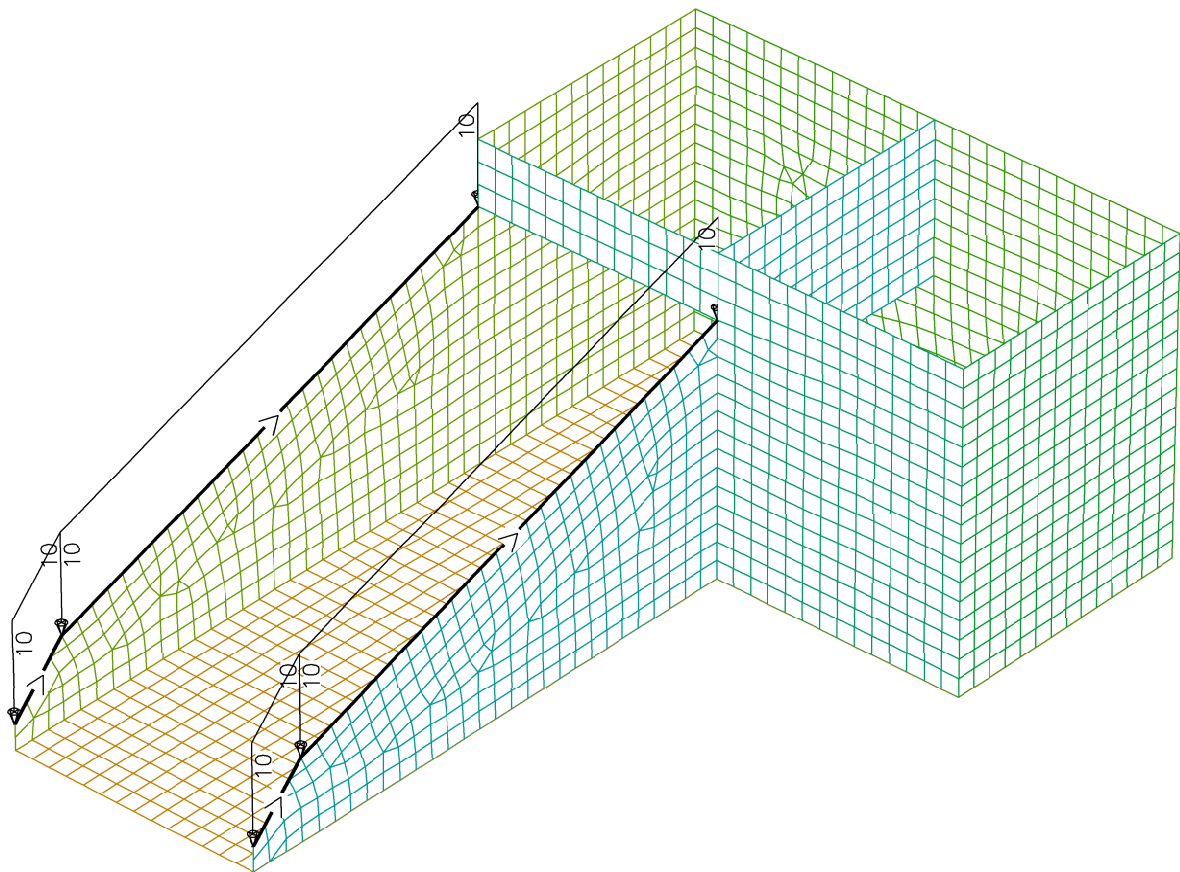
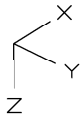
LF 4: Belastung, Wasserdruck

2527.01_3_18_Siel

M = 1:60

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

Belastung



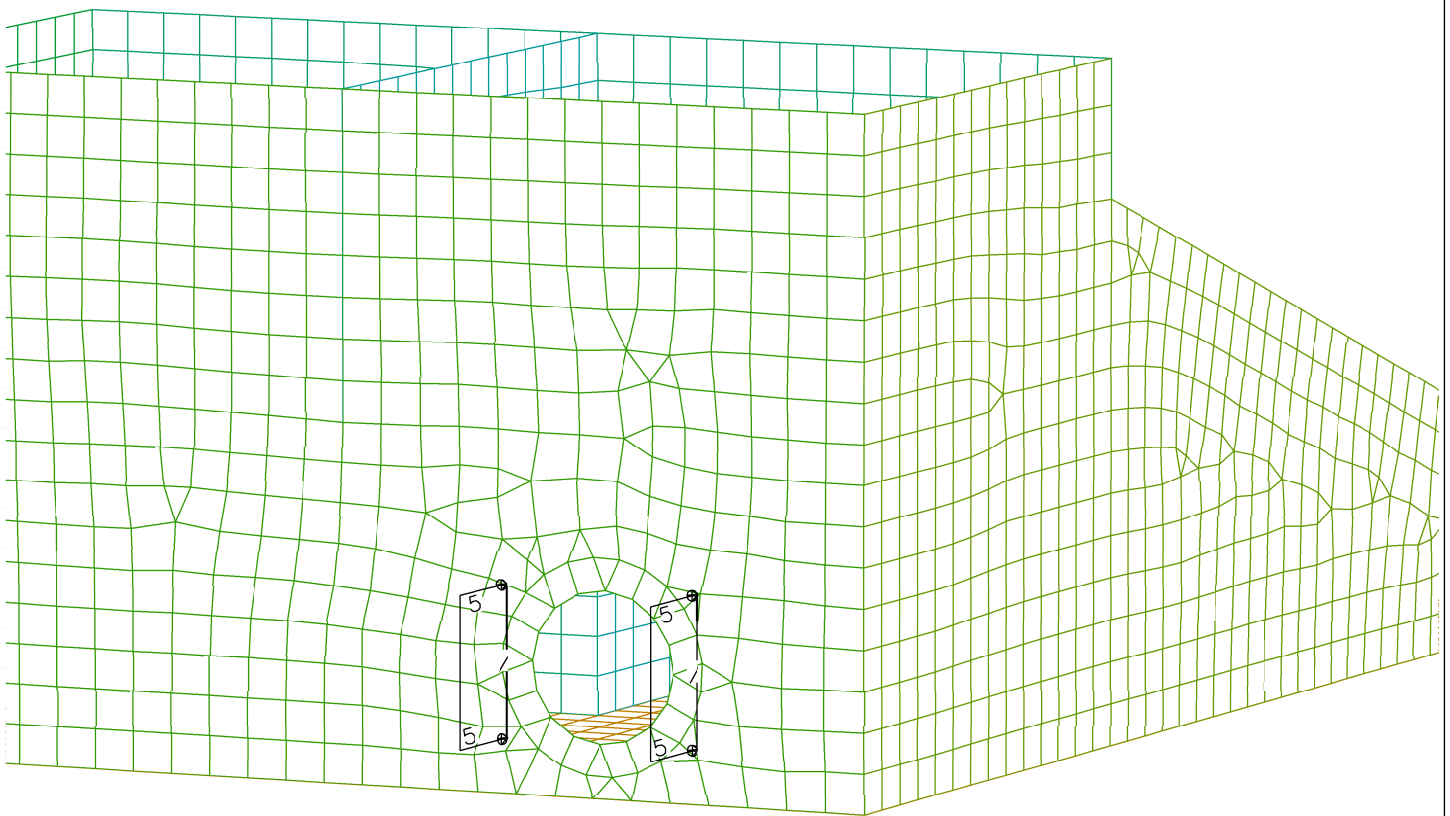
LF 5: Belastung, Belastung Einlaufgitter

2527.01_3_18_Siel

M = 1:60

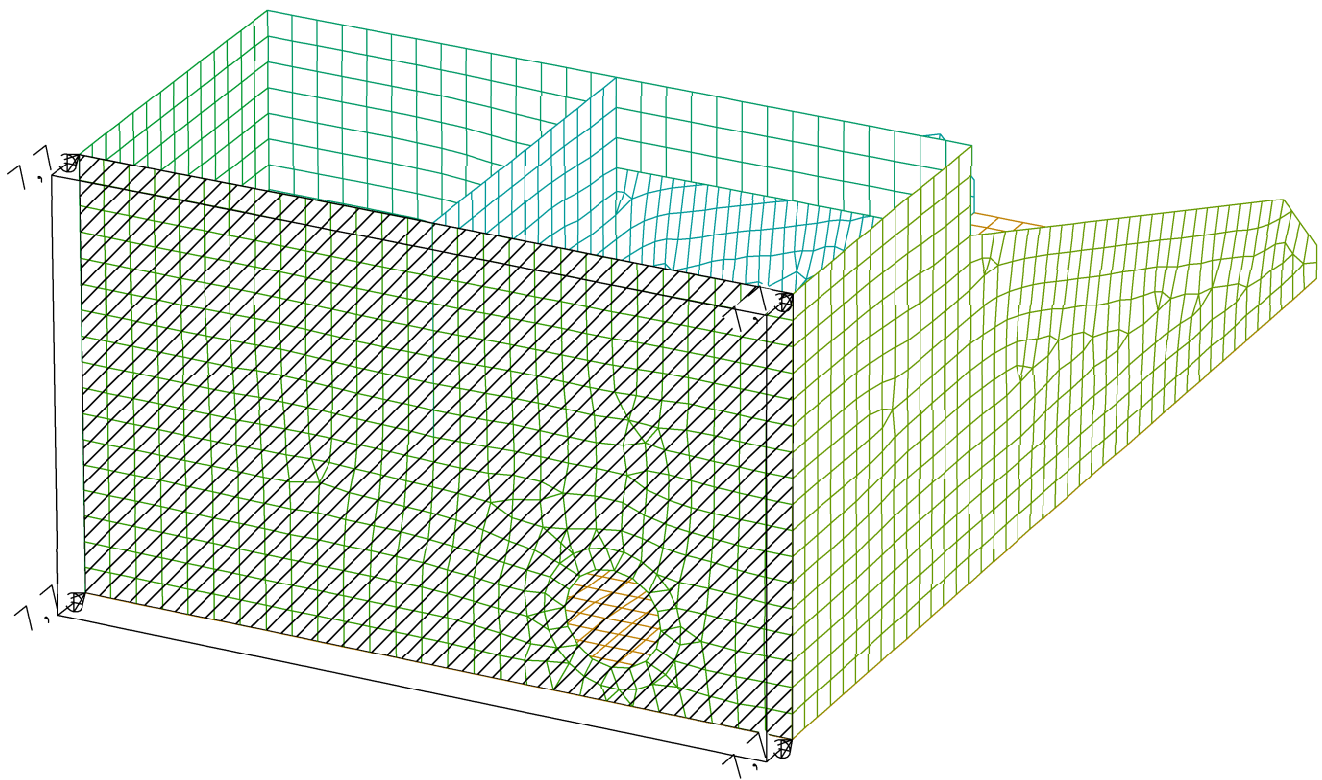
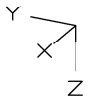
Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, Guntherstr. 29, 80639 München

Belastung



LF 6: Belastung, Wasserdruck auf Absperrschieber

Belastung



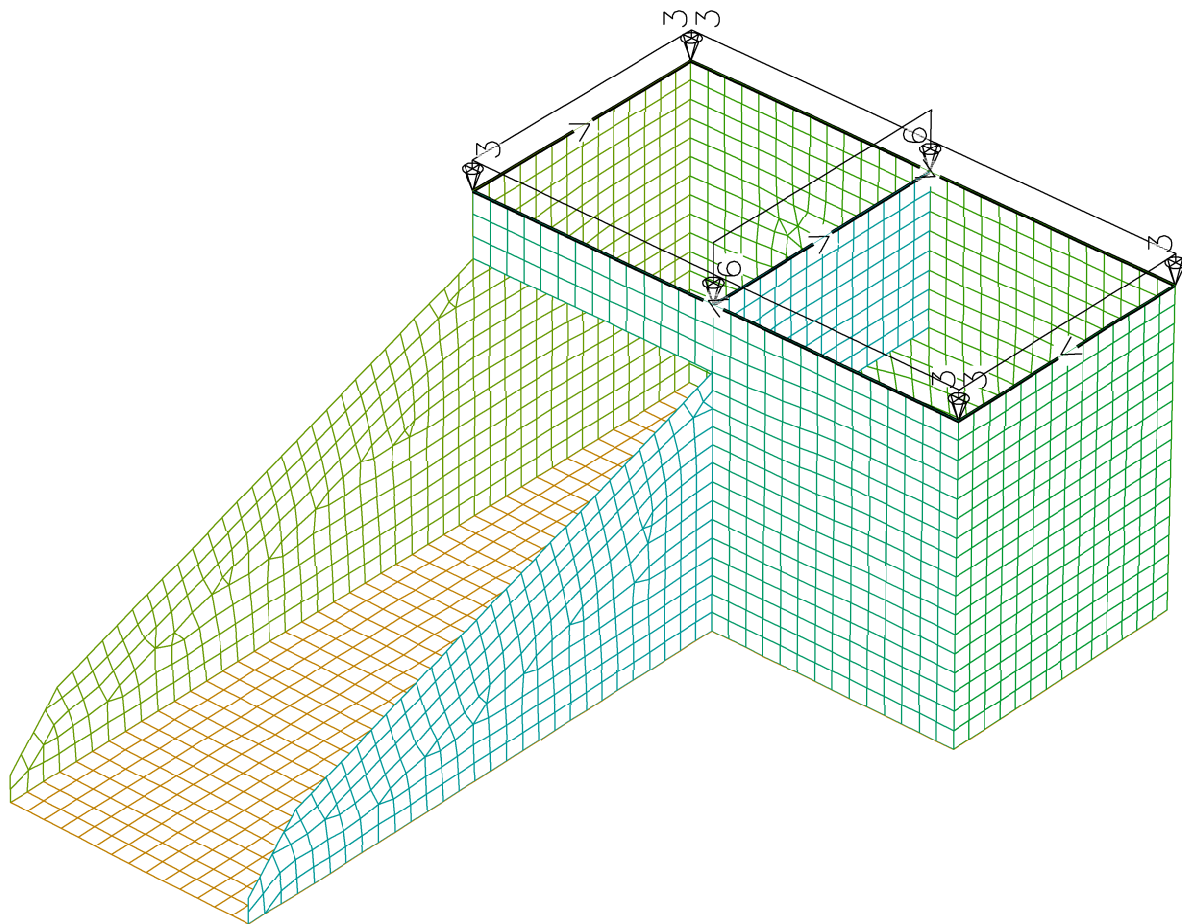
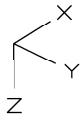
LF 7: Belastung, Erddruck infolge SLW 30

2527.01_3_18_Siel

M = 1:50

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

Belastung



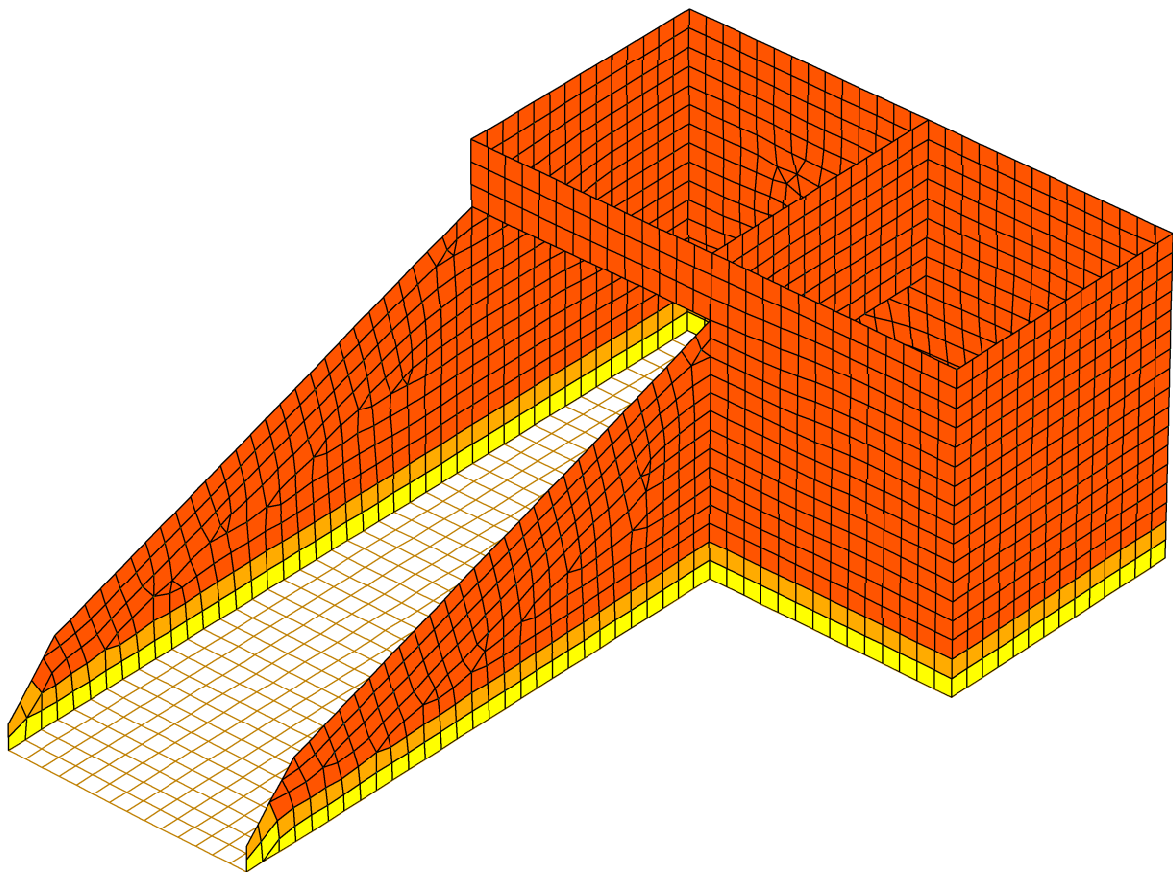
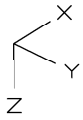
LF 8: Belastung, Personenlast auf Gitterrost

2527.01_3_18_Siel

M = 1:60

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

Belastung



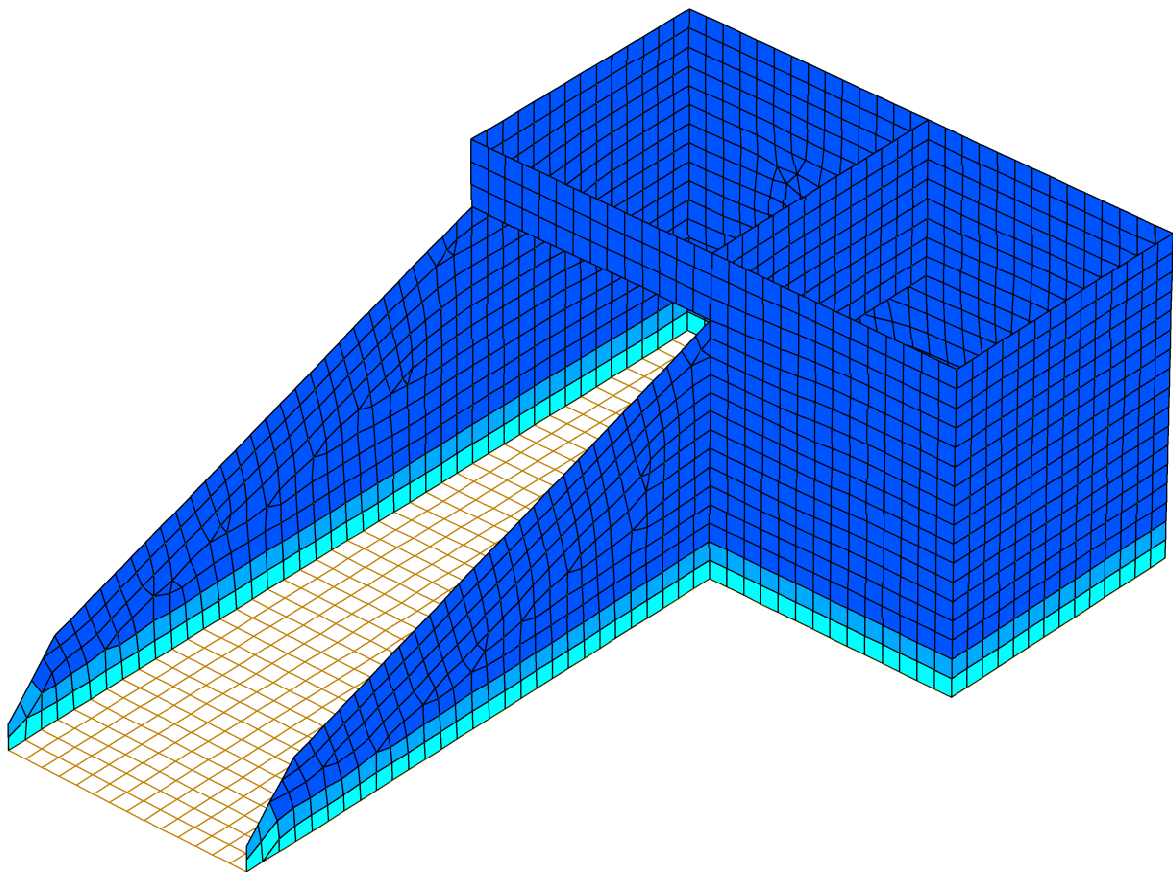
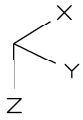
LF 11: Belastung, dT, M Sommer

2527.01_3_18_Siel

tm [K]
11,1
7,4
3,7

M = 1:60

Belastung



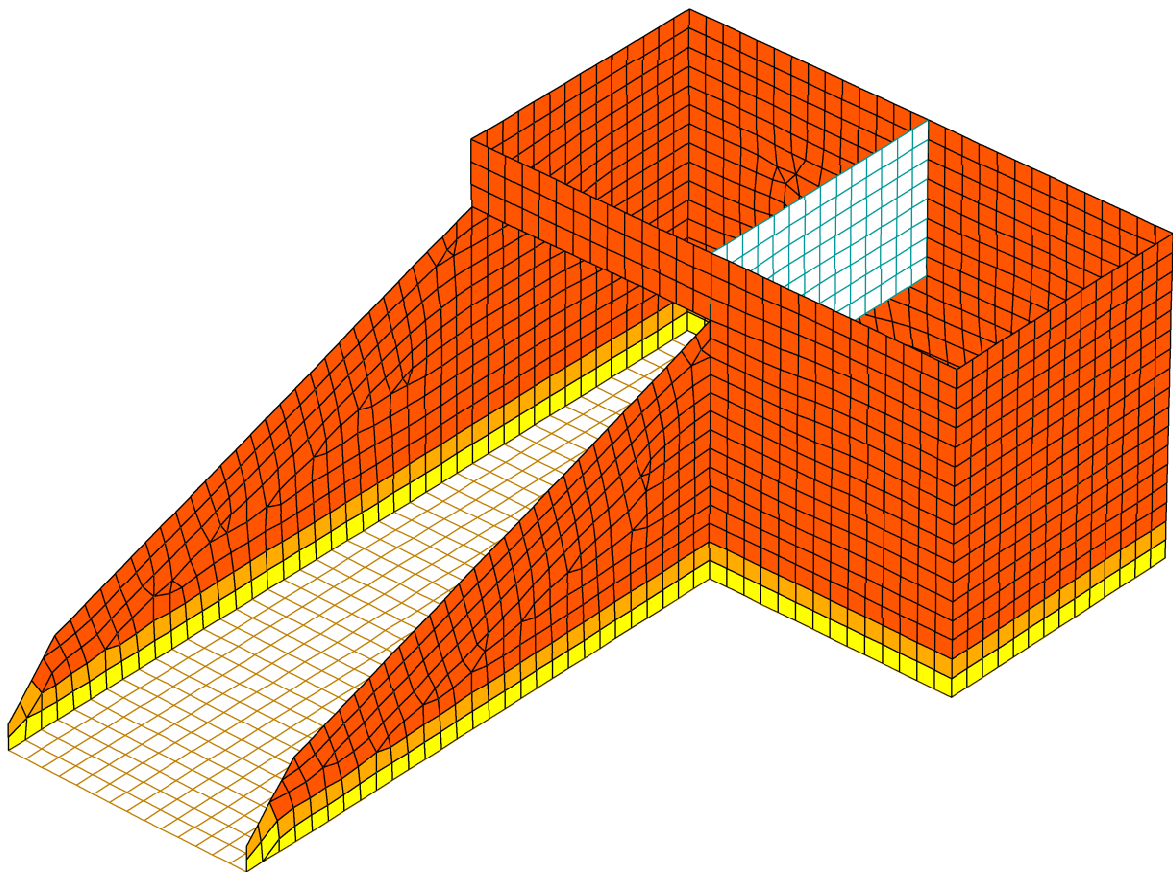
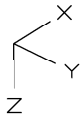
LF 12: Belastung, dT, M Winter

2527.01_3_18_Siel

tm [K]
-3,7
-7,4
-11,1

M = 1:60

Belastung



LF 13: Belastung, dT,G Sommer

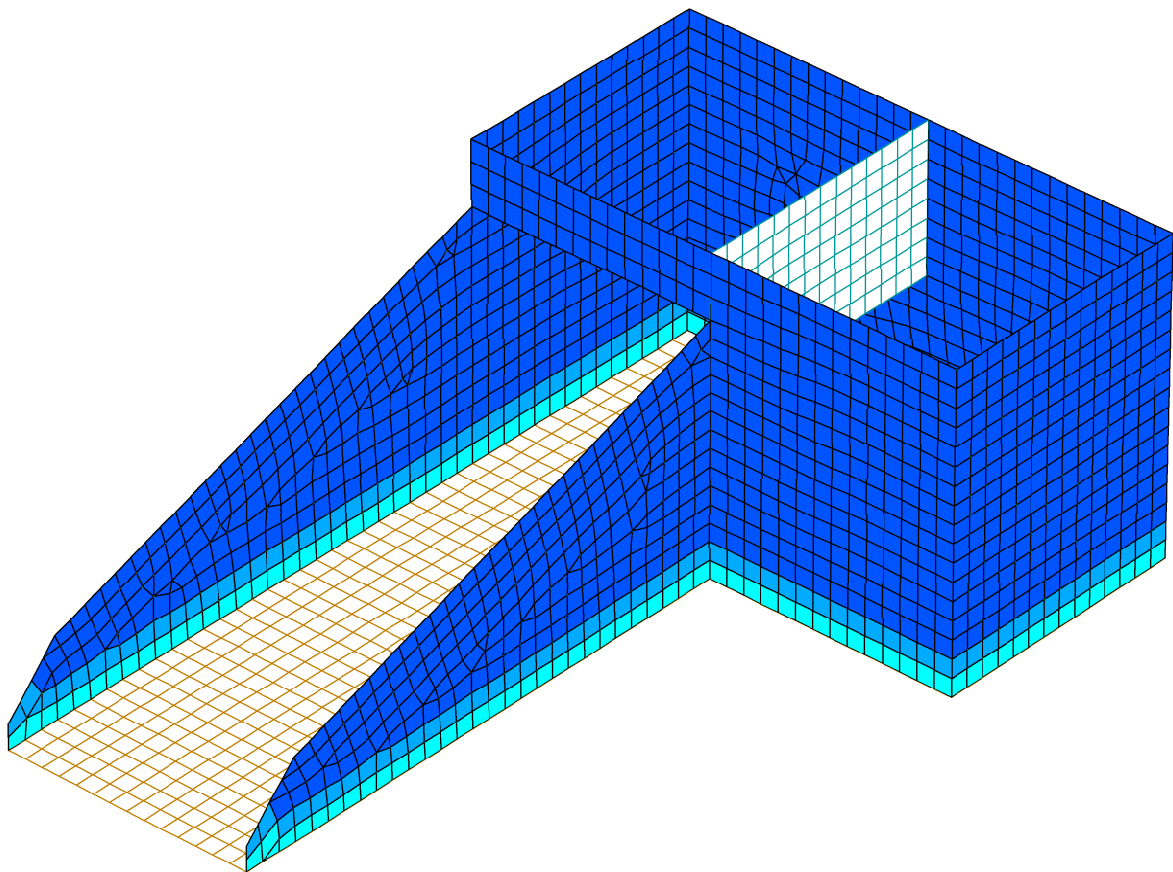
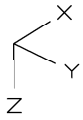
tu-to [K]

-22,2	Orange
-14,8	Yellow
-7,4	Light Blue

2527.01_3_18_Siel

M = 1:60

Belastung



LF 14: Belastung, dT,G Winter

2527.01_3_18_Siel

tu-to [K]

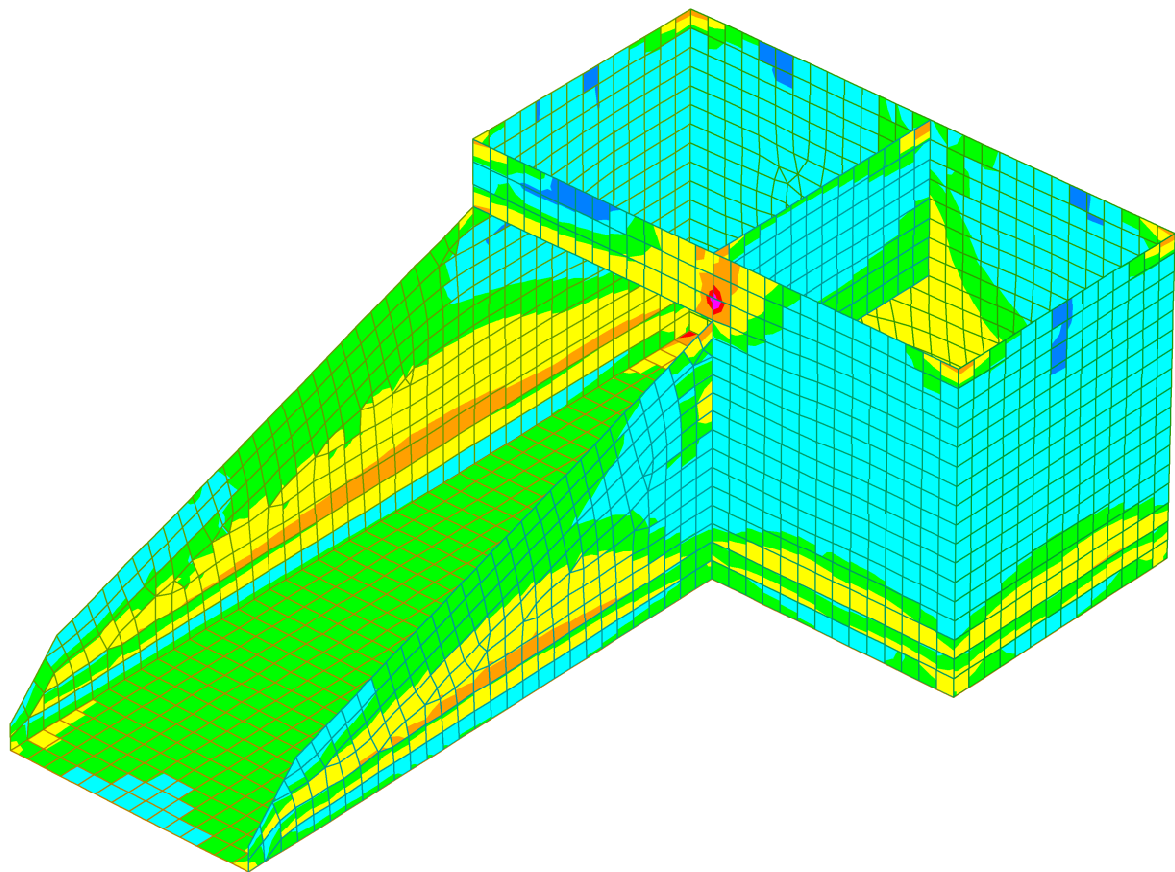
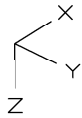
7,4

14,8

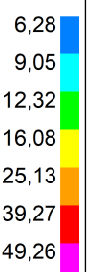
22,2

M = 1: 60

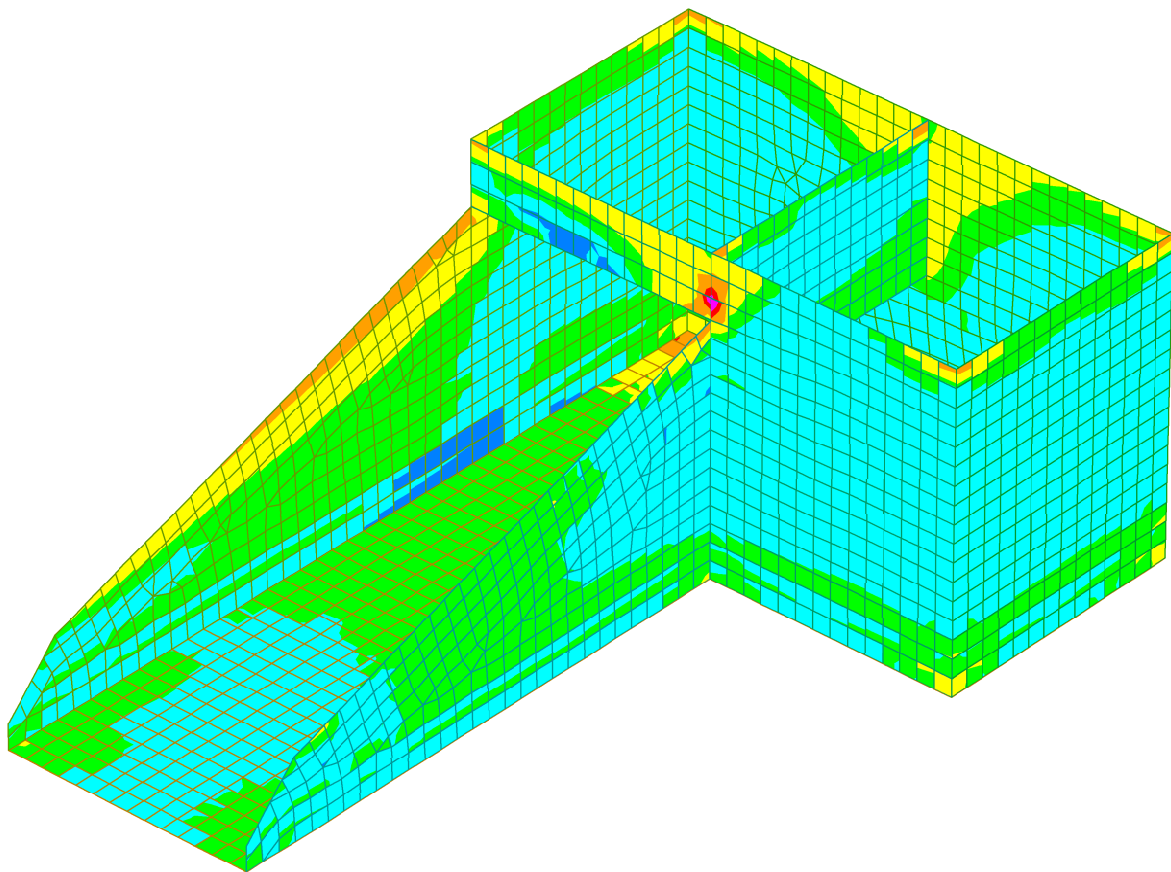
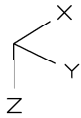
Bewehrung



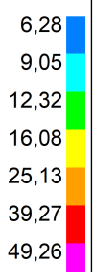
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung asx 1. Lage [cm²/m]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 6,41/72,57 [cm²/m]
Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 3,7 t



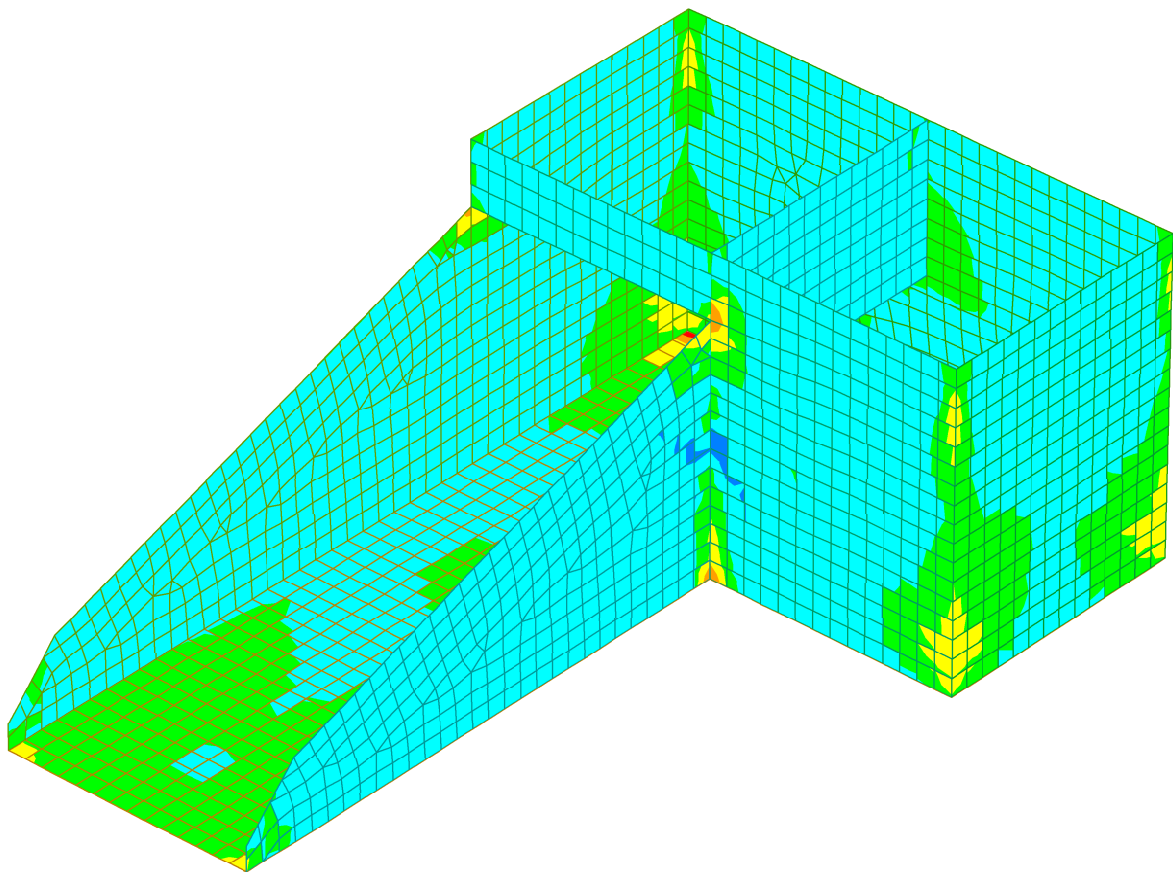
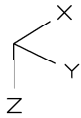
Bewehrung



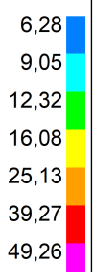
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung asx 2. Lage [cm²/m]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 6,07/71,42 [cm²/m]
Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 3,7 t



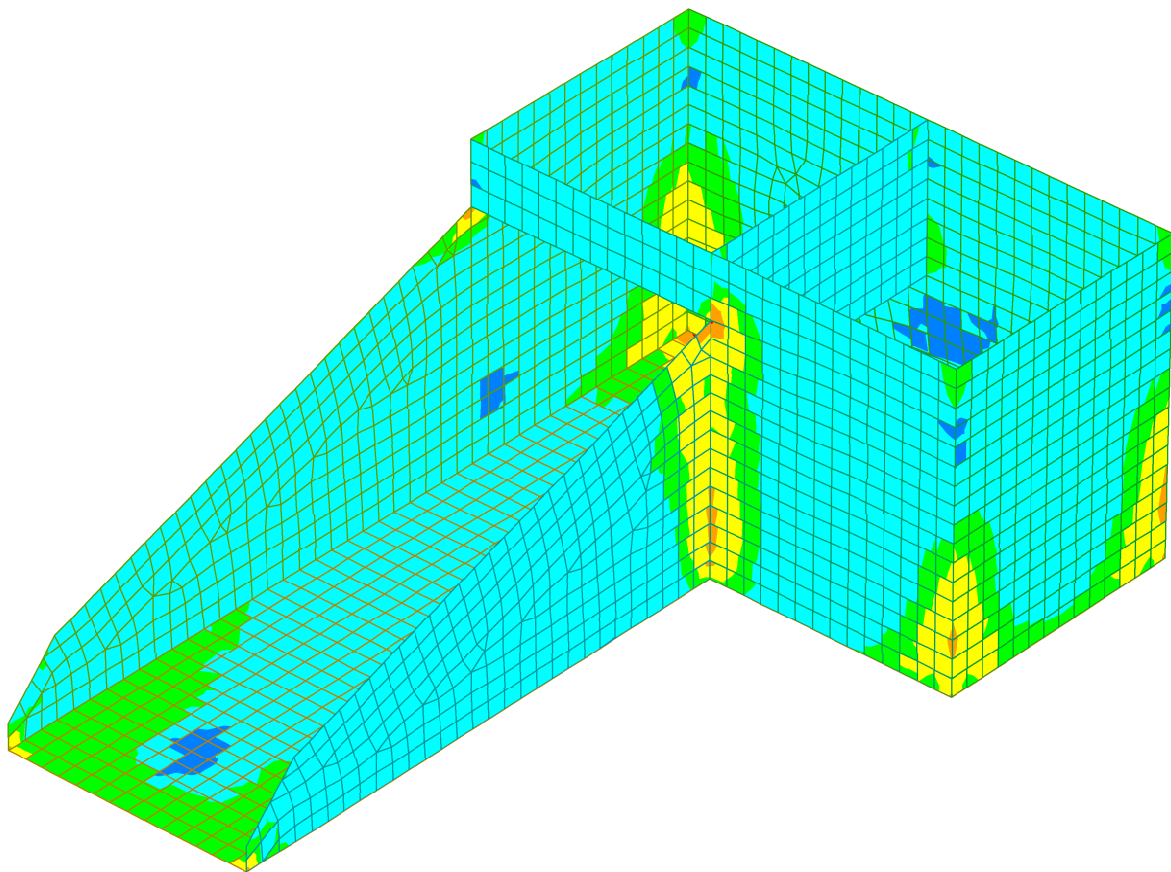
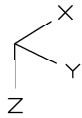
Bewehrung



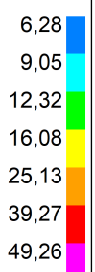
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
Biegebewehrung asy 1. Lage [cm²/m]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 7,94/51,90 [cm²/m]
Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 3,7 t



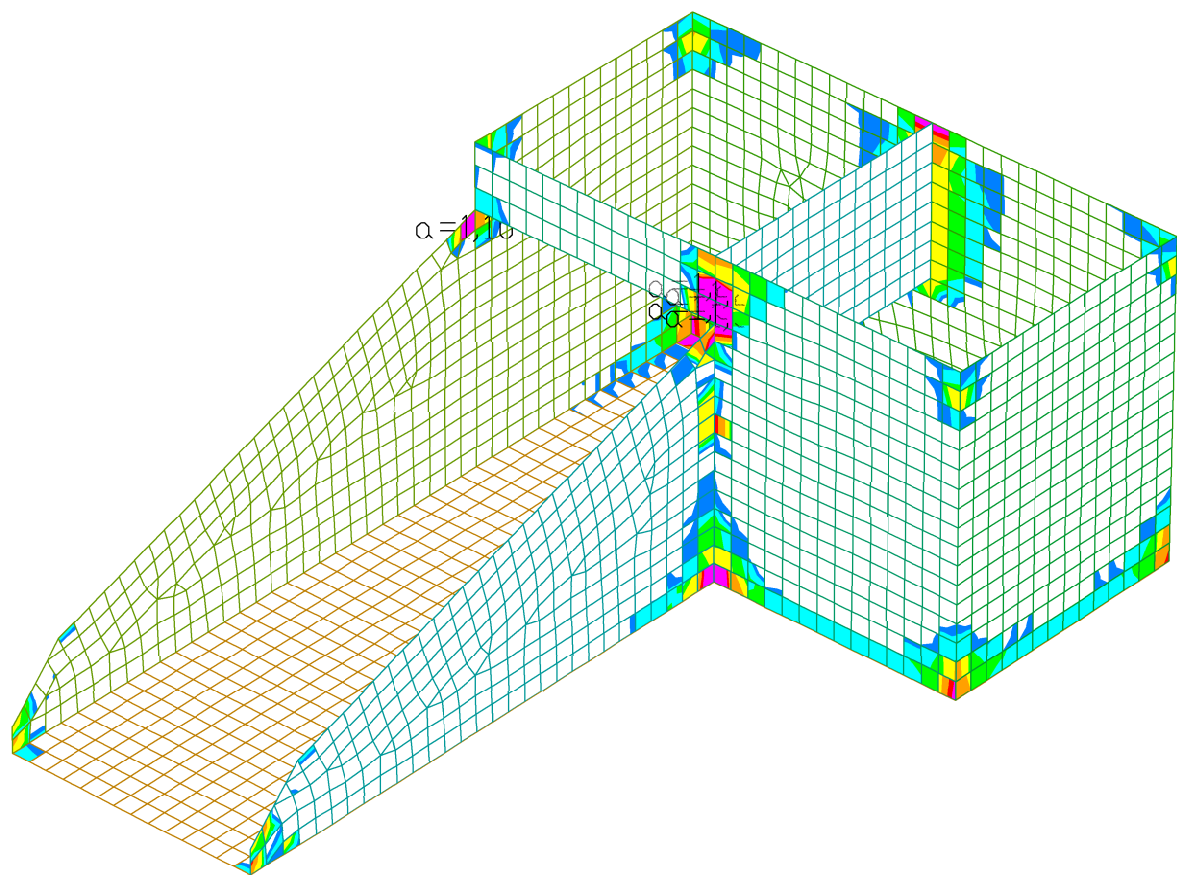
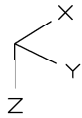
Bewehrung



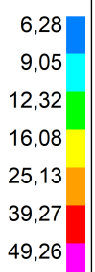
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
 Biegebewehrung asy 2. Lage [cm²/m]
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 7,05/49,22 [cm²/m]
 Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 3,7 t



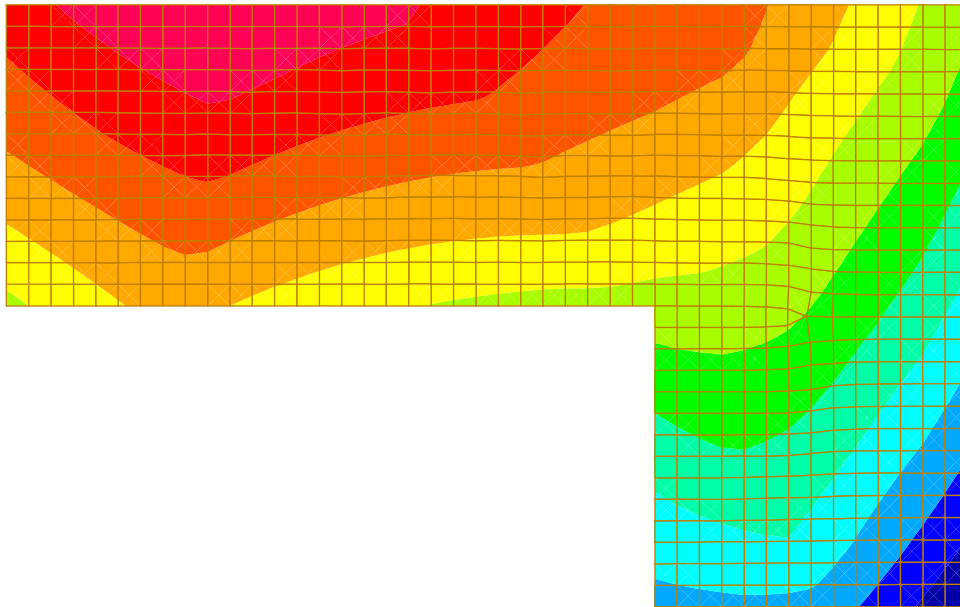
Bewehrung



Der Bemessungswiderstand der Betondruckstreben ist an 11 Stellen unzureichend ($\alpha > 1$).
 LFK DIN1992.BRUCH: Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1
 Bügelbewehrung aus Querkraft [cm^2/m^2]
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/200,53 [cm^2/m^2]
 Berechnung in den Elementknoten



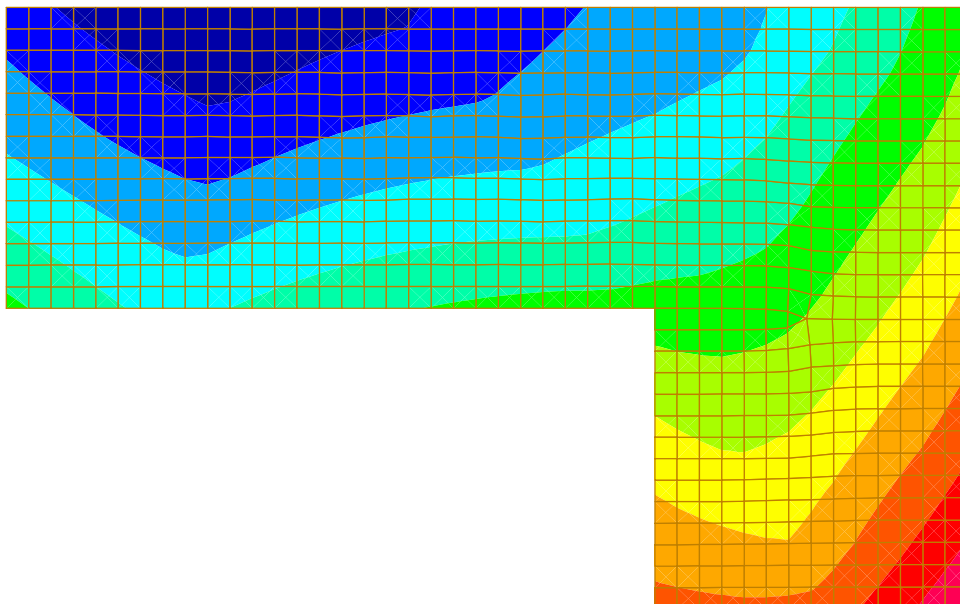
Bodenpressung und Verformung



-64,65
-61,97
-59,29
-56,61
-53,93
-51,25
-48,57
-45,89
-43,21
-40,53
-37,85
-35,17
-32,49

LFK DIN1992.C.1: 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1
Bodenpressungen min Sigma.z [kN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -64,65/-32,49 [kN/m²]

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

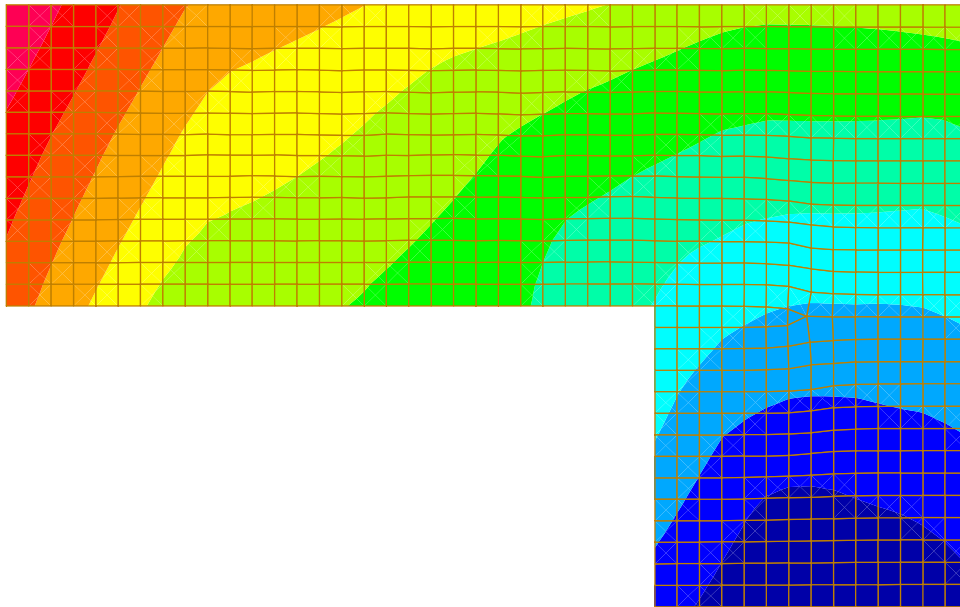


2,83
3,06
3,29
3,52
3,76
3,99
4,22
4,46
4,69
4,92
5,16
5,39
5,62

LFK DIN1992.C.1: 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1
Deformationen max uz [mm]
Wertebereich (Teilsystem, min/max): 2,83/5,62 [mm]

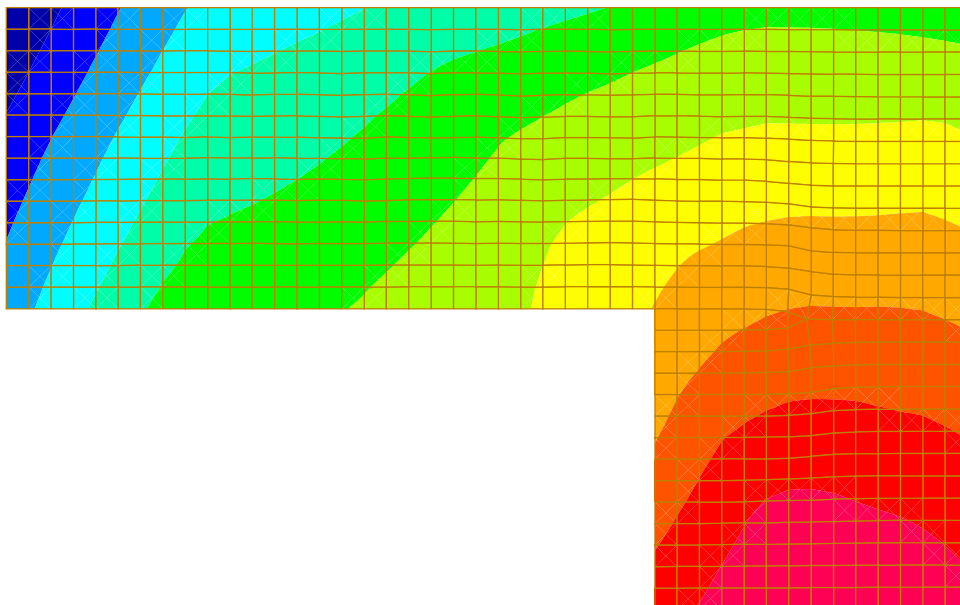
Deformationen uz max; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1

Bodenpressung und Verformung



LFK DIN1992.C.1: 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1
 Bodenpressungen max Sigma.z [kN/m²]
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -50,48/-7,09 [kN/m²]

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



LFK DIN1992.C.1: 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1
 Deformationen min uz [mm]
 Wertebereich (Teilsystem, min/max): 0,62/4,39 [mm]

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