

# **Projekt 2527.01**

## **Hochwasserschutz Nittenau**

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

**Statische Berechnung Nr. 2527.01\_3\_11\_00**

### **Objekt 8.2**

### **Hochwasserschutzmauer**

### **mit Wegerampe und Betriebsgebäude**



**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 26.02.2021

  
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
1.2.1	HWS-Mauer mit Wegerampe	3
1.2.2	Betriebsgebäude	5
1.3	Verwendete Normen und Unterlagen	8
1.4	Randbedingungen der Planungen	9
1.5	Grundwasserstand	10
1.6	Geotechnische Gutachten / Bodenschichtung	10
1.7	Gründung / Bettung	12
2	Nachweise	13
3	Bauteileigenschaften	14
3.1	Baustoffe / Expositionsklassen (allgemein)	14
3.2	Rissbreitenbeschränkung (allgemein)	15
4	Rissbreitenbemessung	17
4.1	Hochwasserschutzmauer	17
4.1.1	Kopfbalken (d = 100 cm)	17
4.1.2	HWS-Mauer (d = 40 cm)	17
4.2	Betriebsgebäude	18
4.2.1	Bodenplatte (d = 50 cm)	18
4.2.2	Außenwände (d = 30 cm)	18
4.2.3	Deckenplatte EG (d = 30 cm)	18
4.2.4	Deckenplatte OG (d = 25 cm)	19
4.3	Zusammenfassung der verwendeten Betonsorten	19

5	Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen	20
6	Einwirkungen / Lastfälle	21
6.1	Einwirkungen Hochwasserschutzmauer	21
6.1.1	Lastfall 1: Eigengewicht	21
6.1.2	Lastfall 2: Windlast	21
6.1.3	Lastfälle 3 und 4: Temperaturgradient $\Delta T_G$ bei Wasserstand Stauziel	21
6.1.4	Lastfälle 5 und 6: Temperaturgradient $\Delta T_G$ bei Wasserstand Stauziel	22
6.2	Einwirkungen Betriebsgebäude	22
6.2.1	Lastfall 1: Eigengewicht	22
6.2.2	Lastfall 2: Erdruchedruck im Bereich der Wegerampe	22
6.2.3	Lastfall 3: Erddruck infolge Verkehrslast eines SLW 30	23
6.2.4	Lastfall 4: Wasserdruck $HQ_{100} + 15\%$	23
6.2.5	Lastfall 5-7: Nutzlast EG	23
6.2.6	Lastfall 8: Verkehrslast SLW 30 auf Verkehrsfläche	23
6.2.7	Lastfall 9: Nutzlast OG	24
6.2.8	Lastfall 10: Schneelast	24
6.2.9	Lastfälle 11 und 12: Temperaturgradient $\Delta T_G$	24
6.2.10	Lastfälle 13 und 14: Temperaturgradient $\Delta T_G$	24
6.3	Erdbeben	24
6.4	Bemessungssituationen / Teilsicherheitsbeiwerte	25
6.5	Lastfallkombinationen	25
7	Bauzustand	26
7.1	Bemessung im Bauzustand	26
7.2	Baugruben	26
8	Hinweise für die weitere Planung und die Bauausführung	27
9	Zusammenfassung / Bewehrung der Bauteile	28
10	Anlagenverzeichnis	29
10.1	Anlage 1: Berechnungen „Frilo“	29
10.2	Anlage 2: Rissbreitenbemessung	37
10.3	Anlage 3: Ergebnisausdrucke „InfoCAD“	45
10.4	Anlage 4: Bestimmung der erforderlichen Bewehrung der Bohrpfähle	87

## Bilderverzeichnis

Bild 1:	Übersichtslageplan der Hochwasserschutzmaßnahme Nittenau [P1].....	1
Bild 2:	Draufsicht HWS-Mauer mit Wegerampe.....	3
Bild 3:	HWS-Mauer mit Wegerampe Schnitt A-A.....	3
Bild 4:	HWS-Mauer mit Wegerampe Schnitt B-B.....	4
Bild 5:	Draufsicht Betriebsgebäude .....	5
Bild 6:	Betriebsgebäude Schnitt A-A .....	5
Bild 7:	Betriebsgebäude Schnitt B-B .....	6
Bild 8:	Betriebsgebäude Schnitt C-C .....	6
Bild 9:	Betriebsgebäude Schnitt D-D .....	7
Bild 10:	Betriebsgebäude Schnitt E-E .....	7
Bild 11:	RKS 5 und DPH 6, gemäß Baugrundgutachten.....	11
Bild 12:	Auszug aus DBV-Merkblatt „Rissbildung“ .....	16

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bauwerksabmessungen .....	2
Tabelle 2:	Bodenschichten gemäß Bodengutachten.....	10
Tabelle 3:	Festlegung der Rissbreite nach WU-Richtlinie .....	15
Tabelle 4:	geschätzte Bewehrungsgehalte HWS-Mauer .....	28
Tabelle 5:	geschätzte Bewehrungsgehalte Betriebsgebäude.....	28



## 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. Die vorliegende statische Berechnung beschränkt sich lediglich auf die Standsicherheit der Bauwerke im Bereich der Hochwasserschutzmauer mit Wegerampe.

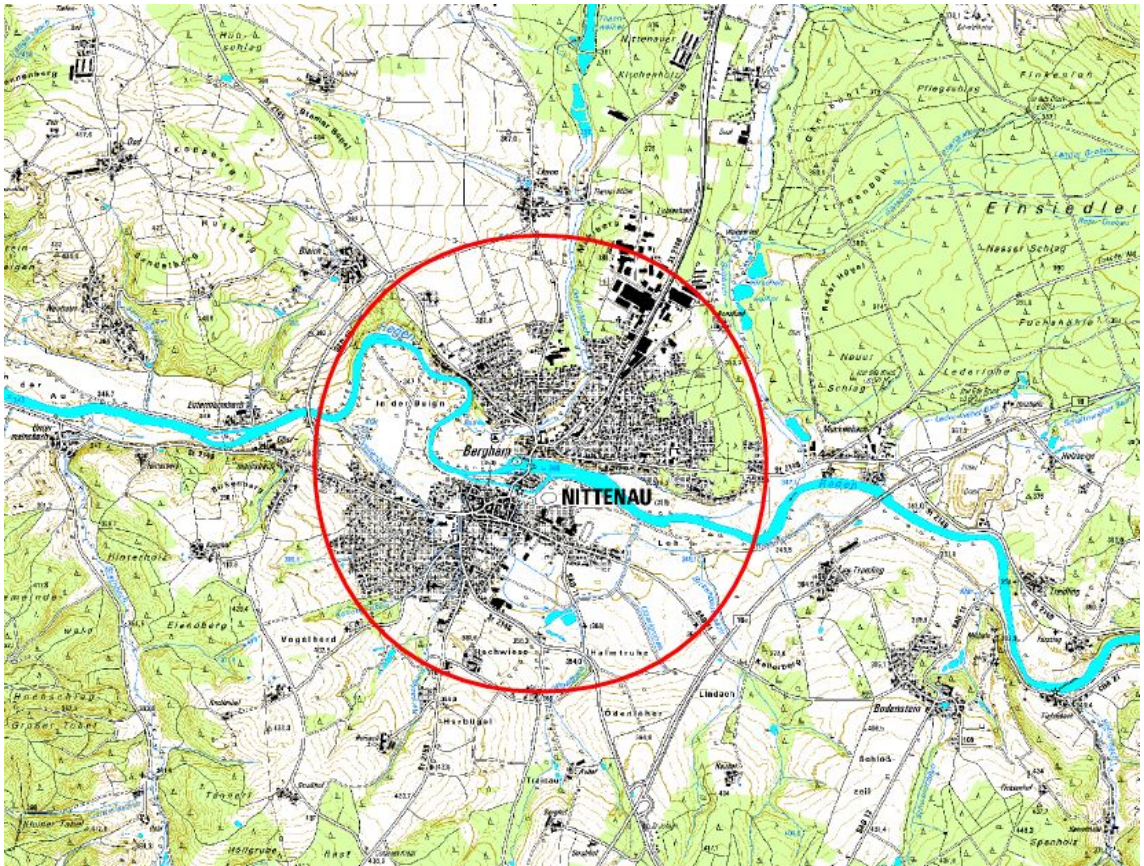


Bild 1: Übersichtslageplan der Hochwasserschutzmaßnahme Nittenau [P1]

### 1.1 Veranlassung / Klären der Aufgabenstellung

Im Zuge der Hochwasserschutzmaßnahme in Nittenau werden zwei Sielbauwerke, zwei Schöpfwerke, drei Hochwasserschutzmauern, drei Hochwasserdeiche, ein Wehr sowie eine Hochwasserschutzmauer mit Wegerampe und ein Betriebsgebäude vorgesehen.

Die vorliegende statische Berechnung behandelt die Stahlbetonbauteile der HWS-Mauer mit Wegerampe sowie das Betriebsgebäude. Im Einzelnen sind folgende Maßnahmen geplant:

Bauteil	Umbau / Neubau	Abmessungen
HWS-Mauer mit Wegerampe	Neubau	ca. 11,20 x 1,50 x 72 m
Betriebsgebäude	Neubau	ca. 16,40 x 14,40 x 6,30 m

Tabelle 1: Bauwerksabmessungen



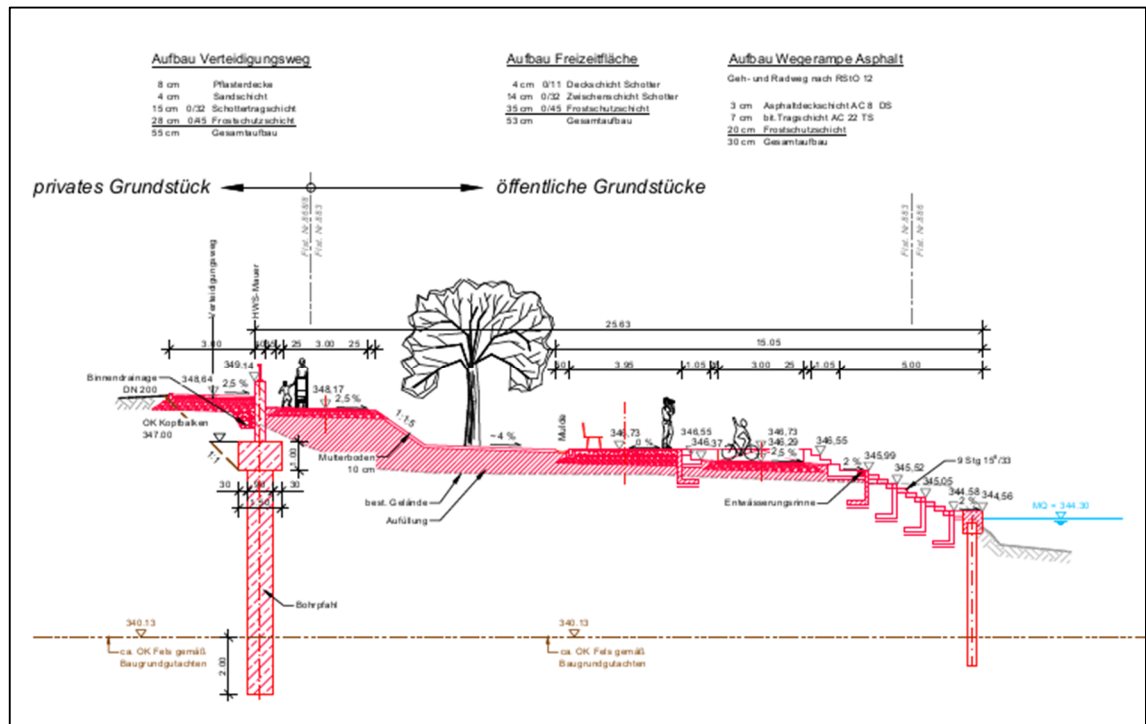


Bild 4: HWS-Mauer mit Wegerampe Schnitt B-B



## 1.2.2 Betriebsgebäude

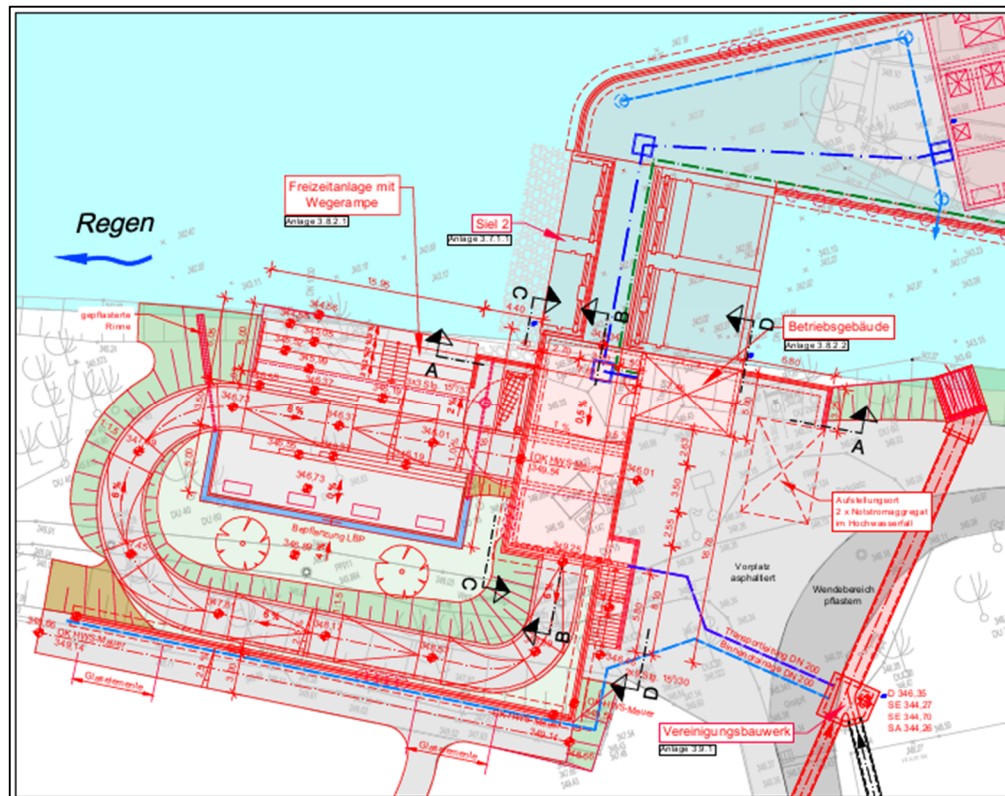


Bild 5: Draufsicht Betriebsgebäude

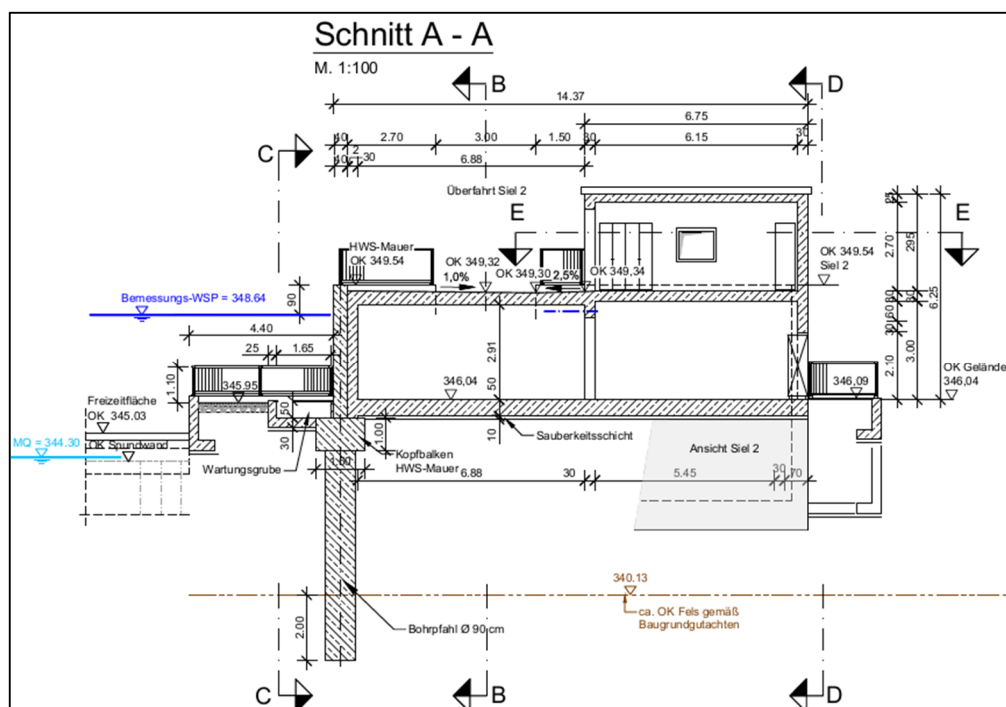


Bild 6: Betriebsgebäude Schnitt A-A

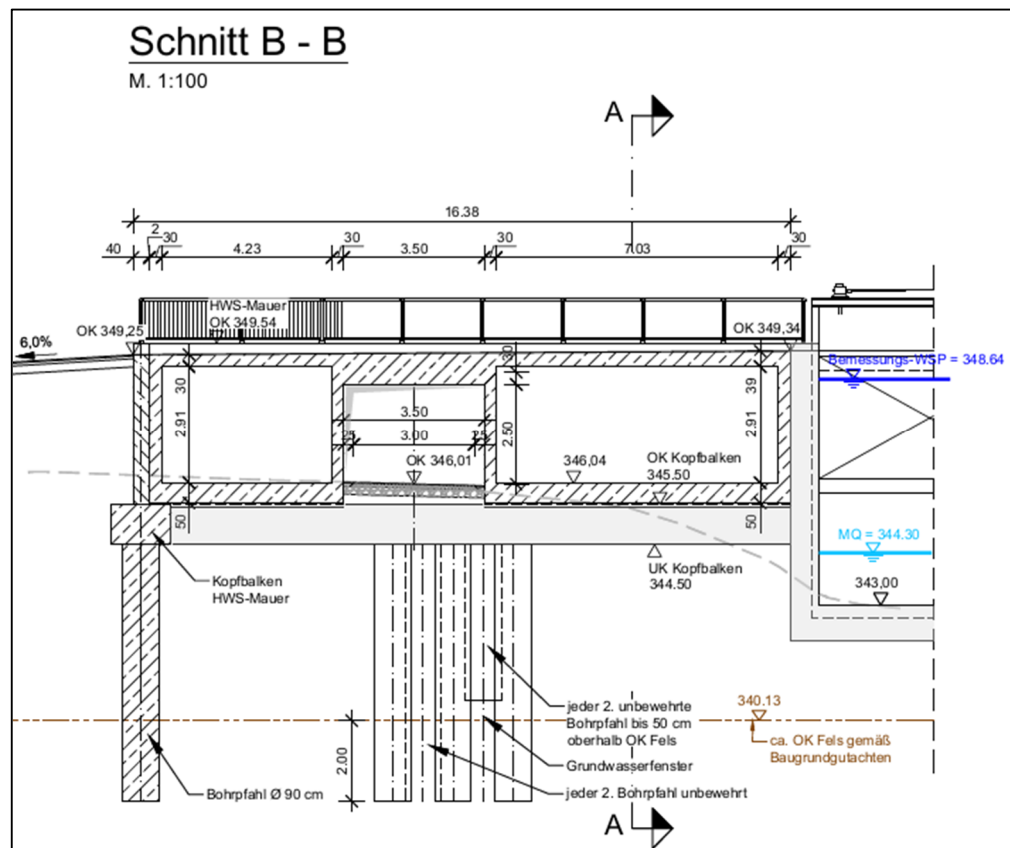


Bild 7: Betriebsgebäude Schnitt B-B

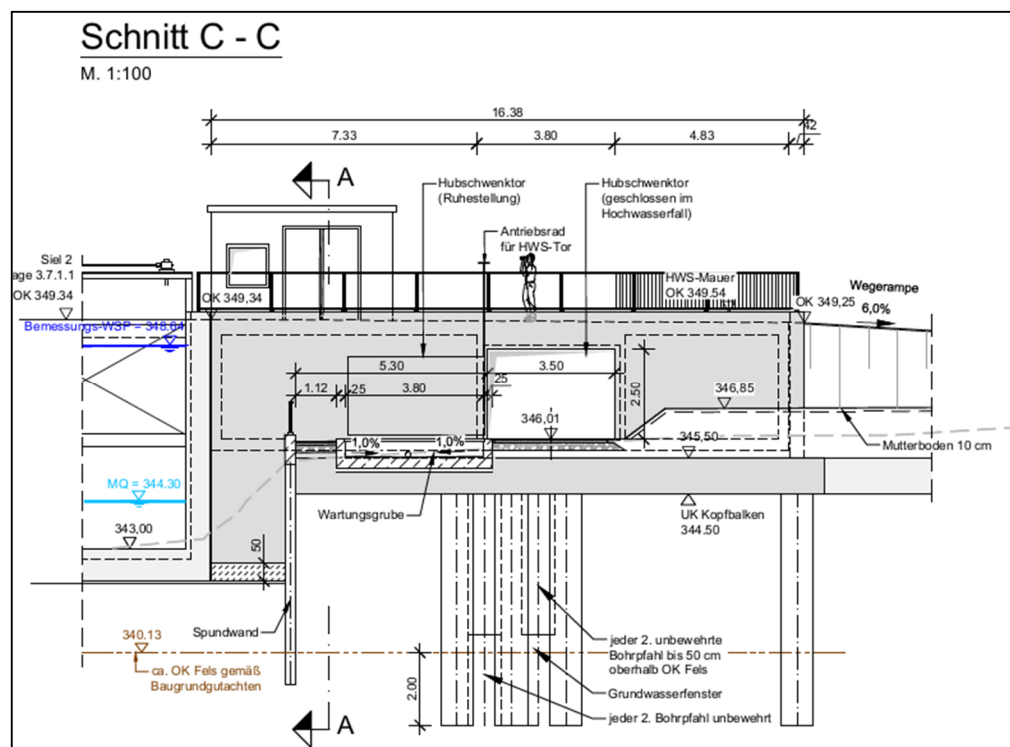


Bild 8: Betriebsgebäude Schnitt C-C

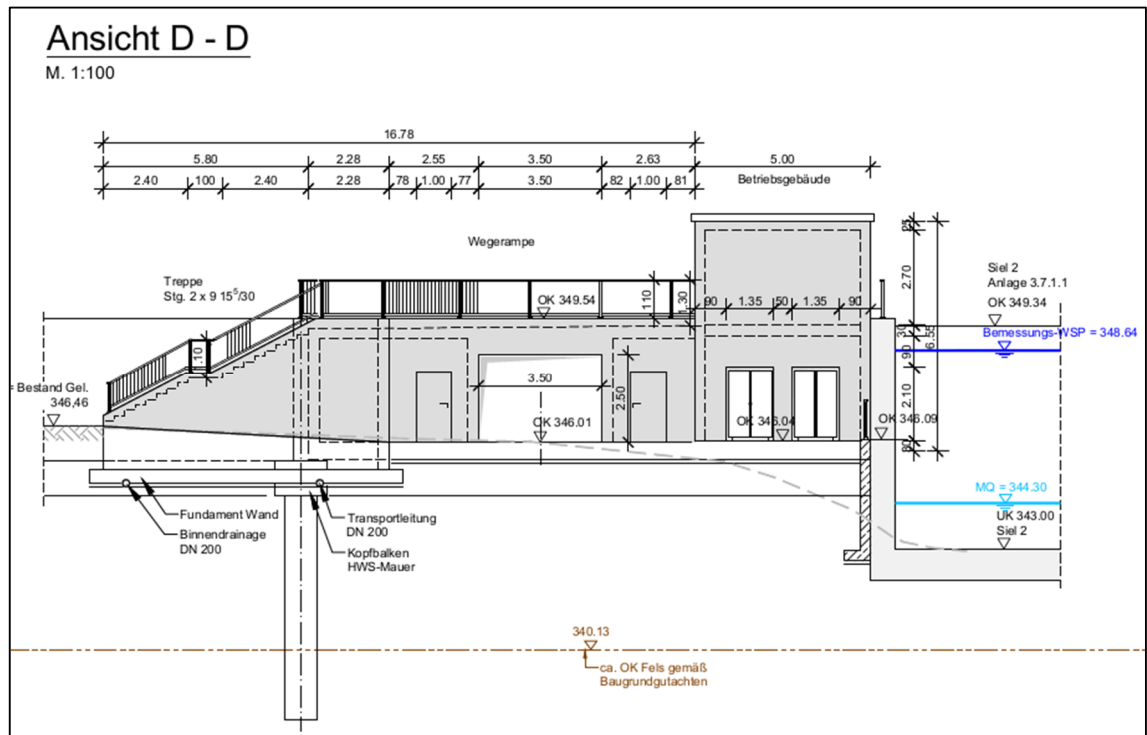


Bild 9: Betriebsgebäude Schnitt D-D

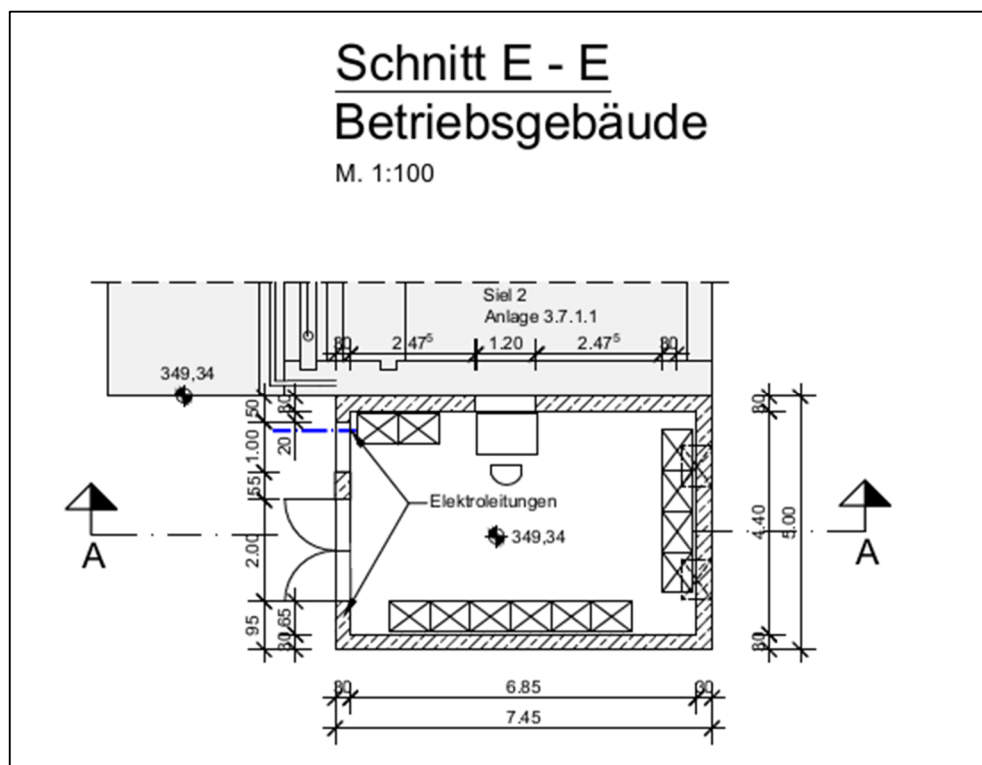


Bild 10: Betriebsgebäude Schnitt E-E

### 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] WU-Richtlinie des DAfStb, Ausgabe November 2003 + Berichtigung März 2006
- [16] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen - Wasserbau (ZTV-W) für Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton (Leistungsbereich 215), BAW, Karlsruhe, Ausgabe 2012

Verwendete Planunterlagen:

- [P1] Hochwasserschutz Nittenau, Objekt 8.2 HWS-Mauer mit Wegerampe und Betriebsgebäude, Lageplan, Längsschnitt und Querschnitt, Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, München, 15.02.2021.
- [P2] Hochwasserschutz Nittenau, Objekt 8.2 HWS-Mauer mit Wegerampe und Betriebsgebäude, Bauwerksplan Betriebsgebäude, Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, 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 nicht vorgesehen, um daraus resultierende lange Ausschulfristen zu vermeiden. Langsam erhärtender Beton kann jedoch bei vereinzelten Bauteilen vorgesehen werden.
- 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.
- In der HWS-Mauer soll planmäßig spätestens nach 12 m eine Dehnfuge vorgesehen werden.
- Die HWS-Mauer und das Betriebsgebäude werden der Sichtbetonklasse 3 zugeordnet und der Rechenwert der Rissbreite auf 0,2 mm reduziert. Damit sollen die gestalterischen Möglichkeiten in den späteren Planungsphasen nicht durch ein zu grobes Rissbild beeinträchtigt werden.
- Die HWS-Mauer wird in diesem Bereich ohne einen luftseitigen Anzug ausgeführt. Es wird dadurch ein vereinfachtes Schließen des Hubschwenktores im Hochwasserfall erreicht.

## 1.5 Grundwasserstand

Im Bereich der HWS-Mauer mit Wegerampe und Betriebsgebäude wurde im Zuge der Bohrung RKS 5 ein Grundwasserstand von 343,75 m ü. NN gemessen. Der Grundwasserstand kann jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen. Als Stauziel bzw. Mittelwasserstand des Regen wird hier die Kote mit 344,30 m ü. NN angegeben. Der Bemessungswasserstand wird auf ein HW100 + 15% festgelegt und liegt bei:

$$\text{HW100} + 15\%: \quad + 348,64 \text{ m ü. NN}$$

## 1.6 Geotechnische Gutachten / Bodenschichtung

Folgendes Gutachten lag vor:

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

[G2] Piewak & Partner GmbH, HWS Nittenau, E-Mail an Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, gesendet am 10.05.2017.

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 <sup>+</sup> / G, s, u, t	S, g / G, s, (u <sup>+</sup> )	-
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 <sup>3</sup> ] 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 <sup>3</sup> ] 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 <sup>2</sup> ] nach DIN 1055	0-5 / 0-2 / 0 / 0	0	-	**
Wasserdurchlässig- keitswert k <sub>f</sub> [m/s]	10 <sup>-8</sup> -10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-4</sup> -10 <sup>-7</sup>	5 x 10 <sup>-3</sup> -10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-6</sup> -10 <sup>-9</sup> bei starker Klüf- tigkeit > 10 <sup>-4</sup>
Steifemodul E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	3-5 (1)	30-100 / 5-10	40-100	50-500

Tabelle 2: Bodenschichten gemäß Bodengutachten

Die Hochwasserschutzmauer mit Wegerampe und Betriebsgebäude schließt an das Siel 2 an und liegt gegenüber des Angerspitzes. Hier wurde die Rammkernsondierungen RKS 5 sowie die Schweren Rammsondierungen DPH 6 durchgeführt.

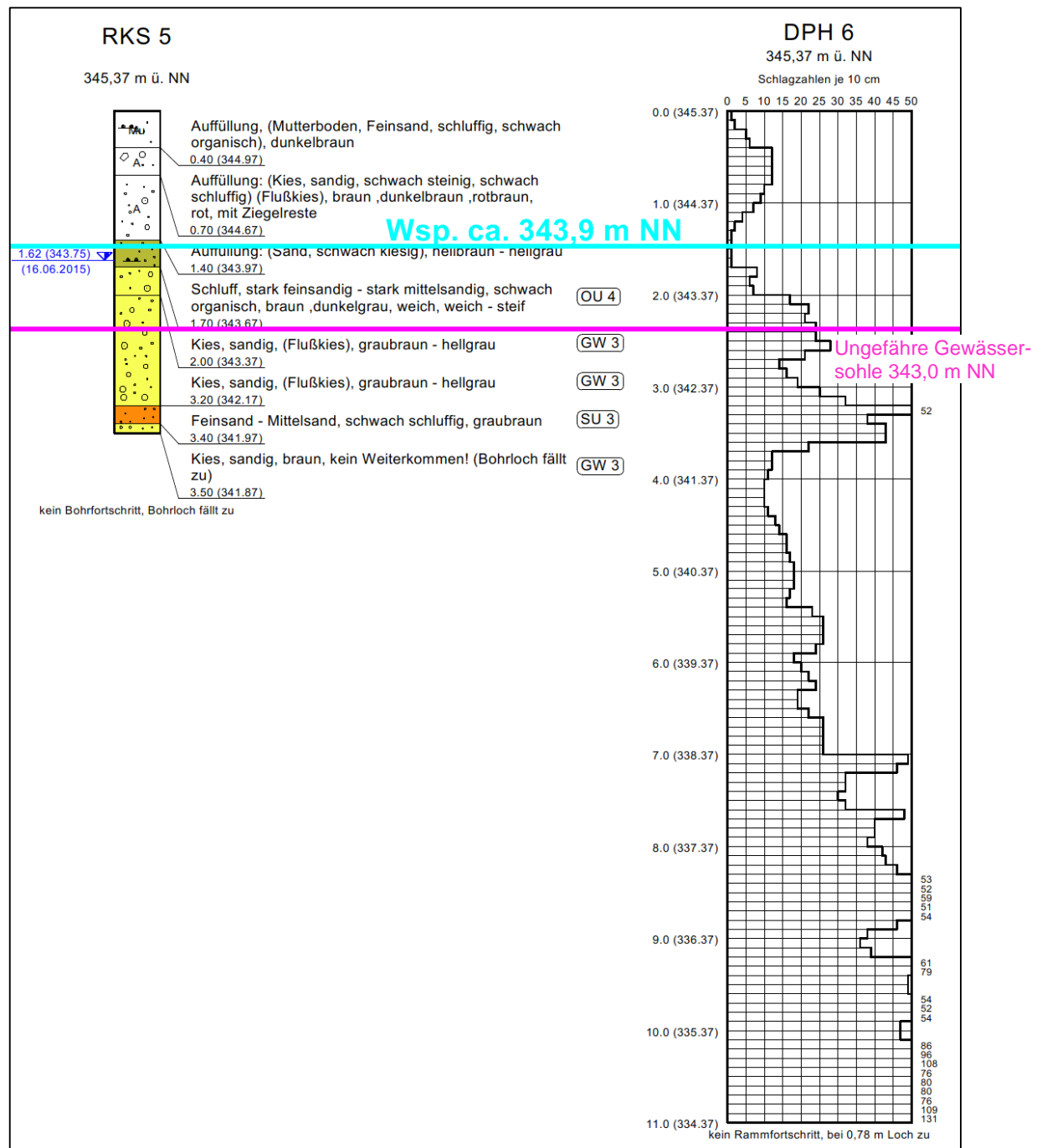


Bild 11: RKS 5 und DPH 6, gemäß Baugrundgutachten

## 1.7 Gründung / Bettung

### HWS-Mauer

Gegründet wird die Hochwasserschutzmauer in diesem Bereich mit einer überschnittenen Bohrpfahlwand und Kopfbalken. Der Durchmesser eines Bohrpfahls wurde zu 90 cm und der Überschnitt der Bohrpfähle zu 15 cm gewählt. Es sind allgemein die Vorgaben des Baugrundgutachten, Kapitel 11.5, zu beachten.

Die Bemessung der Bohrpfähle erfolgt für einen horizontalen Bettungsmodul  $k_{sh} = E_{s,k} / d$  für eine rechnerische max. charakteristische Horizontalverschiebung von 2,0 cm oder  $0,03 \cdot d_s$ .

$E_{s,k}$                       Steifemodul

$d$                          Pfahlschaftdurchmesser

Gemäß Bodengutachten ist für die Bohrpfähle ein mittleres Bettungsmodul von  $k_{sh} = 200-300/d$  für verwitterten Fels und  $k_{sh} = 50-100/d$  für mitteldicht gelagerten Sand, Kies und Felszersatz anzusetzen. Auf der sicheren Seite werden die unteren Grenzwerte gewählt.

Daraus ergibt sich für einen Bohrpfahldurchmesser von 90 cm folgendes mittleres Bettungsmodul:

$$k_{sh, \text{Sand}} = 50 / 0,90 \text{ m} = 55,6 \text{ kN/m}^3$$

$$k_{sh, \text{Fels}} = 200 / 0,90 \text{ m} = 222,2 \text{ kN/m}^3$$

Der Kopfbalken ist 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.

### Betriebsgebäude

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

Für das Bettungsmodul im Bereich der Bodenplatte wird ein Wert von  $10 \text{ MN/m}^3$  angenommen. Dieser Wert wird im Zuge der Genehmigungsplanung mit dem Baugrundgutachter abgestimmt.

## 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 die Hochwasserschutzmauer 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: 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.

**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 <sup>1) 2)</sup>	≥ 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 Entwurfsgrundsatz <b>b</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	$\leq 10$	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
<sup>a</sup> $h_w$ = Druckhöhe des Wassers in m; $h_b$ = Bauteildicke in m			
<sup>b</sup> 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 ( $r < 0,30$ ) <sup>1) 2)</sup>	– <sup>3)</sup>	$0,60f_{ctm}$	$0,70f_{ctm}$ <sup>4)</sup>	$0,80f_{ctm}$ <sup>4)</sup>
2	mittel ( $r < 0,50$ ) <sup>1)</sup>	$0,65f_{ctm}$	$0,75f_{ctm}$	$0,85f_{ctm}$	$0,95f_{ctm}$
3	schnell ( $r \geq 0,50$ ) <sup>1)</sup>	$0,80f_{ctm}$	$0,90f_{ctm}$	$1,0f_{ctm}$	$1,00f_{ctm}$

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> 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.

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

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

Bild 12: Auszug aus DBV-Merkblatt „Rissbildung“



## 4 Rissbreitenbemessung

### 4.1 Hochwasserschutzmauer

#### 4.1.1 Kopfbalken (d = 100 cm)

Expositionsklassen: XC2, XD2, XA2, WF, WU

Betongüte: C35/45, Betondeckung: 60 mm

Zulässige Rissbreite:  $w_k = 0,20$  mm

**In Längs- und Querrichtung:**

Rissbreite [mm]	Bauteildicke [cm]	früher / später Zwang	$K_{c,t}$ [ - ]	$A_{s, erforderlich}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s, gewählt}$
0,20 mm	100 cm	früher Zwang	0,77	40,1	Ø 25 / 12,0 = 40,9 cm <sup>2</sup> /m

In den hochbelasteten Bereichen werden gemäß Ergebnisgrafik Zulageeisen vorgesehen.

Geschätzter Bewehrungsgehalt: 190 kg/m<sup>3</sup>

#### 4.1.2 HWS-Mauer (d = 40 cm)

Expositionsklassen: XC4, XD1, XF2, XA2, WF, WU

Betongüte: C35/45, Betondeckung: 60 mm

Zulässige Rissbreite:  $w_k = 0,20$  mm

**In Horizontalrichtung:**

Rissbreite [mm]	Bauteildicke [cm]	früher / später Zwang	$K_{c,t}$ [ - ]	$A_{s, erforderlich}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s, gewählt}$
0,20 mm	40 cm	früher Zwang	0,69	20,1	Ø 20 / 12,5 = 25,1 cm <sup>2</sup> /m

In den hochbelasteten Bereichen werden gemäß Ergebnisgrafik Zulageeisen vorgesehen.

Geschätzter Bewehrungsgehalt: 280 kg/m<sup>3</sup>

## 4.2 Betriebsgebäude

### 4.2.1 Bodenplatte (d = 50 cm)

Expositionsklassen: XC4, XF3, XA2, WF  
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 <sup>2</sup> /m]	$A_{s, gewählt}$
0,30 mm	50 cm	später Zwang	1,0	22,7	Ø 20 / 12,5 = 25,1 cm <sup>2</sup> /m

In den hochbelasteten Bereichen werden gemäß Ergebnisgrafik Zulageeisen vorgesehen.  
Geschätzter Bewehrungsgehalt: 230 kg/m<sup>3</sup>

### 4.2.2 Außenwände (d = 30 cm)

Expositionsklassen: XC4, XD1, XF2, WF  
Betongüte: C35/45, Betondeckung: 60 mm  
Zulässige Rissbreite:  $w_k = 0,20$  mm

#### In Horizontalrichtung:

Rissbreite [mm]	Bauteildicke [cm]	früher / später Zwang	$K_{c,t}$ [ - ]	$A_{s, erforderlich}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s, gewählt}$
0,20 mm	30 cm	später Zwang	1,0	17,5	Ø 16 / 11,5 = 17,5 cm <sup>2</sup> /m
0,20 mm	30 cm	früher Zwang	0,69	13,2	Ø 14 / 11,5 = 13,4 cm <sup>2</sup> /m

In den hochbelasteten Bereichen werden gemäß Ergebnisgrafik Zulageeisen vorgesehen.  
Geschätzter Bewehrungsgehalt: 230 kg/m<sup>3</sup>

### 4.2.3 Deckenplatte EG (d = 30 cm)

Expositionsklassen: XC4, XD2, XF4, WF  
Betongüte: C30/37 (LP), Betondeckung: 60 mm  
Zulässige Rissbreite:  $w_k = 0,20$  mm

#### In Horizontalrichtung:

Rissbreite [mm]	Bauteildicke [cm]	früher / später Zwang	$K_{c,t}$ [ - ]	$A_{s, erforderlich}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$A_{s, gewählt}$
0,20 mm	30 cm	später Zwang	1,0	17,0	Ø 16 / 11,5 = 17,5 cm <sup>2</sup> /m

In den hochbelasteten Bereichen werden gemäß Ergebnisgrafik Zulageeisen vorgesehen.  
Geschätzter Bewehrungsgehalt: 260 kg/m<sup>3</sup>

#### 4.2.4 Deckenplatte OG (d = 25 cm)

Expositionsklassen: XC4, XF1, WF  
Betongüte: C25/30, Betondeckung: 45 mm  
Zulässige Rissbreite:  $w_k = 0,20$  mm

##### In Längs- und Querrichtung:

Rissbreite [mm]	Bauteildicke [cm]	früher / später Zwang	$K_{c,t}$ [ - ]	$A_s$ , erforderlich [cm <sup>2</sup> /m]	$A_s$ , gewählt
0,20 mm	25 cm	früher Zwang	0,65	9,2	Ø 12 / 12,0 = 9,4 cm <sup>2</sup> /m

In den hochbelasteten Bereichen werden gemäß Ergebnisgrafik Zulageeisen vorgesehen.  
Geschätzter Bewehrungsgehalt: 170 kg/m<sup>3</sup>

#### 4.3 Zusammenfassung der verwendeten Betonsorten

Es wurden noch keine Betonsorten gewählt.

## **5 Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen**

Die Hochwasserschutzmauer sowie das Betriebsgebäude werden als nicht auftriebsgefährdet eingestuft. Der Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen wird nicht geführt.

## 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 Hochwasserschutzmauer

In der Entwurfsstatik wird bei der Bemessung der Hochwasserschutzmauer davon ausgegangen, dass die Herstellung der HWS-Mauer und des anstehenden Betriebsgebäudes in kurzer zeitlicher Abfolge erfolgt. Zudem wird davon ausgegangen, dass beide Bauwerke nur zusammen bestehen und nicht unabhängig voneinander rückgebaut werden.

Luftseitig auftretende Lasten werden über die HWS-Mauer ins Betriebsgebäude eingeleitet und dort abgetragen. Erdseitig auftretende Lasten werden direkt über das Betriebsgebäude abgetragen. Aus diesem Grund wirken in diesem Bereich nur Wind- und Temperaturlasten auf die HWS-Mauer.

#### 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: Windlast

Die Lasten durch Windbeanspruchung werden mithilfe des Programms „Frilo“ ermittelt und in den Anhang „Anlage 1“ beigefügt.

#### 6.1.3 Lastfälle 3 und 4: Temperaturgradient $\Delta T_G$ 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:

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

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  $\Delta T_M$  und  $\Delta T_G$  mit einem Lastfaktor von  $1 / 1,35 = 0,74$  eingegeben.

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

Bei einem Wasserstand auf Höhe des Stauziels (Wasserspiegel bei 345,90 m ü. NN) wird die Temperaturänderung nur auf den Bauteilen angesetzt, die aus dem Gelände bzw. aus der Wasseroberfläche herausragen.

#### 6.1.4 Lastfälle 5 und 6: Temperaturgradient $\Delta T_G$ bei Wasserstand Stauziel

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

Temperaturgradient  $\Delta T_G$  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  $\Delta T_M$  und  $\Delta T_G$  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 Einwirkungen Betriebsgebäude

#### 6.2.1 Lastfall 1: Eigengewicht

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

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

#### 6.2.2 Lastfall 2: Erdruchedruck im Bereich der Wegerampe

Im Bereich der Wegerampe liegt die HWS-Mauer am Betriebsgebäude an und leitet somit die Erddruckkräfte in das Betriebsgebäude weiter.

Randbedingungen:

Oberkante Auffüllung: 349,25 m ü. NN

Unterkante Bodenplatte: 345,54 m ü. NN

Gemäß Baugrundgutachten Kap. 11.10 wird von einer Hinterfüllung mit dem folgenden Bodenmaterial ausgegangen:

– Wichte:  $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$

– Reibungswinkel:  $\phi' = 35^\circ$

Zusätzliche Annahmen:

– Wichte unter Auftrieb:  $\gamma' = 11 \text{ kN/m}^3$

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

– Kohäsion:  $c = 0$

Erddruck:

$$\Delta h_1 = 349,25 - 345,54 = 3,71 \text{ m}$$

$$\sigma_{v,e1} = \Delta h_1 \cdot \gamma = 3,71 \cdot 21,0 = 77,9 \text{ kN/m}^2$$

Mit einem Seitendruckbeiwert von  $k_0 = 1 - \sin \varphi = 0,43$  ergibt sich daraus ein Wert von:

$$\sigma_{h1} = \sigma_{v,e1} \cdot k_0 = 77,9 \cdot 0,43 = 33,5 \text{ kN/m}^2 \quad \approx \underline{35,00 \text{ kN/m}^2}$$

$$\Delta h_2 = 346,85 - 345,54 = 1,31 \text{ m}$$

$$\sigma_{v,e2} = \Delta h_2 \cdot \gamma = 1,31 \cdot 21,0 = 27,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{h2} = \sigma_{v,e2} \cdot k_0 = 27,5 \cdot 0,43 = 11,8 \text{ kN/m}^2 \quad \approx \underline{15,00 \text{ kN/m}^2}$$

### 6.2.3 Lastfall 3: Erddruck infolge Verkehrslast eines SLW 30

Es wird für den Fall einer Befahrung des Bauwerks mittels Räumfahrzeug oder Vergleichbarem eine Verkehrslast eines SLW 30 auf die Rampe angesetzt.

Vertikallast:

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

Horizontallast:

$$p_h = p_v \cdot k_0 = 16,7 \cdot 0,43 = \underline{7,2 \text{ kN/m}^2}$$

Im Falle höherer Punktlasten müssen diese über Lastverteilplatten dezentriert werden.

### 6.2.4 Lastfall 4: Wasserdruck HQ<sub>100+15%</sub>

Es wird der Wasserstand eines HQ<sub>100+15%</sub> angesetzt. Dieser liegt gemäß Planung bei 348,64 m ü. NN. Er wird als Differenzwasserdruck zum Mittelwasserstand bzw. bis zur Unterkante des Bauwerks angesetzt:

$$348,64 - 345,50 = 3,14 \text{ m}$$

### 6.2.5 Lastfall 5-7: Nutzlast EG

Aufgrund der teilweise noch unklaren Nutzung der Räumlichkeiten werden auf der sicheren Seite liegend erhöhte Lasten auf die Bodenplatte des Betriebsgebäudes angesetzt.

$$q_k = 10 \text{ kN/m}^2$$

### 6.2.6 Lastfall 8: Verkehrslast SLW 30 auf Verkehrsfläche

Es wird für den Fall einer Befahrung des Bauwerks mittels Räumfahrzeug oder Vergleichbarem eine Verkehrslast eines SLW 30 auf die Deckenplatte angesetzt.

Vertikallast:

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

Über diesen Lastfall sind auch weitere Verkehrslasten (z.B. aus Personenverkehr) und Nutzlasten (z.B. als Abstellfläche) abgedeckt.

#### 6.2.7 Lastfall 9: Nutzlast OG

Aufgrund der teilweise schweren Einbauten werden auf der sicheren Seite liegend erhöhte Lasten im Elektroraum angesetzt.

$$q_k = 10 \text{ kN/m}^2$$

#### 6.2.8 Lastfall 10: Schneelast

Die Lasten durch Schneebeanspruchung werden mithilfe des Programms „Frilo“ ermittelt und in den Anhang „Anlage 1“ beigelegt.

#### 6.2.9 Lastfälle 11 und 12: Temperaturgradient $\Delta T_G$

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:

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

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

#### 6.2.10 Lastfälle 13 und 14: Temperaturgradient $\Delta T_G$

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

$$\begin{aligned} \text{Temperaturgradient } \Delta T_G \text{ linear über die Bauteildicke: } \Delta T_{G,\text{Sommer}} &= +30 \text{ K} \\ \Delta T_{G,\text{Winter}} &= -30 \text{ K} \end{aligned}$$

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  $\Delta T_M$  und  $\Delta T_G$  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.

### 6.3 Erdbeben

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



#### **6.4 Bemessungssituationen / Teilsicherheitsbeiwerte**

Die Bemessungssituationen und die zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte wurden programmintern angesetzt.

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

#### **6.5 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  $\gamma_G = 1,35$  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 der Hochwasserschutzwand sowie des Betriebsgebäudes sind keine besonderen Bauzustände zu bemessen.

### **7.2      Baugruben**

Die Bemessung der Baugruben der Hochwasserschutzwand sowie des Betriebsgebäudes werden falls notwendig in einer separaten Statik geführt.

## **8 Hinweise für die weitere Planung und die Bauausführung**

- Bodenaustausch

Unterhalb der Kopfbalken sowie 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

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).

Bauteil	Bauteildicke	Bew.gehalt
Kopfbalken	d = 100 cm	190 kg/m <sup>3</sup>
HWS-Mauer	d = 40 cm	280 kg/m <sup>3</sup>
Bohrpfähle	d = 90 cm	110 kg/m <sup>3</sup>

Tabelle 4: geschätzte Bewehrungsgehalte HWS-Mauer

Bauteil	Bauteildicke	Bew.gehalt
Bodenplatte	d = 50 cm	230 kg/m <sup>3</sup>
Außenwände	d = 30 cm	230 kg/m <sup>3</sup>
Deckenplatte EG	d = 30 cm	260 kg/m <sup>3</sup>
Deckenplatte OG	d = 25 cm	170 kg/m <sup>3</sup>

Tabelle 5: geschätzte Bewehrungsgehalte Betriebsgebäude

## **10      Anlagenverzeichnis**

### **10.1    Anlage 1: Berechnungen „Frilo“**

- 1.1    Windbeanspruchung HWS-Mauer
- 1.2    Schneebeanspruchung Betriebsgebäude

**Position: Windlast auf HWS Mauer**

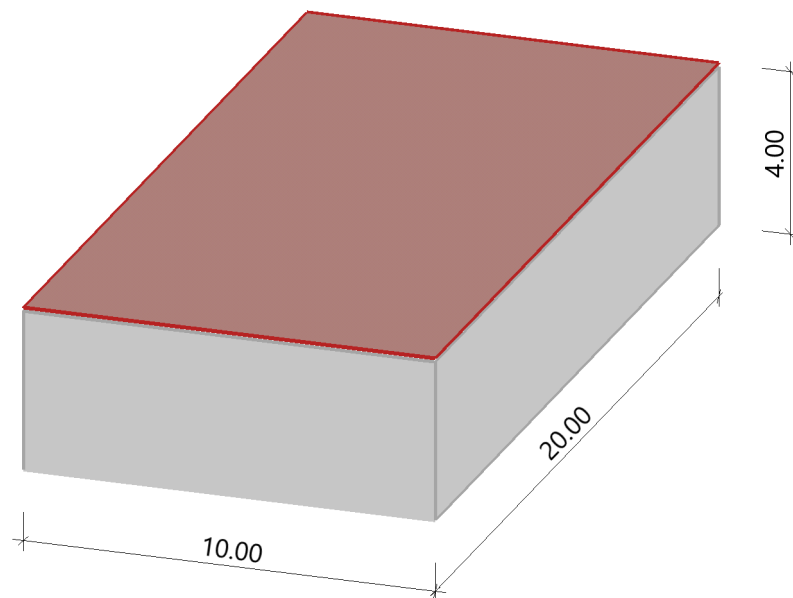
Lasten aus Wind und Schnee LWS+ 02/20D (FRILO R-2020-2/P12)

**System****Basiswerte**

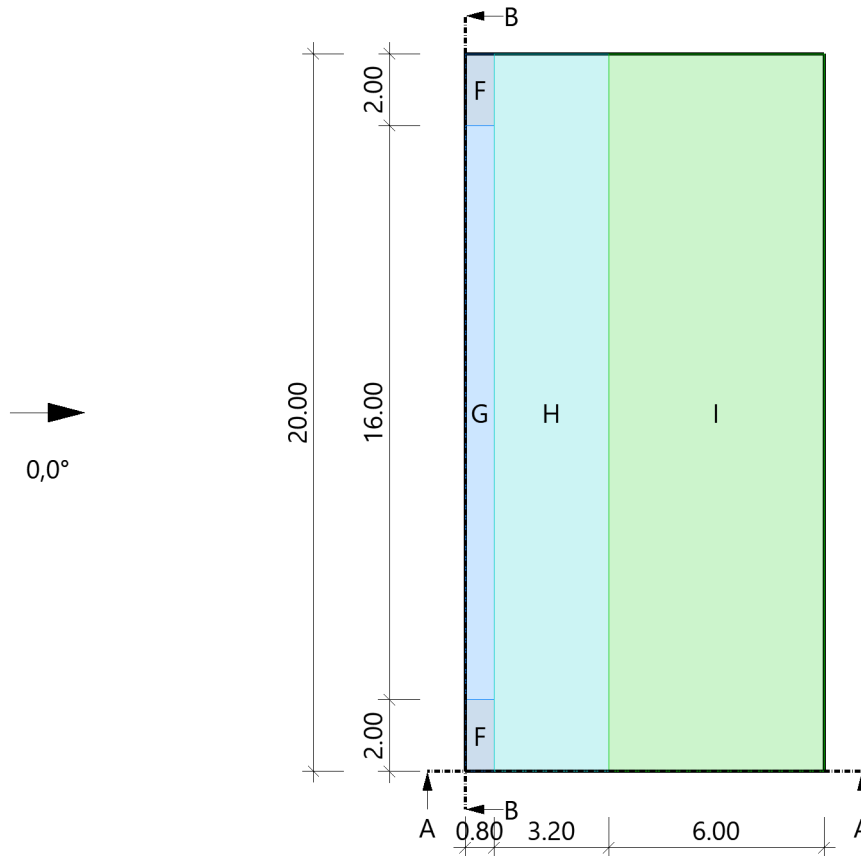
Land		Deutschland
Schnee-Norm	DIN EN 1991-1-3/NA:2010-12	
Wind-Norm	DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12	
Gemeinde		93149 Nittenau
Geländehöhe	hNN =	413.00 m
Klimaregion		Zentral-Ost
Schneezone		2
Windzone		1
Geländekategorie		Mischkategorie Binnenland

**Beiwerte**Faktor für Schneetraufast  $k = 0.40$ **Geometrie Flachdach**

Gebäudehöhe	$h = 4.00$	m
Gebäudelänge	$l = 20.00$	m
Gebäudebreite	$b = 10.00$	m
mit Flachdach - scharfkantig		
Dachneigung	$\alpha_{li} = 0.0$	°
Überstand	$\ddot{u}_{li} = 0.00$	m
	$\ddot{u}_{re} = 0.00$	m
Überstand	$\ddot{u}_1 = 0.00$	m
	$\ddot{u}_2 = 0.00$	m
Dachbreite/länge	$dx = 10.00$	m
	$dy = 20.00$	m

**Grafik****Lasten**

Bodenschneelast	$s_k = 1.26$	kN/m <sup>2</sup>
Basiswindgeschwindigkeit	$v_{b0} = 22.5$	m/s
Basisgeschwindigkeitsdruck	$q_{b0} = 0.32$	kN/m <sup>2</sup>
Referenzhöhe	$z_e = 4.00$	m
Geschwindigkeitsstaudruck	$q_p(h,0) = 0.48$	kN/m <sup>2</sup>
Geschwindigkeitsstaudruck	$q_p(h,90) = 0.48$	kN/m <sup>2</sup>

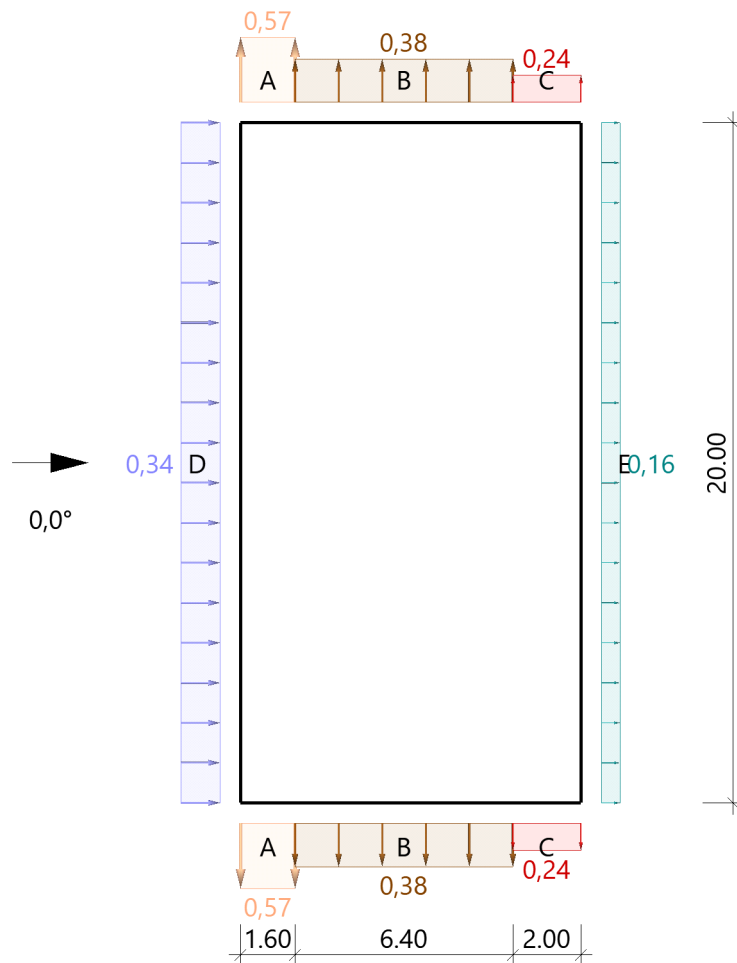
**Ergebnisse****Wind****Grafik, 0°, Draufsicht****Tabelle, 0°, Draufsicht**Referenzeinflußbreite  $e = 8,00 \text{ m}$ 

Bereich	Bauteil	$C_{pe,10+}$	$C_{pe,10-}$	$C_{pe,1+}$	$C_{pe,1-}$	$W_{e,10+}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$W_{e,10-}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$W_{e,1+}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$W_{e,1-}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$l_x$ [m]	$l_y$ [m]
F	DF	0.00	-1.80	0.00	-2.50	0.00	-0.86	0.00	-1.20	0.80	2.00
G	DF	0.00	-1.20	0.00	-2.00	0.00	-0.57	0.00	-0.96	0.80	16.00
H	DF	0.00	-0.70	0.00	-1.20	0.00	-0.34	0.00	-0.57	3.20	20.00
I	DF	0.20	-0.60	0.20	-0.60	0.10	-0.29	0.10	-0.29	6.00	20.00

Alle Werte sind charakteristische Werte.

An Überständen sind als Windunterströmungen immer die Werte der angrenzenden Wandfläche anzusetzen.

## Grafik, 0°, Schnitt durch die Wände



Lasteinzugsfläche für die grafische Darstellung = 10.00 m<sup>2</sup>

## Tabelle, 0°, Schnitt durch die Wände

Referenzeinflußbreite  $e = 8.00$  m

Verhältnis  $h/d = 0.400$

$h/b = 0.200$

$d/b = 0.500$

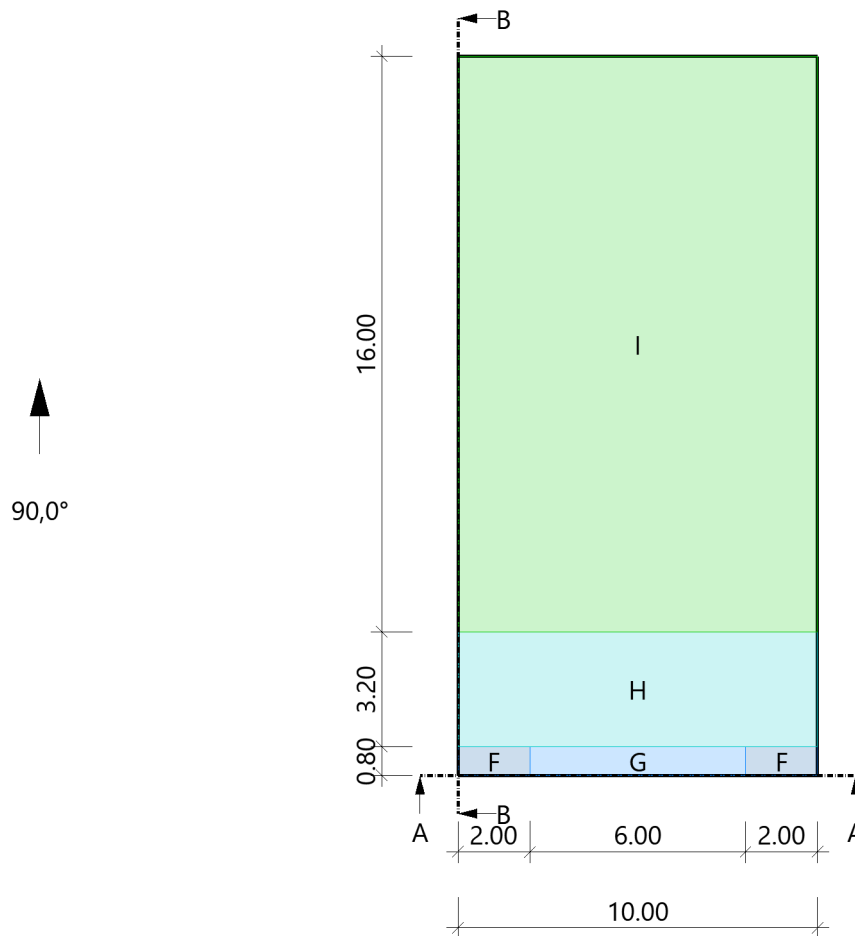
Bereich	Bauteil	$C_{pe,10+}$	$C_{pe,10-}$	$C_{pe,1+}$	$C_{pe,1-}$	$W_{e,10+}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$W_{e,10-}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$W_{e,1+}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$W_{e,1-}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$l_x$ [m]	$l_y$ [m]
D	Wand links	0.72	0.00	1.00	0.00	0.34	0.00	0.48	0.00		20.00
E	Wand rechts	0.00	-0.34	0.00	-0.50	0.00	-0.16	0.00	-0.24		20.00
A	Wand vorne <sup>1</sup>	0.00	-1.20	0.00	-1.40	0.00	-0.57	0.00	-0.67	1.60	
B	Wand vorne <sup>1</sup>	0.00	-0.80	0.00	-1.10	0.00	-0.38	0.00	-0.53	6.40	
C	Wand vorne <sup>1</sup>	0.00	-0.50	0.00	-0.50	0.00	-0.24	0.00	-0.24	2.00	

Alle Werte sind charakteristische Werte.

1 : Wand hinten enthält die gleichen Werte



## Grafik, 90°, Draufsicht



## Tabelle, 90°, Draufsicht

Referenzeinflußbreite  $e = 8.00 \text{ m}$ 

Bereich	Bauteil	$C_{pe,10+}$	$C_{pe,10-}$	$C_{pe,1+}$	$C_{pe,1-}$	$W_{e,10+}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$W_{e,10-}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$W_{e,1+}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$W_{e,1-}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$l_x$ [m]	$l_y$ [m]
F	DF	0.00	-1.80	0.00	-2.50	0.00	-0.86	0.00	-1.20	2.00	0.80
G	DF	0.00	-1.20	0.00	-2.00	0.00	-0.57	0.00	-0.96	6.00	0.80
H	DF	0.00	-0.70	0.00	-1.20	0.00	-0.34	0.00	-0.57	10.00	3.20
I	DF	0.20	-0.60	0.20	-0.60	0.10	-0.29	0.10	-0.29	10.00	16.00

Alle Werte sind charakteristische Werte.

An Überständen sind als Windunterströmungen immer die Werte der angrenzenden Wandfläche anzusetzen.

1 : Wand rechts enthält die gleichen Werte

**Position: Schneelast**

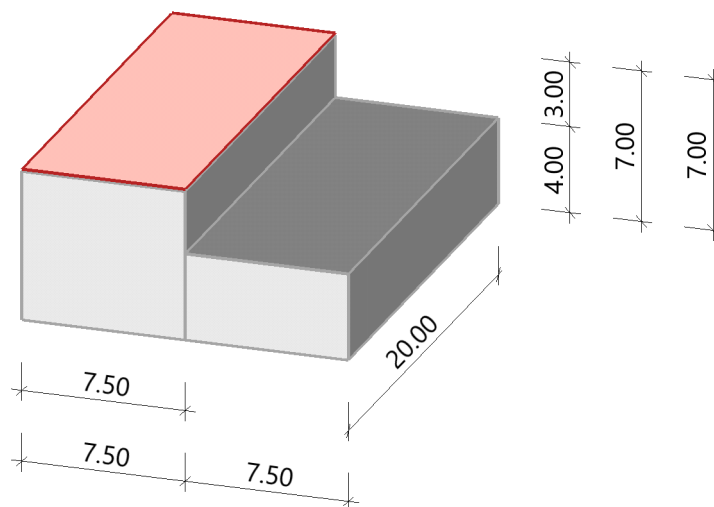
Lasten aus Wind und Schnee LWS+ 02/20D (FRILO R-2020-2/P12)

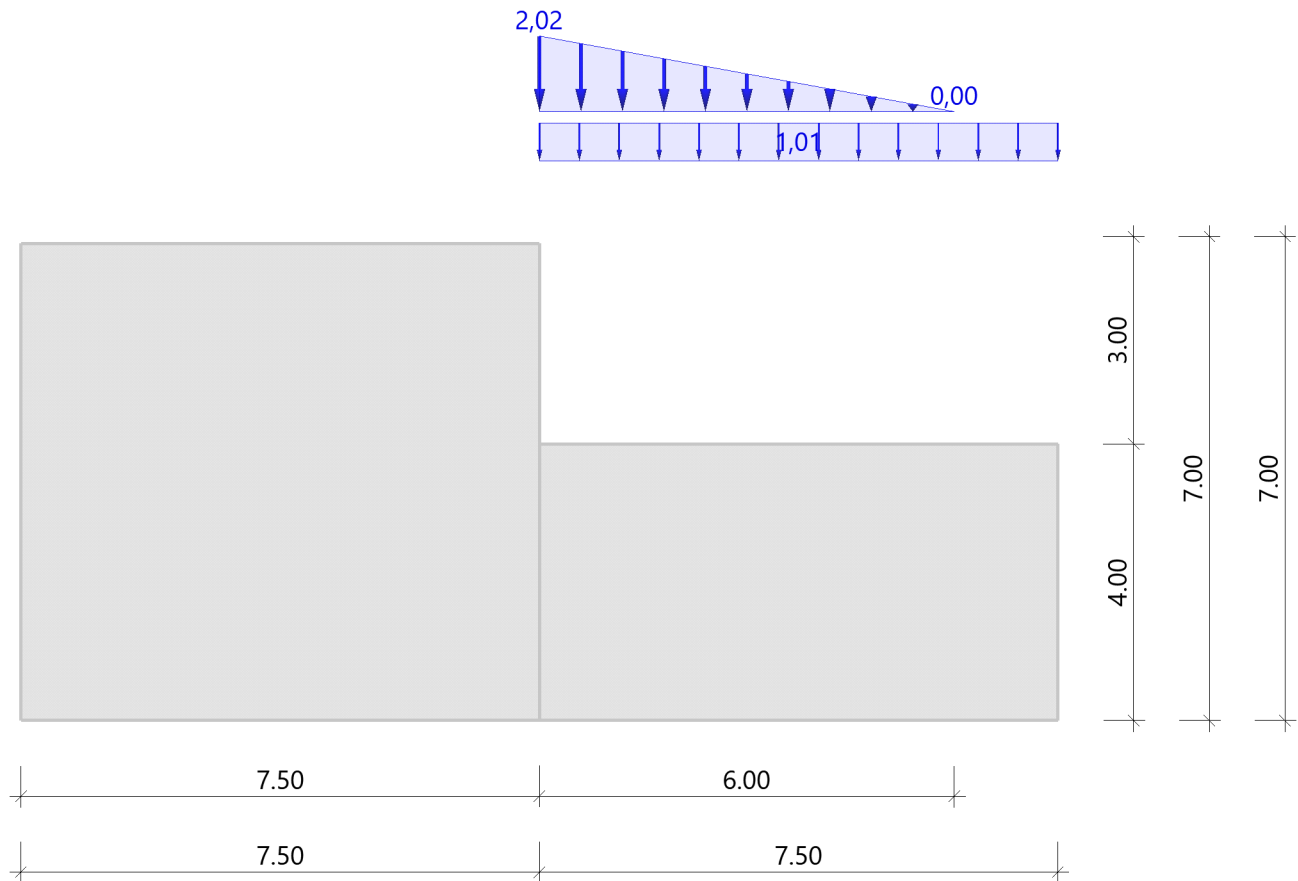
**System****Basiswerte**

Land		Deutschland
Schnee-Norm	DIN EN 1991-1-3/NA:2010-12	
Gemeinde	93149 Nittenau	
Geländehöhe h <sub>NN</sub>	=	413.00 m
Klimaregion	Zentral-Ost	
Schneezone		2

**Beiwerte**Faktor für Schneetraulast  $k = 0.40$ **Geometrie Höhengsprung**

Gebäudehöhe	$h =$	7.00 m
Gebäudebreite	$b =$	7.50 m
Gebäuelänge	$l =$	20.00 m
wirksame Breite	$b_3 =$	7.50 m
Dachneigung	$\alpha_D =$	0.0 °
Traufhöhe	$h_t =$	7.00 m
Anbauhöhe	$h_2 =$	4.00 m
Anbaubreite	$b_2 =$	7.50 m
Höhengsprung	$h =$	3.00 m

**Grafik****Lasten**Bodenschneelast  $s_k = 1.26 \text{ kN/m}^2$

**Ergebnisse****Schnee****Grafik****Tabelle**

Sit	$\mu_s$	$\mu_w$	$\mu_2^1$	$\mu_1$	$s_2^2$ [kN/m²]	$s_1$ [kN/m²]	$\Delta s_2^3$ [kN/m²]	$L_s$ [m]
P/T	0.00	2.50	2.40	0.80	3.03	1.01	2.02	6.00

Alle Werte sind charakteristische Werte.

Sit: P/T=persistent/transient, excp=exceptional

- 1 :  $\mu_2 = \mu_s + \mu_w$   
 2 :  $s_2 = \mu_2 \cdot s_k$   
 3 :  $\Delta s_2 = s_2 - s_1$

## 10.2 Anlage 2: Rissbreitenbemessung

### Hochwasserschutzmauer:

- 2.1 Rissbreitenbemessung C35/45,  $d = 100 \text{ cm}$ ,  $w_k = 0,20 \text{ mm}$ , früher Zwang
- 2.2 Rissbreitenbemessung C35/45,  $d = 40 \text{ cm}$ ,  $w_k = 0,20 \text{ mm}$ , früher Zwang

### Betriebsgebäude:

- 2.3 Rissbreitenbemessung C35/45,  $d = 50 \text{ cm}$ ,  $w_k = 0,30 \text{ mm}$ , später Zwang
- 2.4 Rissbreitenbemessung C35/45,  $d = 30 \text{ cm}$ ,  $w_k = 0,20 \text{ mm}$ , später Zwang
- 2.5 Rissbreitenbemessung C35/45,  $d = 30 \text{ cm}$ ,  $w_k = 0,20 \text{ mm}$ , früher Zwang
- 2.6 Rissbreitenbemessung C30/37,  $d = 30 \text{ cm}$ ,  $w_k = 0,20 \text{ mm}$ , später Zwang
- 2.7 Rissbreitenbemessung C25/30,  $d = 25 \text{ cm}$ ,  $w_k = 0,20 \text{ mm}$ , früher Zwang

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

Geforderte Rissbreite $w_k$ =	0,2 mm	
Bauteildicke $h$ =	100 cm	
Betondeckung $c_{nom}$ =	6,0 cm	
Betongüte	C35/45 -	
Langsam erhärtender Beton?	Nein -	"Ja" für $r < 0,30$ , sonst "Nein"
Stabdurchmesser Bügel $d_{sh}$ =	20 mm	
Stabdurchmesser Längsbew. $d_{sl}$ =	25 mm	
Stahlspannung $f_{yk}$ =	500 N/mm <sup>2</sup>	
$k_{c,t}$ =	0,77 -	$k_{c,t} = 0,65-1,0$ für frühen Zwang, $k_{c,t} = 1,0$ für späten Zwang
$f_{ctm}$ =	3,2 N/mm <sup>2</sup>	aus Tabelle rechts
Angesetzte Betonzugfestigkeit:	2,464 N/mm <sup>2</sup>	=> Angabe auf dem Bewehrungsplan
$k_c$ =	1,00 -	$k_c = 1,0$ für zentrischen Zwang
$k$ =	0,50 -	$k = 0,8$ für $d = 30$ cm $k = 0,5$ für $d = 80$ cm, dazwischen wird interpoliert
$f_{ct,eff}$ =	2,46 N/mm <sup>2</sup>	$f_{ct,eff} = k_{c,t} * f_{ctm}$ , aber für $k_c = 1,0$ ist $f_{ct,eff} \geq 3,0$ N/mm <sup>2</sup>
$A_{ct}$ =	0,5 m <sup>2</sup>	$A_{ct}$ = halbe Bauteilfläche
Statische Nutzhöhe $d$ =	90,75 cm	$d = h - c_{nom} - d_{sh} - d_{sl}/2 =$
Abstand der Längsbew. $d_1$ =	9,25 cm	$d_1 = h - d =$
$\phi_s^*(1) =$	43,5 mm	$\phi_s^*(1) = d_{sl} * 8 * (h-d) / (k_c * k * h_{cr}) * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^*(2) =$	29,4 mm	$\phi_s^*(2) = d_{sl} * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^* =$	29,4 mm	$\phi_s^* = \text{Minimum}(\phi_s^*(1); \phi_s^*(2))$
$\sigma_s =$	154 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s = \text{WURZEL}(w_k * 3,48 * 10^6 / \phi_s^*)$ (aus Tabelle 7.2DE)
$h / d_1 =$	10,8 -	
$h_{c,eff} / d_1 =$	3,08 -	$h_{c,eff} / d_1 = 2,5$ für $h/d_1 = 5$ $h_{c,eff} / d_1 = 5,0$ für $h/d_1 = 30$ , dazwischen wird interpoliert
$h_{c,eff} =$	28,5 cm	$h_{c,eff} = h_{c,eff} / d_1 * d_1$
$As(1) =$	40,1 cm <sup>2</sup> /m	$As(1) = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$ (Trennriss für dünne Bauteile)
$As(2.1) =$	45,7 cm <sup>2</sup> /m	$As(2.1) = f_{ct,eff} * A_{c,eff} / \sigma_s$ (Sekundärriss)
$As(2.2) =$	12,3 cm <sup>2</sup> /m	$As(2.2) = k * f_{ct,eff} * A_{ct} / f_{yk}$ (Primärriss)
$As(2) =$	45,7 cm <sup>2</sup> /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)
<b><math>A_{s,erforderlich} =</math></b>	<b>40,1 cm<sup>2</sup>/m</b>	<b><math>A_{s,erforderlich} = \text{Minimum}(As(1); As(2))</math></b>

Zugehörige Tabellen:

$f_{ctm}$	$k_{c,t} < 1$	$k_{c,t} = 1$	
C20/25	2,2	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C25/30	2,6	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C30/37	2,9	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C35/45	3,2	3,2	N/mm <sup>2</sup>
C40/50	3,5	3,5	N/mm <sup>2</sup>
C45/55	3,8	3,8	N/mm <sup>2</sup>
C50/60	4,1	4,1	N/mm <sup>2</sup>
C55/67	4,2	4,2	N/mm <sup>2</sup>
C60/75	4,4	4,4	N/mm <sup>2</sup>
C70/85	4,6	4,6	N/mm <sup>2</sup>

	langsam	mittel	schnell
$h$	$k_{c,t}$	$k_{c,t}$	$k_{c,t}$
30 cm	-	0,65	0,80
35 cm	-	0,66	0,81
40 cm	-	0,67	0,82
45 cm	-	0,68	0,83
50 cm	-	0,69	0,84
55 cm	-	0,70	0,85
60 cm	-	0,71	0,86
65 cm	-	0,72	0,87
70 cm	-	0,73	0,88
75 cm	-	0,74	0,89
80 cm	0,60	0,75	0,90
100 cm	0,62	0,77	0,92
120 cm	0,63	0,79	0,93
140 cm	0,65	0,80	0,95
160 cm	0,67	0,82	0,97
180 cm	0,68	0,84	0,98
200 cm	0,70	0,85	1,00

8	0,503	cm <sup>2</sup>
10	0,785	cm <sup>2</sup>
12	1,13	cm <sup>2</sup>
14	1,54	cm <sup>2</sup>
16	2,01	cm <sup>2</sup>
17	2,26	cm <sup>2</sup>
20	3,14	cm <sup>2</sup>
23	4,02	cm <sup>2</sup>
25	4,91	cm <sup>2</sup>
28	6,16	cm <sup>2</sup>

4,91

Ø 25 / 12,3

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

Geforderte Rissbreite $w_k$ =	0,2 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. $d_{sl}$ =	20 mm	
Stahlspannung $f_{yk}$ =	500 N/mm <sup>2</sup>	
$k_{c,t}$ =	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 <sup>2</sup>	aus Tabelle rechts
Angesetzte Betonzugfestigkeit:	2,208 N/mm <sup>2</sup>	=> 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
$f_{ct,eff}$ =	2,21 N/mm <sup>2</sup>	$f_{ct,eff} = k_{c,t} * f_{ctm}$ , aber für $k_c = 1,0$ ist $f_{ct,eff} \geq 3,0$ N/mm <sup>2</sup>
$A_{ct}$ =	0,2 m <sup>2</sup>	$A_{ct}$ = halbe Bauteilfläche
Statische Nutzhöhe $d$ =	31,4 cm	$d = h - c_{nom} - d_{sh} - d_{sl}/2 =$
Abstand der Längsbew. $d_1$ =	8,6 cm	$d_1 = h - d =$
$\phi_s^*(1) =$	61,1 mm	$\phi_s^*(1) = d_{sl} * 8 * (h-d) / (k_c * k * h_{cr}) * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^*(2) =$	26,3 mm	$\phi_s^*(2) = d_{sl} * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^* =$	26,3 mm	$\phi_s^* = \text{Minimum}(\phi_s^*(1); \phi_s^*(2))$
$\sigma_s =$	163 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s = \text{WURZEL}(w_k * 3,48 * 10^6 / \phi_s^*)$ (aus Tabelle 7.2DE)
$h / d_1 =$	4,7 -	
$h_{c,eff} / d_1 =$	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
$h_{c,eff} =$	21,5 cm	$h_{c,eff} = h_{c,eff} / d_1 * d_1$
$As(1) =$	20,1 cm <sup>2</sup> /m	$As(1) = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$ (Trennriss für dünne Bauteile)
$As(2.1) =$	29,2 cm <sup>2</sup> /m	$As(2.1) = f_{ct,eff} * A_{c,eff} / \sigma_s$ (Sekundärriss)
$As(2.2) =$	6,5 cm <sup>2</sup> /m	$As(2.2) = k * f_{ct,eff} * A_{ct} / f_{yk}$ (Primärriss)
$As(2) =$	29,2 cm <sup>2</sup> /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)
<b><math>A_{s,erforderlich} =</math></b>	<b>20,1 cm<sup>2</sup>/m</b>	<b><math>A_{s,erforderlich} = \text{Minimum}(As(1); As(2))</math></b>

Zugehörige Tabellen:

$f_{ctm}$	$k_{c,t} < 1$	$k_{c,t} = 1$	
C20/25	2,2	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C25/30	2,6	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C30/37	2,9	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C35/45	3,2	3,2	N/mm <sup>2</sup>
C40/50	3,5	3,5	N/mm <sup>2</sup>
C45/55	3,8	3,8	N/mm <sup>2</sup>
C50/60	4,1	4,1	N/mm <sup>2</sup>
C55/67	4,2	4,2	N/mm <sup>2</sup>
C60/75	4,4	4,4	N/mm <sup>2</sup>
C70/85	4,6	4,6	N/mm <sup>2</sup>

	langsam	mittel	schnell
$h$	$k_{c,t}$	$k_{c,t}$	$k_{c,t}$
30 cm	-	0,65	0,80
35 cm	-	0,66	0,81
40 cm	-	0,67	0,82
45 cm	-	0,68	0,83
50 cm	-	0,69	0,84
55 cm	-	0,70	0,85
60 cm	-	0,71	0,86
65 cm	-	0,72	0,87
70 cm	-	0,73	0,88
75 cm	-	0,74	0,89
80 cm	0,60	0,75	0,90
100 cm	0,62	0,77	0,92
120 cm	0,63	0,79	0,93
140 cm	0,65	0,80	0,95
160 cm	0,67	0,82	0,97
180 cm	0,68	0,84	0,98
200 cm	0,70	0,85	1,00

8	0,503	cm <sup>2</sup>
10	0,785	cm <sup>2</sup>
12	1,13	cm <sup>2</sup>
14	1,54	cm <sup>2</sup>
16	2,01	cm <sup>2</sup>
17	2,26	cm <sup>2</sup>
20	3,14	cm <sup>2</sup>
23	4,02	cm <sup>2</sup>
25	4,91	cm <sup>2</sup>
28	6,16	cm <sup>2</sup>

3,14		
Ø	20	/ 15,6

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 $d_{sh}$ =	20 mm	
Stabdurchmesser Längsbew. $d_{sl}$ =	20 mm	
Stahlspannung $f_{yk}$ =	500 N/mm <sup>2</sup>	
$k_{c,t}$ =	1,00 -	$k_{c,t} = 0,65-1,0$ für frühen Zwang, $k_{c,t} = 1,0$ für späten Zwang
$f_{ctm}$ =	3,2 N/mm <sup>2</sup>	aus Tabelle rechts
Angesetzte Betonzugfestigkeit:	3,2 N/mm <sup>2</sup>	=> 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
$f_{ct,eff}$ =	3,20 N/mm <sup>2</sup>	$f_{ct,eff} = k_{c,t} * f_{ctm}$ , aber für $k_c = 1,0$ ist $f_{ct,eff} \geq 3,0$ N/mm <sup>2</sup>
$A_{ct}$ =	0,25 m <sup>2</sup>	$A_{ct}$ = halbe Bauteilfläche
Statische Nutzhöhe $d$ =	41 cm	$d = h - c_{nom} - d_{sh} - d_{sl}/2 =$
Abstand der Längsbew. $d_1$ =	9 cm	$d_1 = h - d =$
$\phi_s^*(1) =$	38,4 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	$\phi_s^* = \text{Minimum}(\phi_s^*(1); \phi_s^*(2))$
$\sigma_s =$	240 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s = \text{WURZEL}(w_k * 3,48 * 10^6 / \phi_s^*)$ (aus Tabelle 7.2DE)
$h / d_1 =$	5,6 -	
$h_{c,eff} / d_1 =$	2,56 -	$h_{c,eff} / d_1 = 2,5$ für $h/d_1 = 5$ $h_{c,eff} / d_1 = 5,0$ für $h/d_1 = 30$ , dazwischen wird interpoliert
$h_{c,eff} =$	23 cm	$h_{c,eff} = h_{c,eff} / d_1 * d_1$
$As(1) =$	22,7 cm <sup>2</sup> /m	$As(1) = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$ (Trennriss für dünne Bauteile)
$As(2.1) =$	30,7 cm <sup>2</sup> /m	$As(2.1) = f_{ct,eff} * A_{c,eff} / \sigma_s$ (Sekundärriss)
$As(2.2) =$	10,9 cm <sup>2</sup> /m	$As(2.2) = k * f_{ct,eff} * A_{ct} / f_{yk}$ (Primärriss)
$As(2) =$	30,7 cm <sup>2</sup> /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)
$A_{s,erforderlich} =$	22,7 cm <sup>2</sup> /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 <sup>2</sup>
C25/30	2,6	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C30/37	2,9	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C35/45	3,2	3,2	N/mm <sup>2</sup>
C40/50	3,5	3,5	N/mm <sup>2</sup>
C45/55	3,8	3,8	N/mm <sup>2</sup>
C50/60	4,1	4,1	N/mm <sup>2</sup>
C55/67	4,2	4,2	N/mm <sup>2</sup>
C60/75	4,4	4,4	N/mm <sup>2</sup>
C70/85	4,6	4,6	N/mm <sup>2</sup>

	langsam	mittel	schnell
$h$	$k_{c,t}$	$k_{c,t}$	$k_{c,t}$
30 cm	-	0,65	0,80
35 cm	-	0,66	0,81
40 cm	-	0,67	0,82
45 cm	-	0,68	0,83
50 cm	-	0,69	0,84
55 cm	-	0,70	0,85
60 cm	-	0,71	0,86
65 cm	-	0,72	0,87
70 cm	-	0,73	0,88
75 cm	-	0,74	0,89
80 cm	0,60	0,75	0,90
100 cm	0,62	0,77	0,92
120 cm	0,63	0,79	0,93
140 cm	0,65	0,80	0,95
160 cm	0,67	0,82	0,97
180 cm	0,68	0,84	0,98
200 cm	0,70	0,85	1,00

8	0,503	cm <sup>2</sup>
10	0,785	cm <sup>2</sup>
12	1,13	cm <sup>2</sup>
14	1,54	cm <sup>2</sup>
16	2,01	cm <sup>2</sup>
17	2,26	cm <sup>2</sup>
20	3,14	cm <sup>2</sup>
23	4,02	cm <sup>2</sup>
25	4,91	cm <sup>2</sup>
28	6,16	cm <sup>2</sup>

3,14

Ø 20 / 13,9



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

Geforderte Rissbreite $w_k$ =	0,2 mm	
Bauteildicke $h$ =	30 cm	
Betondeckung $c_{nom}$ =	6,0 cm	
Betongüte	C35/45 -	
Langsam erhärtender Beton?	Nein -	"Ja" für $r < 0,30$ , sonst "Nein"
Stabdurchmesser Bügel $d_{sh}$ =	14 mm	
Stabdurchmesser Längsbew. $d_{sl}$ =	16 mm	
Stahlspannung $f_{yk}$ =	500 N/mm <sup>2</sup>	
$k_{c,t}$ =	1,00 -	$k_{c,t} = 0,65-1,0$ für frühen Zwang, $k_{c,t} = 1,0$ für späten Zwang
$f_{ctm}$ =	3,2 N/mm <sup>2</sup>	aus Tabelle rechts
Angesetzte Betonzugfestigkeit:	3,2 N/mm <sup>2</sup>	=> Angabe auf dem Bewehrungsplan
$k_c$ =	1,00 -	$k_c = 1,0$ für zentrischen Zwang
$k$ =	0,80 -	$k = 0,8$ für $d = 30$ cm $k = 0,5$ für $d = 80$ cm, dazwischen wird interpoliert
$f_{ct,eff}$ =	3,20 N/mm <sup>2</sup>	$f_{ct,eff} = k_{c,t} * f_{ctm}$ , aber für $k_c = 1,0$ ist $f_{ct,eff} \geq 3,0$ N/mm <sup>2</sup>
$A_{ct}$ =	0,15 m <sup>2</sup>	$A_{ct}$ = halbe Bauteilfläche
Statische Nutzhöhe $d$ =	21,8 cm	$d = h - c_{nom} - d_{sh} - d_{sl}/2 =$
Abstand der Längsbew. $d_1$ =	8,2 cm	$d_1 = h - d =$
$\phi_s^*(1) =$	39,6 mm	$\phi_s^*(1) = d_{sl} * 8 * (h-d) / (k_c * k * h_{cr}) * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^*(2) =$	14,5 mm	$\phi_s^*(2) = d_{sl} * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^* =$	14,5 mm	$\phi_s^* = \text{Minimum}(\phi_s^*(1); \phi_s^*(2))$
$\sigma_s =$	219 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s = \text{WURZEL}(w_k * 3,48 * 10^6 / \phi_s^*)$ (aus Tabelle 7.2DE)
$h / d_1 =$	3,7 -	
$h_{c,eff} / d_1 =$	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
$h_{c,eff} =$	20,5 cm	$h_{c,eff} = h_{c,eff} / d_1 * d_1$
$As(1) =$	17,5 cm <sup>2</sup> /m	$As(1) = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$ (Trennriss für dünne Bauteile)
$As(2.1) =$	29,9 cm <sup>2</sup> /m	$As(2.1) = f_{ct,eff} * A_{c,eff} / \sigma_s$ (Sekundärriss)
$As(2.2) =$	7,7 cm <sup>2</sup> /m	$As(2.2) = k * f_{ct,eff} * A_{ct} / f_{yk}$ (Primärriss)
$As(2) =$	29,9 cm <sup>2</sup> /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)
<b><math>A_{s,erforderlich} =</math></b>	<b>17,5 cm<sup>2</sup>/m</b>	<b><math>A_{s,erforderlich} = \text{Minimum}(As(1); As(2))</math></b>

Zugehörige Tabellen:

$f_{ctm}$	$k_{c,t} < 1$	$k_{c,t} = 1$	
C20/25	2,2	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C25/30	2,6	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C30/37	2,9	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C35/45	3,2	3,2	N/mm <sup>2</sup>
C40/50	3,5	3,5	N/mm <sup>2</sup>
C45/55	3,8	3,8	N/mm <sup>2</sup>
C50/60	4,1	4,1	N/mm <sup>2</sup>
C55/67	4,2	4,2	N/mm <sup>2</sup>
C60/75	4,4	4,4	N/mm <sup>2</sup>
C70/85	4,6	4,6	N/mm <sup>2</sup>

	langsam	mittel	schnell
$h$	$k_{c,t}$	$k_{c,t}$	$k_{c,t}$
30 cm	-	0,65	0,80
35 cm	-	0,66	0,81
40 cm	-	0,67	0,82
45 cm	-	0,68	0,83
50 cm	-	0,69	0,84
55 cm	-	0,70	0,85
60 cm	-	0,71	0,86
65 cm	-	0,72	0,87
70 cm	-	0,73	0,88
75 cm	-	0,74	0,89
80 cm	0,60	0,75	0,90
100 cm	0,62	0,77	0,92
120 cm	0,63	0,79	0,93
140 cm	0,65	0,80	0,95
160 cm	0,67	0,82	0,97
180 cm	0,68	0,84	0,98
200 cm	0,70	0,85	1,00

8	0,503	cm <sup>2</sup>
10	0,785	cm <sup>2</sup>
12	1,13	cm <sup>2</sup>
14	1,54	cm <sup>2</sup>
16	2,01	cm <sup>2</sup>
12D = 17	2,26	cm <sup>2</sup>
20	3,14	cm <sup>2</sup>
16D = 23	4,02	cm <sup>2</sup>
25	4,91	cm <sup>2</sup>
28	6,16	cm <sup>2</sup>

2,01

Ø 16 / 11,5

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

Geforderte Rissbreite $w_k$ =	0,2 mm	
Bauteildicke $h$ =	30 cm	
Betondeckung $c_{nom}$ =	6,0 cm	
Betongüte	C35/45 -	
Langsam erhärtender Beton?	Nein -	"Ja" für $r < 0,30$ , sonst "Nein"
Stabdurchmesser Bügel $d_{sh}$ =	14 mm	
Stabdurchmesser Längsbew. $d_{sl}$ =	14 mm	
Stahlspannung $f_{yk}$ =	500 N/mm <sup>2</sup>	
$k_{c,t}$ =	0,65 -	$k_{c,t} = 0,65-1,0$ für frühen Zwang, $k_{c,t} = 1,0$ für späten Zwang
$f_{ctm}$ =	3,2 N/mm <sup>2</sup>	aus Tabelle rechts
Angesetzte Betonzugfestigkeit:	2,08 N/mm <sup>2</sup>	=> Angabe auf dem Bewehrungsplan
$k_c$ =	1,00 -	$k_c = 1,0$ für zentrischen Zwang
$k$ =	0,80 -	$k = 0,8$ für $d = 30$ cm $k = 0,5$ für $d = 80$ cm, dazwischen wird interpoliert
$f_{ct,eff}$ =	2,08 N/mm <sup>2</sup>	$f_{ct,eff} = k_{c,t} * f_{ctm}$ , aber für $k_c = 1,0$ ist $f_{ct,eff} \geq 3,0$ N/mm <sup>2</sup>
$A_{ct}$ =	0,15 m <sup>2</sup>	$A_{ct}$ = halbe Bauteilfläche
Statische Nutzhöhe $d$ =	21,9 cm	$d = h - c_{nom} - d_{sh} - d_{sl}/2 =$
Abstand der Längsbew. $d_1$ =	8,1 cm	$d_1 = h - d =$
$\phi_s^*(1) =$	52,7 mm	$\phi_s^*(1) = d_{sl} * 8 * (h-d) / (k_c * k * h_{cr}) * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^*(2) =$	19,5 mm	$\phi_s^*(2) = d_{sl} * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^* =$	19,5 mm	$\phi_s^* = \text{Minimum}(\phi_s^*(1); \phi_s^*(2))$
$\sigma_s =$	189 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s = \text{WURZEL}(w_k * 3,48 * 10^6 / \phi_s^*)$ (aus Tabelle 7.2DE)
$h / d_1 =$	3,7 -	
$h_{c,eff} / d_1 =$	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
$h_{c,eff} =$	20,25 cm	$h_{c,eff} = h_{c,eff} / d_1 * d_1$
$A_s(1) =$	13,2 cm <sup>2</sup> /m	$A_s(1) = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$ (Trennriss für dünne Bauteile)
$A_s(2.1) =$	22,3 cm <sup>2</sup> /m	$A_s(2.1) = f_{ct,eff} * A_{c,eff} / \sigma_s$ (Sekundärriss)
$A_s(2.2) =$	5,0 cm <sup>2</sup> /m	$A_s(2.2) = k * f_{ct,eff} * A_{ct} / f_{yk}$ (Primärriss)
$A_s(2) =$	22,3 cm <sup>2</sup> /m	$A_s(2) = \text{Maximum}(A_s(2.1); A_s(2.2))$
Reduktionsfaktor =	1,00 -	Faktor = 0,85 bei langsam erhärtendem Beton ( $r < 0,30$ ) gemäß NCI Zu 7.3.2 (Na.6)
<b><math>A_{s,erforderlich} =</math></b>	<b>13,2 cm<sup>2</sup>/m</b>	<b><math>A_{s,erforderlich} = \text{Minimum}(A_s(1); A_s(2))</math></b>

Zugehörige Tabellen:

$f_{ctm}$	$k_{c,t} < 1$	$k_{c,t} = 1$	
C20/25	2,2	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C25/30	2,6	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C30/37	2,9	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C35/45	3,2	3,2	N/mm <sup>2</sup>
C40/50	3,5	3,5	N/mm <sup>2</sup>
C45/55	3,8	3,8	N/mm <sup>2</sup>
C50/60	4,1	4,1	N/mm <sup>2</sup>
C55/67	4,2	4,2	N/mm <sup>2</sup>
C60/75	4,4	4,4	N/mm <sup>2</sup>
C70/85	4,6	4,6	N/mm <sup>2</sup>

	langsam	mittel	schnell
$h$	$k_{c,t}$	$k_{c,t}$	$k_{c,t}$
30 cm	-	0,65	0,80
35 cm	-	0,66	0,81
40 cm	-	0,67	0,82
45 cm	-	0,68	0,83
50 cm	-	0,69	0,84
55 cm	-	0,70	0,85
60 cm	-	0,71	0,86
65 cm	-	0,72	0,87
70 cm	-	0,73	0,88
75 cm	-	0,74	0,89
80 cm	0,60	0,75	0,90
100 cm	0,62	0,77	0,92
120 cm	0,63	0,79	0,93
140 cm	0,65	0,80	0,95
160 cm	0,67	0,82	0,97
180 cm	0,68	0,84	0,98
200 cm	0,70	0,85	1,00

8	0,503	cm <sup>2</sup>
10	0,785	cm <sup>2</sup>
12	1,13	cm <sup>2</sup>
14	1,54	cm <sup>2</sup>
16	2,01	cm <sup>2</sup>
12D = 17	2,26	cm <sup>2</sup>
20	3,14	cm <sup>2</sup>
16D = 23	4,02	cm <sup>2</sup>
25	4,91	cm <sup>2</sup>
28	6,16	cm <sup>2</sup>

1,54		
$\emptyset$	14	/ 11,7

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

Geforderte Rissbreite $w_k$ =	0,2 mm	
Bauteildicke $h$ =	30 cm	
Betondeckung $c_{nom}$ =	6,0 cm	
Betongüte	C30/37 -	
Langsam erhärtender Beton?	Nein -	"Ja" für $r < 0,30$ , sonst "Nein"
Stabdurchmesser Bügel $d_{sh}$ =	14 mm	
Stabdurchmesser Längsbew. $d_{sl}$ =	16 mm	
Stahlspannung $f_{yk}$ =	500 N/mm <sup>2</sup>	
$k_{c,t}$ =	1,00 -	$k_{c,t} = 0,65-1,0$ für frühen Zwang, $k_{c,t} = 1,0$ für späten Zwang
$f_{ctm}$ =	3 N/mm <sup>2</sup>	aus Tabelle rechts
Angesetzte Betonzugfestigkeit:	3 N/mm <sup>2</sup>	=> Angabe auf dem Bewehrungsplan
$k_c$ =	1,00 -	$k_c = 1,0$ für zentrischen Zwang
$k$ =	0,80 -	$k = 0,8$ für $d = 30$ cm $k = 0,5$ für $d = 80$ cm, dazwischen wird interpoliert
$f_{ct,eff}$ =	3,00 N/mm <sup>2</sup>	$f_{ct,eff} = k_{c,t} * f_{ctm}$ , aber für $k_c = 1,0$ ist $f_{ct,eff} \geq 3,0$ N/mm <sup>2</sup>
$A_{ct}$ =	0,15 m <sup>2</sup>	$A_{ct}$ = halbe Bauteilfläche
Statische Nutzhöhe $d$ =	21,8 cm	$d = h - c_{nom} - d_{sh} - d_{sl}/2 =$
Abstand der Längsbew. $d_1$ =	8,2 cm	$d_1 = h - d =$
$\phi_s^*(1) =$	42,3 mm	$\phi_s^*(1) = d_{sl} * 8 * (h-d) / (k_c * k * h_{cr}) * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^*(2) =$	15,5 mm	$\phi_s^*(2) = d_{sl} * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^* =$	15,5 mm	$\phi_s^* = \text{Minimum}(\phi_s^*(1); \phi_s^*(2))$
$\sigma_s =$	212 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s = \text{WURZEL}(w_k * 3,48 * 10^6 / \phi_s^*)$ (aus Tabelle 7.2DE)
$h / d_1 =$	3,7 -	
$h_{c,eff} / d_1 =$	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
$h_{c,eff} =$	20,5 cm	$h_{c,eff} = h_{c,eff} / d_1 * d_1$
$As(1) =$	17,0 cm <sup>2</sup> /m	$As(1) = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$ (Trennriss für dünne Bauteile)
$As(2.1) =$	29,0 cm <sup>2</sup> /m	$As(2.1) = f_{ct,eff} * A_{c,eff} / \sigma_s$ (Sekundärriss)
$As(2.2) =$	7,2 cm <sup>2</sup> /m	$As(2.2) = k * f_{ct,eff} * A_{ct} / f_{yk}$ (Primärriss)
$As(2) =$	29,0 cm <sup>2</sup> /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)
<b><math>A_{s,erforderlich} =</math></b>	<b>17,0 cm<sup>2</sup>/m</b>	<b><math>A_{s,erforderlich} = \text{Minimum}(As(1); As(2))</math></b>

Zugehörige Tabellen:

$f_{ctm}$	$k_{c,t} < 1$	$k_{c,t} = 1$	
C20/25	2,2	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C25/30	2,6	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C30/37	2,9	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C35/45	3,2	3,2	N/mm <sup>2</sup>
C40/50	3,5	3,5	N/mm <sup>2</sup>
C45/55	3,8	3,8	N/mm <sup>2</sup>
C50/60	4,1	4,1	N/mm <sup>2</sup>
C55/67	4,2	4,2	N/mm <sup>2</sup>
C60/75	4,4	4,4	N/mm <sup>2</sup>
C70/85	4,6	4,6	N/mm <sup>2</sup>

	langsam	mittel	schnell
$h$	$k_{c,t}$	$k_{c,t}$	$k_{c,t}$
30 cm	-	0,65	0,80
35 cm	-	0,66	0,81
40 cm	-	0,67	0,82
45 cm	-	0,68	0,83
50 cm	-	0,69	0,84
55 cm	-	0,70	0,85
60 cm	-	0,71	0,86
65 cm	-	0,72	0,87
70 cm	-	0,73	0,88
75 cm	-	0,74	0,89
80 cm	0,60	0,75	0,90
100 cm	0,62	0,77	0,92
120 cm	0,63	0,79	0,93
140 cm	0,65	0,80	0,95
160 cm	0,67	0,82	0,97
180 cm	0,68	0,84	0,98
200 cm	0,70	0,85	1,00

8	0,503	cm <sup>2</sup>
10	0,785	cm <sup>2</sup>
12	1,13	cm <sup>2</sup>
14	1,54	cm <sup>2</sup>
16	2,01	cm <sup>2</sup>
17	2,26	cm <sup>2</sup>
20	3,14	cm <sup>2</sup>
23	4,02	cm <sup>2</sup>
25	4,91	cm <sup>2</sup>
28	6,16	cm <sup>2</sup>

2,01		
$\emptyset$	16	/ 11,8

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

Geforderte Rissbreite $w_k$ =	0,2 mm	
Bauteildicke $h$ =	25 cm	
Betondeckung $c_{nom}$ =	6,0 cm	
Betongüte	C25/30 -	
Langsam erhärtender Beton?	Nein -	"Ja" für $r < 0,30$ , sonst "Nein"
Stabdurchmesser Bügel $d_{sh}$ =	12 mm	
Stabdurchmesser Längsbew. $d_{sl}$ =	12 mm	
Stahlspannung $f_{yk}$ =	500 N/mm <sup>2</sup>	
$k_{c,t}$ =	0,65 -	$k_{c,t} = 0,65-1,0$ für frühen Zwang, $k_{c,t} = 1,0$ für späten Zwang
$f_{ctm}$ =	2,6 N/mm <sup>2</sup>	aus Tabelle rechts
Angesetzte Betonzugfestigkeit:	1,69 N/mm <sup>2</sup>	=> Angabe auf dem Bewehrungsplan
$k_c$ =	1,00 -	$k_c = 1,0$ für zentrischen Zwang
$k$ =	0,80 -	$k = 0,8$ für $d = 30$ cm $k = 0,5$ für $d = 80$ cm, dazwischen wird interpoliert
$f_{ct,eff}$ =	1,69 N/mm <sup>2</sup>	$f_{ct,eff} = k_{c,t} * f_{ctm}$ , aber für $k_c = 1,0$ ist $f_{ct,eff} \geq 3,0$ N/mm <sup>2</sup>
$A_{ct}$ =	0,125 m <sup>2</sup>	$A_{ct}$ = halbe Bauteilfläche
Statische Nutzhöhe $d$ =	17,2 cm	$d = h - c_{nom} - d_{sh} - d_{sl}/2 =$
Abstand der Längsbew. $d_1$ =	7,8 cm	$d_1 = h - d =$
$\phi_s^*(1) =$	64,2 mm	$\phi_s^*(1) = d_{sl} * 8 * (h-d) / (k_c * k * h_{cr}) * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^*(2) =$	20,6 mm	$\phi_s^*(2) = d_{sl} * 2,9 / f_{ct,eff}$
$\phi_s^* =$	20,6 mm	$\phi_s^* = \text{Minimum}(\phi_s^*(1); \phi_s^*(2))$
$\sigma_s =$	184 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s = \text{WURZEL}(w_k * 3,48 * 10^6 / \phi_s^*)$ (aus Tabelle 7.2DE)
$h / d_1 =$	3,2 -	
$h_{c,eff} / d_1 =$	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
$h_{c,eff} =$	19,5 cm	$h_{c,eff} = h_{c,eff} / d_1 * d_1$
$A_s(1) =$	9,2 cm <sup>2</sup> /m	$A_s(1) = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$ (Trennriss für dünne Bauteile)
$A_s(2.1) =$	17,9 cm <sup>2</sup> /m	$A_s(2.1) = f_{ct,eff} * A_{c,eff} / \sigma_s$ (Sekundärriss)
$A_s(2.2) =$	3,4 cm <sup>2</sup> /m	$A_s(2.2) = k * f_{ct,eff} * A_{ct} / f_{yk}$ (Primärriss)
$A_s(2) =$	17,9 cm <sup>2</sup> /m	$A_s(2) = \text{Maximum}(A_s(2.1); A_s(2.2))$
Reduktionsfaktor =	1,00 -	Faktor = 0,85 bei langsam erhärtendem Beton ( $r < 0,30$ ) gemäß NCI Zu 7.3.2 (Na.6)
$A_{s,erforderlich} =$	9,2 cm <sup>2</sup> /m	$A_{s,erforderlich} = \text{Minimum}(A_s(1); A_s(2))$

Zugehörige Tabellen:

$f_{ctm}$	$k_{c,t} < 1$	$k_{c,t} = 1$	
C20/25	2,2	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C25/30	2,6	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C30/37	2,9	3,0	N/mm <sup>2</sup>
C35/45	3,2	3,2	N/mm <sup>2</sup>
C40/50	3,5	3,5	N/mm <sup>2</sup>
C45/55	3,8	3,8	N/mm <sup>2</sup>
C50/60	4,1	4,1	N/mm <sup>2</sup>
C55/67	4,2	4,2	N/mm <sup>2</sup>
C60/75	4,4	4,4	N/mm <sup>2</sup>
C70/85	4,6	4,6	N/mm <sup>2</sup>

	langsam	mittel	schnell
$h$	$k_{c,t}$	$k_{c,t}$	$k_{c,t}$
30 cm	-	0,65	0,80
35 cm	-	0,66	0,81
40 cm	-	0,67	0,82
45 cm	-	0,68	0,83
50 cm	-	0,69	0,84
55 cm	-	0,70	0,85
60 cm	-	0,71	0,86
65 cm	-	0,72	0,87
70 cm	-	0,73	0,88
75 cm	-	0,74	0,89
80 cm	0,60	0,75	0,90
100 cm	0,62	0,77	0,92
120 cm	0,63	0,79	0,93
140 cm	0,65	0,80	0,95
160 cm	0,67	0,82	0,97
180 cm	0,68	0,84	0,98
200 cm	0,70	0,85	1,00

8	0,503	cm <sup>2</sup>
10	0,785	cm <sup>2</sup>
12	1,13	cm <sup>2</sup>
14	1,54	cm <sup>2</sup>
16	2,01	cm <sup>2</sup>
17	2,26	cm <sup>2</sup>
20	3,14	cm <sup>2</sup>
23	4,02	cm <sup>2</sup>
25	4,91	cm <sup>2</sup>
28	6,16	cm <sup>2</sup>

1,13		
Ø	12	/ 12,3

### **10.3     Anlage 3: Ergebnisausdrucke „InfoCAD“**

(mit gesonderten Inhaltsverzeichnissen)

3.1     InfoCAD Bemessung HWS Mauer

3.2     InfoCAD Bemessung Betriebsgebäude

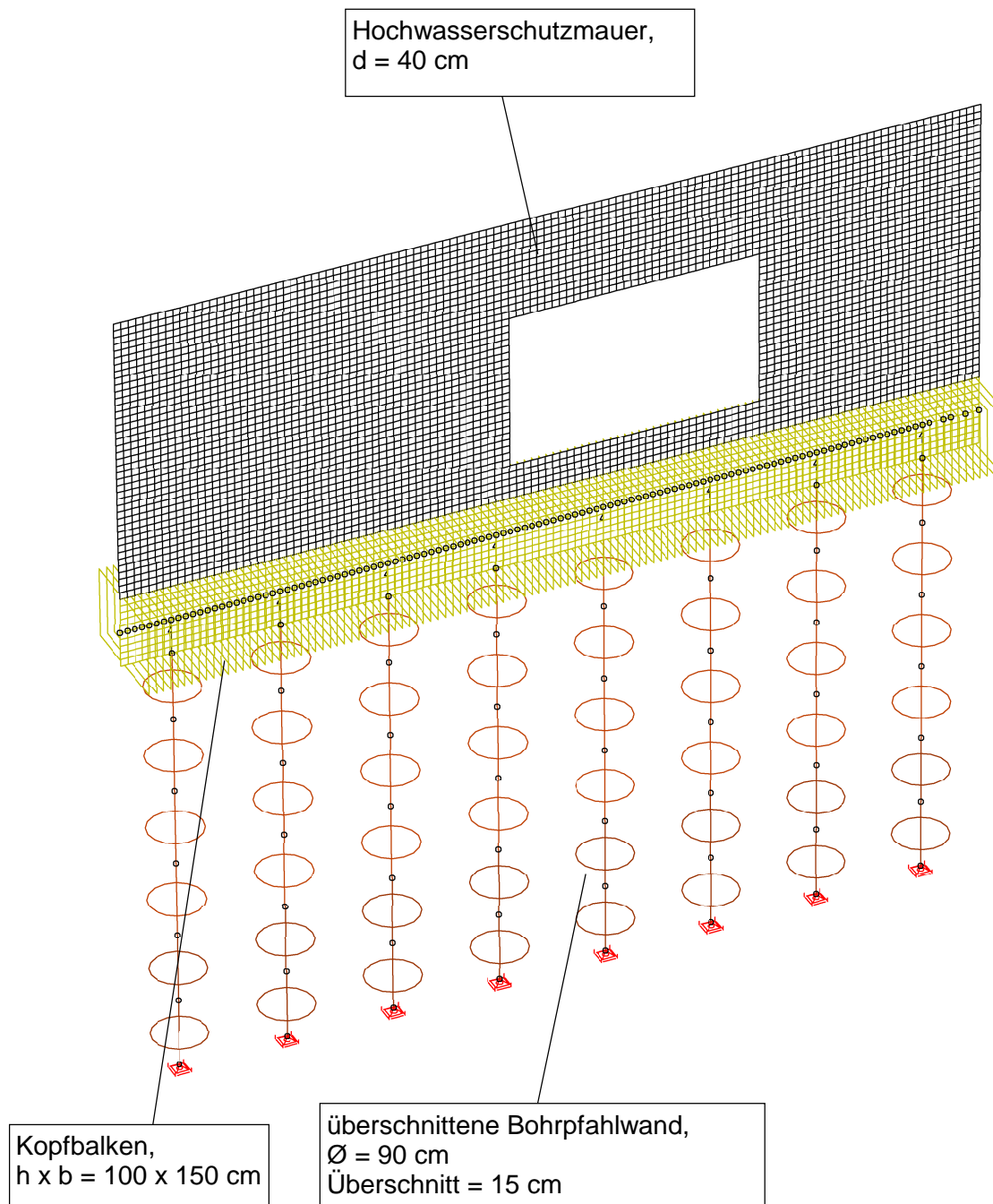
## **Anlage 3.1**

### **InfoCAD Bemessung HWS Mauer**

**INHALT**

Inhalt .....	47
<b>System</b>	
System .....	48
<b>Belastung</b>	
1 : Eigengewicht .....	49
2 : Windlast .....	50
3 : dT,M Stauziel Sommer .....	51
4 : dT,M Stauziel Winter .....	52
5 : dT,G Stauziel Sommer .....	53
6 : dT,G Stauziel Winter .....	54
<b>Verformung</b>	
Deformationen $u_{y \min}$ ; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1 .....	55
Deformationen $u_{y \max}$ ; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1 .....	56
<b>Bewehrung</b>	
Biegebewehrung asx 1. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1 .....	57
Biegebewehrung asx 2. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1 .....	58
Biegebewehrung asy 1. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1 .....	59
Biegebewehrung asy 2. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1 .....	60
Biegebewehrung As; Maximum DIN EN 1992-1-1 .....	61

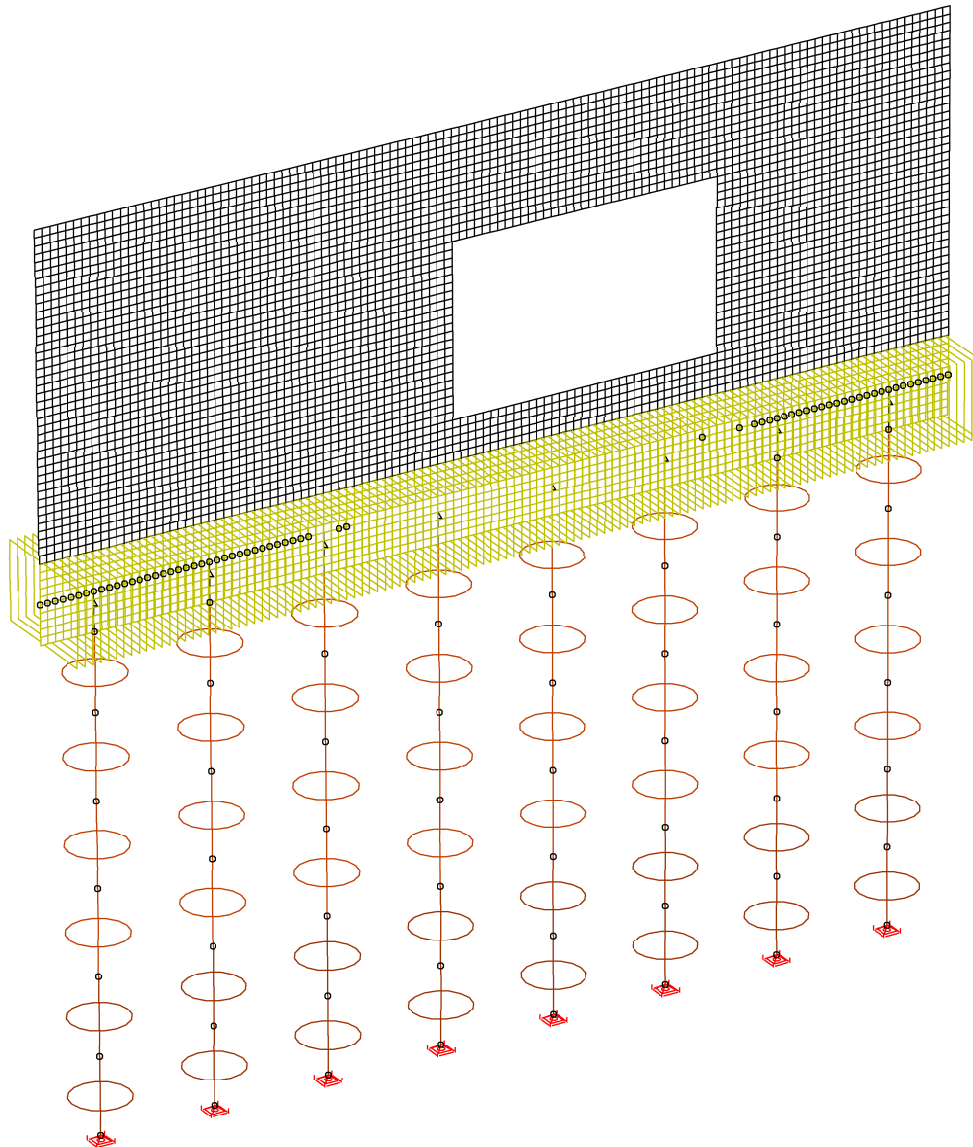
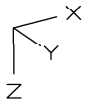
# System





# Belastung

EIGENLAST



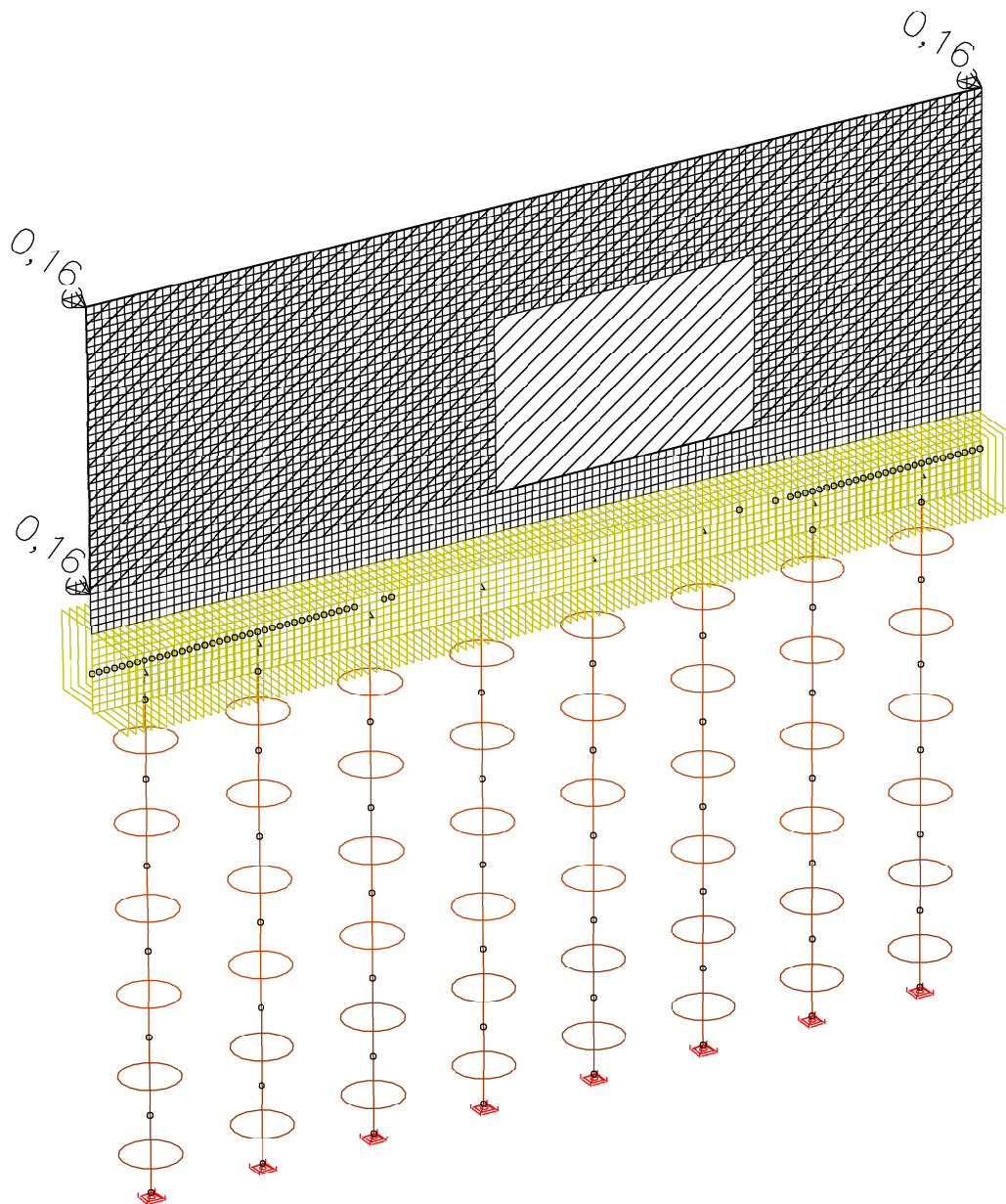
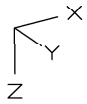
LF 1: Belastung, Eigengewicht

Objekt 8.2\_HWS-Mauer mit Wegerampe

M = 1:85

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

## Belastung



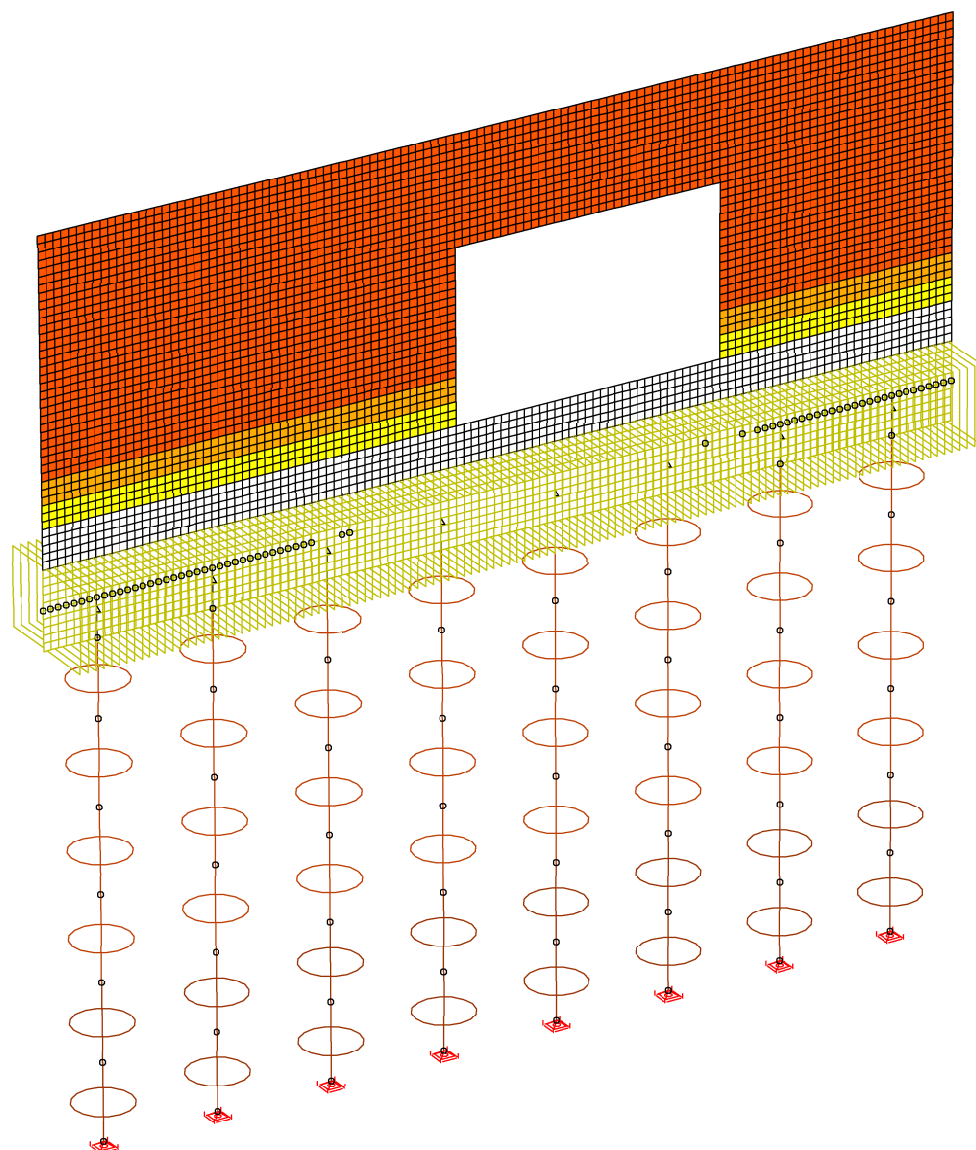
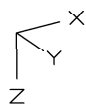
LF 2: Belastung, Windlast

Objekt 8.2\_HWS-Mauer mit Wegerampe

M = 1:85

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

# Belastung



LF 3: Belastung, dT,M Stauziel Sommer

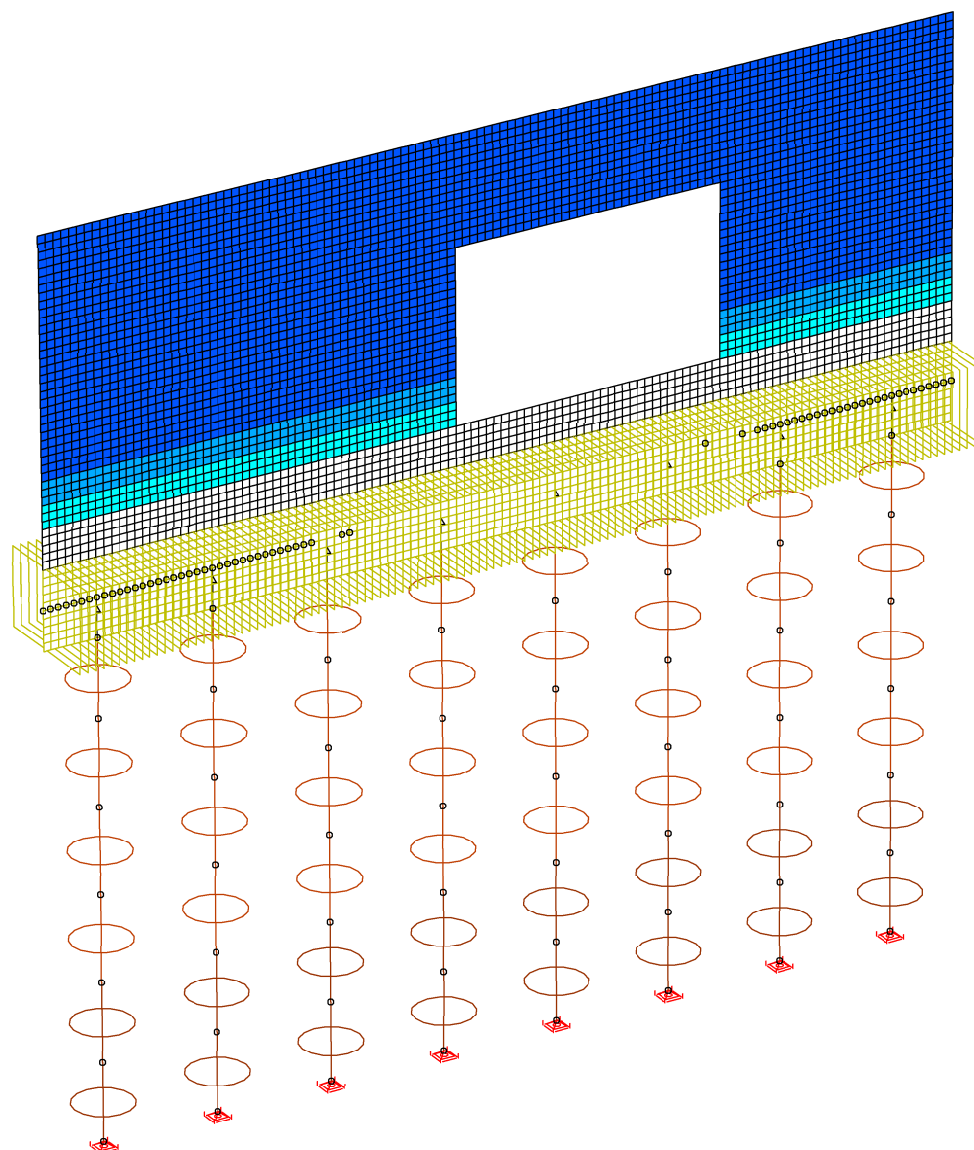
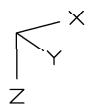
Objekt 8.2\_HWS-Mauer mit Wegerampe

M = 1:85

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

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

# Belastung



LF 4: Belastung, dT,M Stauziel Winter

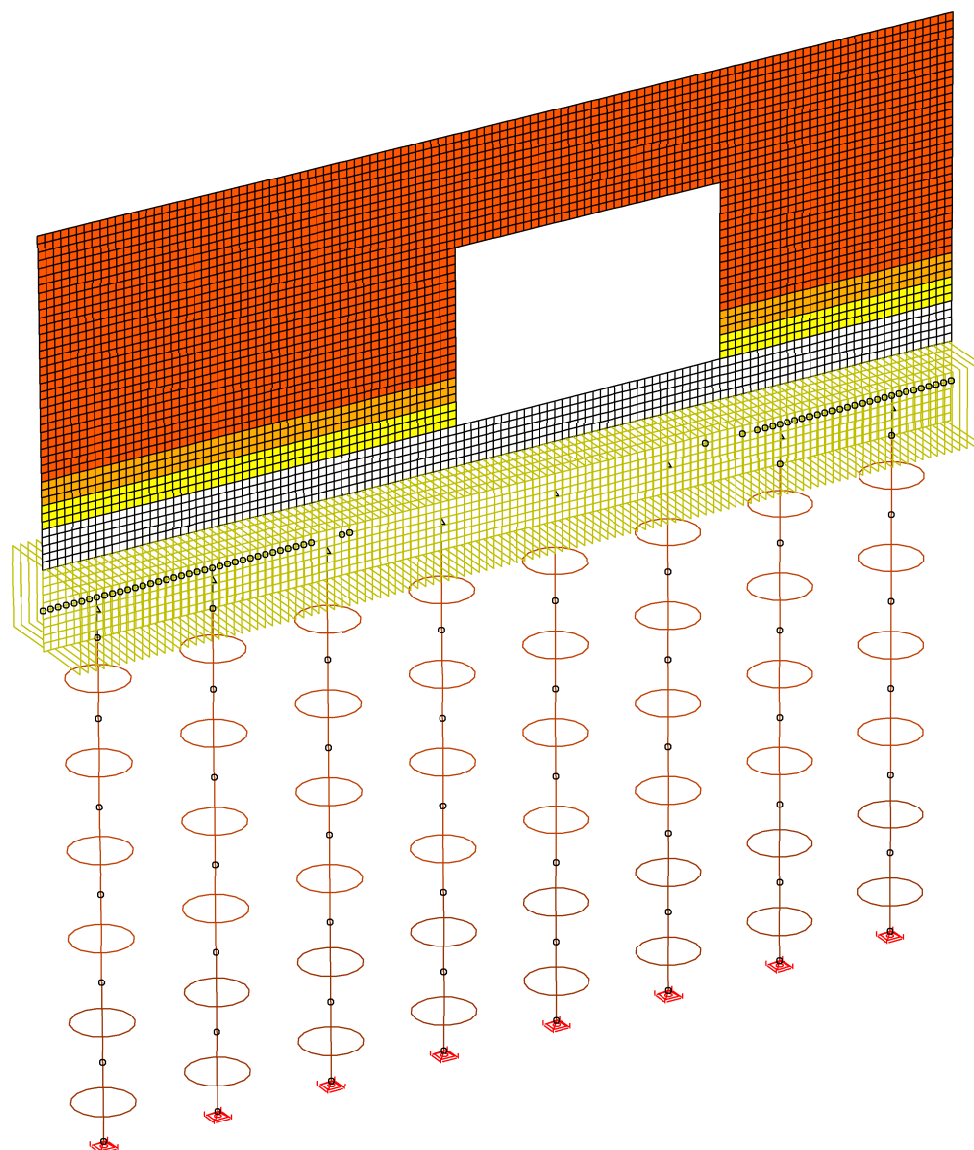
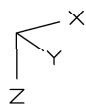
Objekt 8.2\_HWS-Mauer mit Wegerampe

M = 1:85

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

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

# Belastung



tu-to [K]

-22,2

-14,8

-7,4

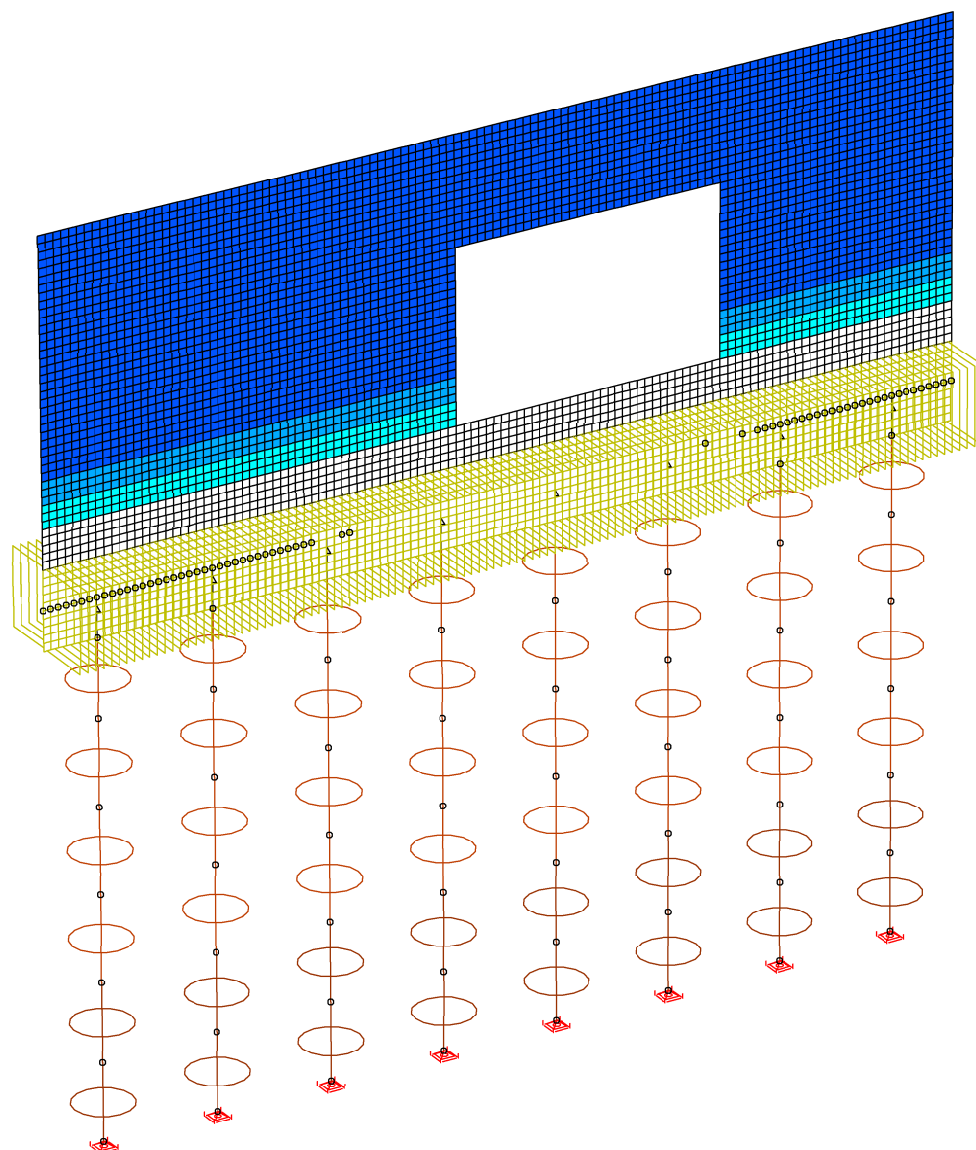
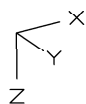
LF 5: Belastung, dT,G Stauziel Sommer

Objekt 8.2\_HWS-Mauer mit Wegerampe

M = 1:85

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

# Belastung



LF 6: Belastung, dT,G Stauziel Winter

Objekt 8.2\_HWS-Mauer mit Wegerampe

M = 1:85

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

tu-to [K]

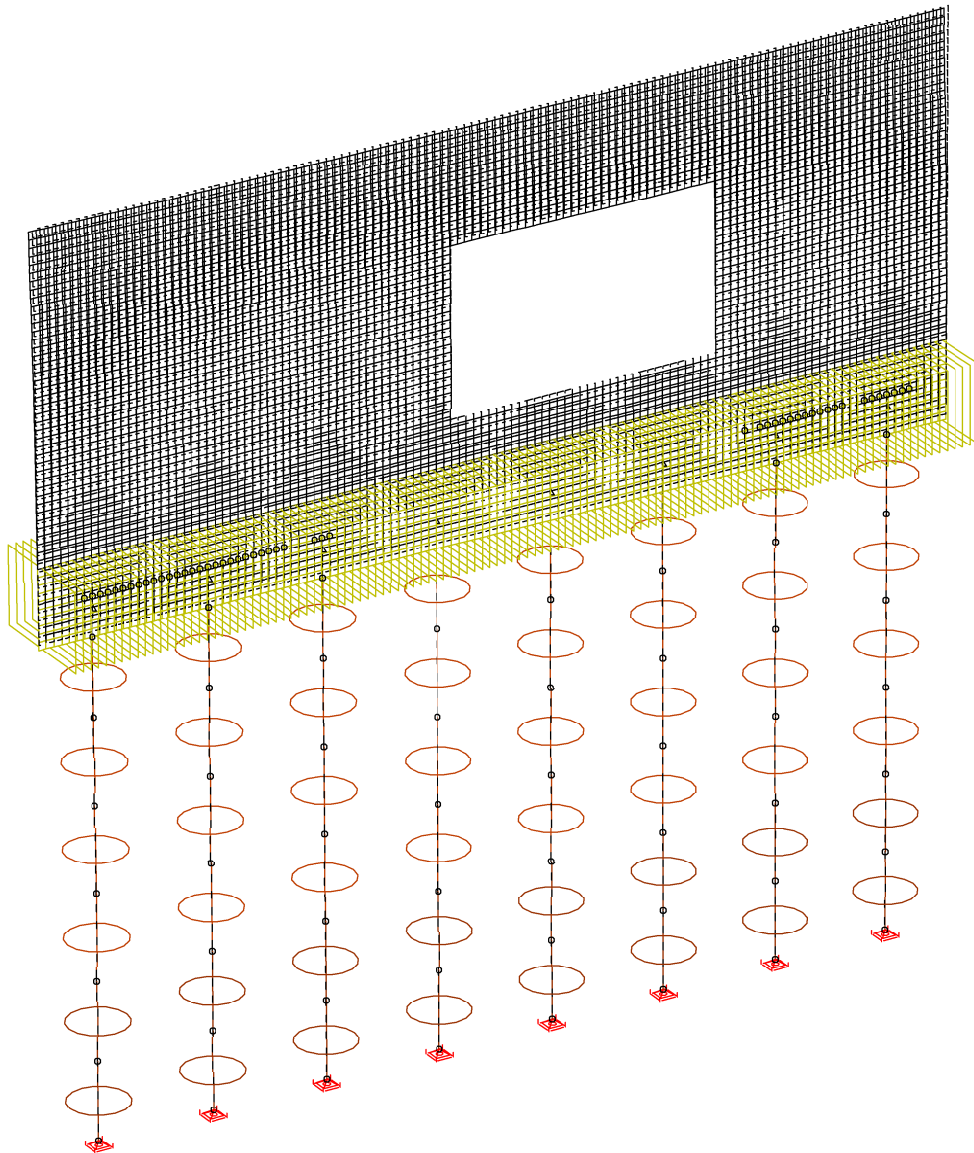
7,4

14,8

22,2

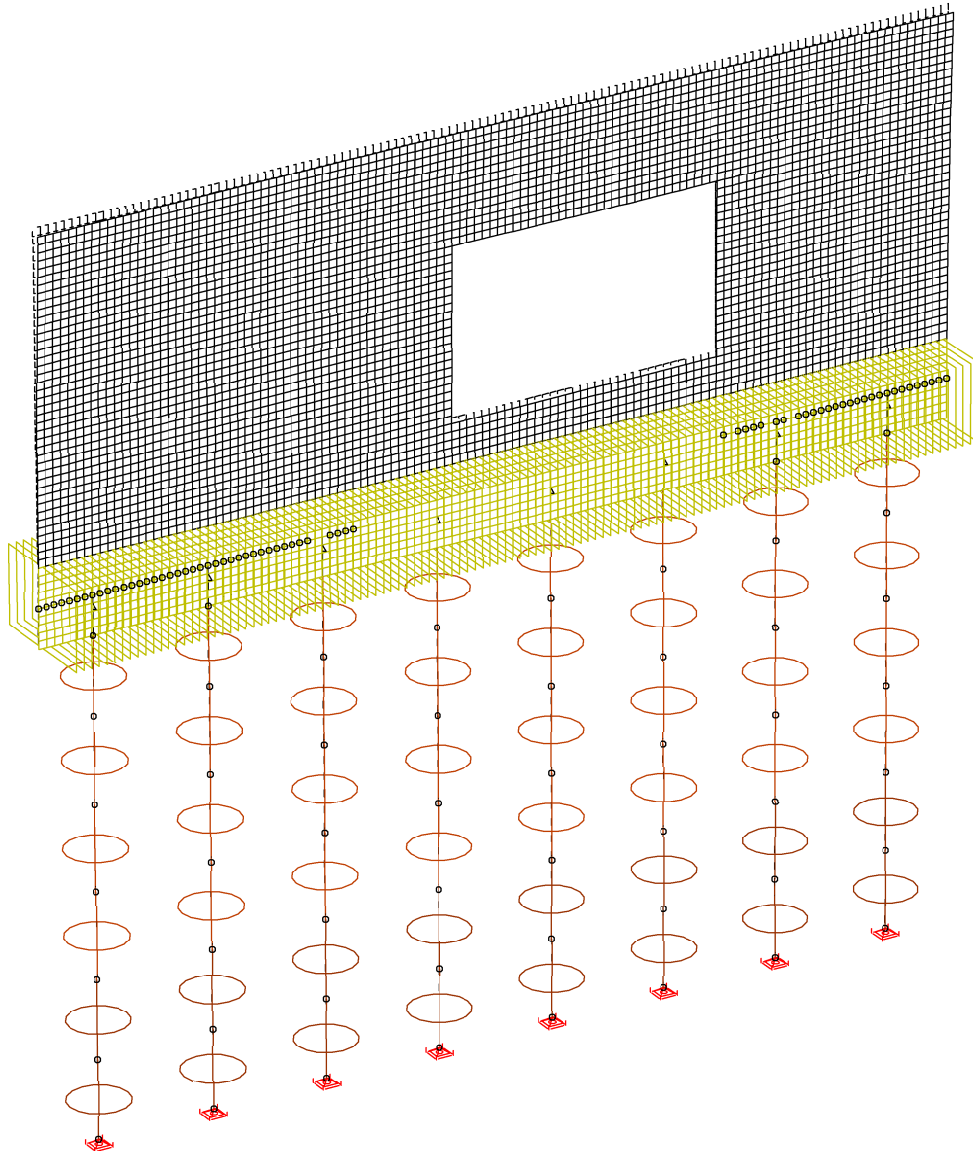
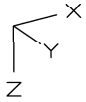


# Verformung



LFK DIN1992.C.1: 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1  
Deformationen u (min uy) [mm], Faktor = 20,0  
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/5,78 [mm]

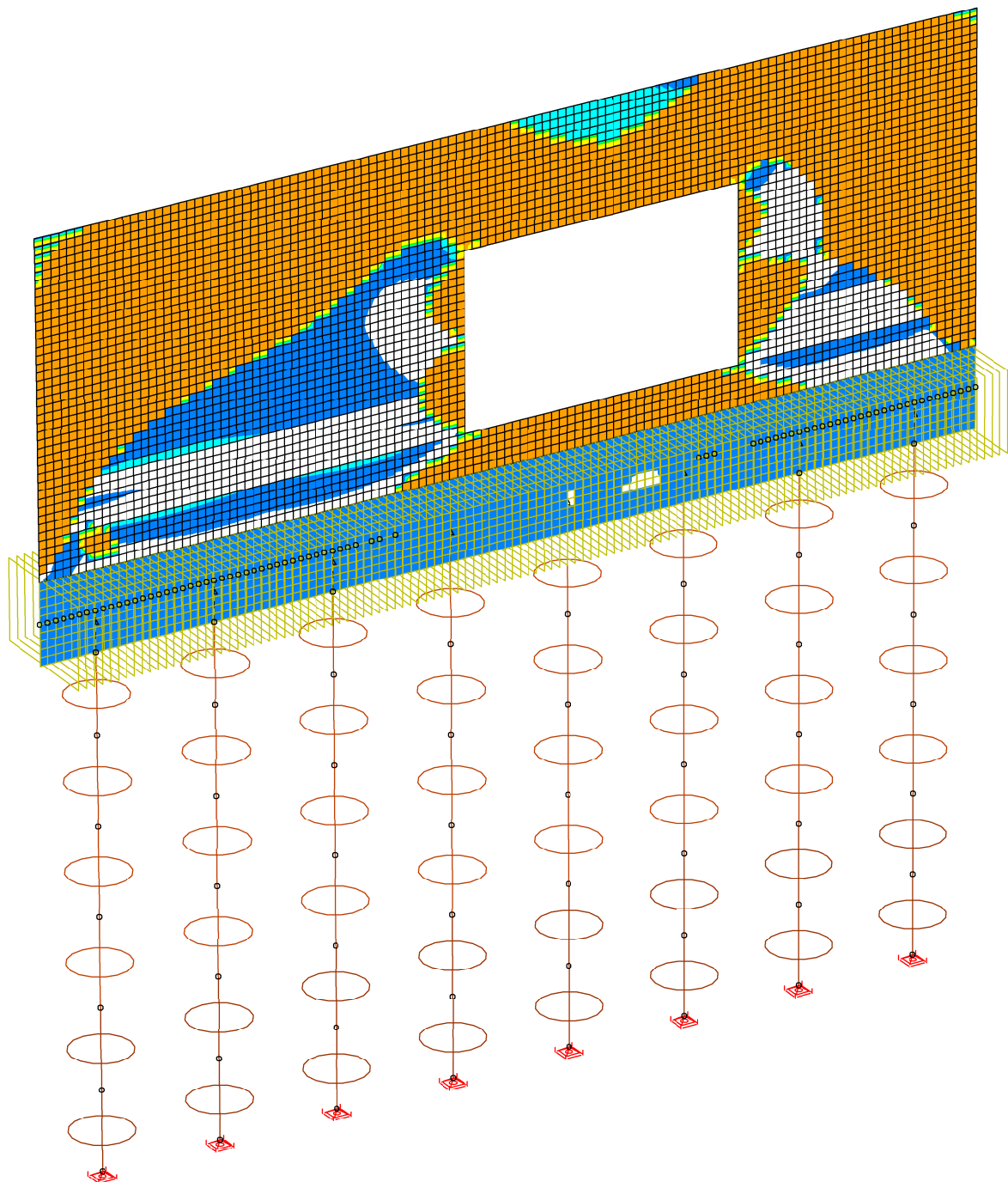
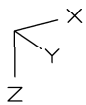
# Verformung



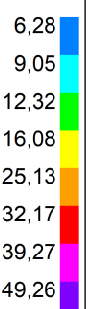
LFK DIN1992.C.1: 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1  
Deformationen  $u$  (max  $u_y$ ) [mm], Faktor = 20,0  
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/6,56 [mm]



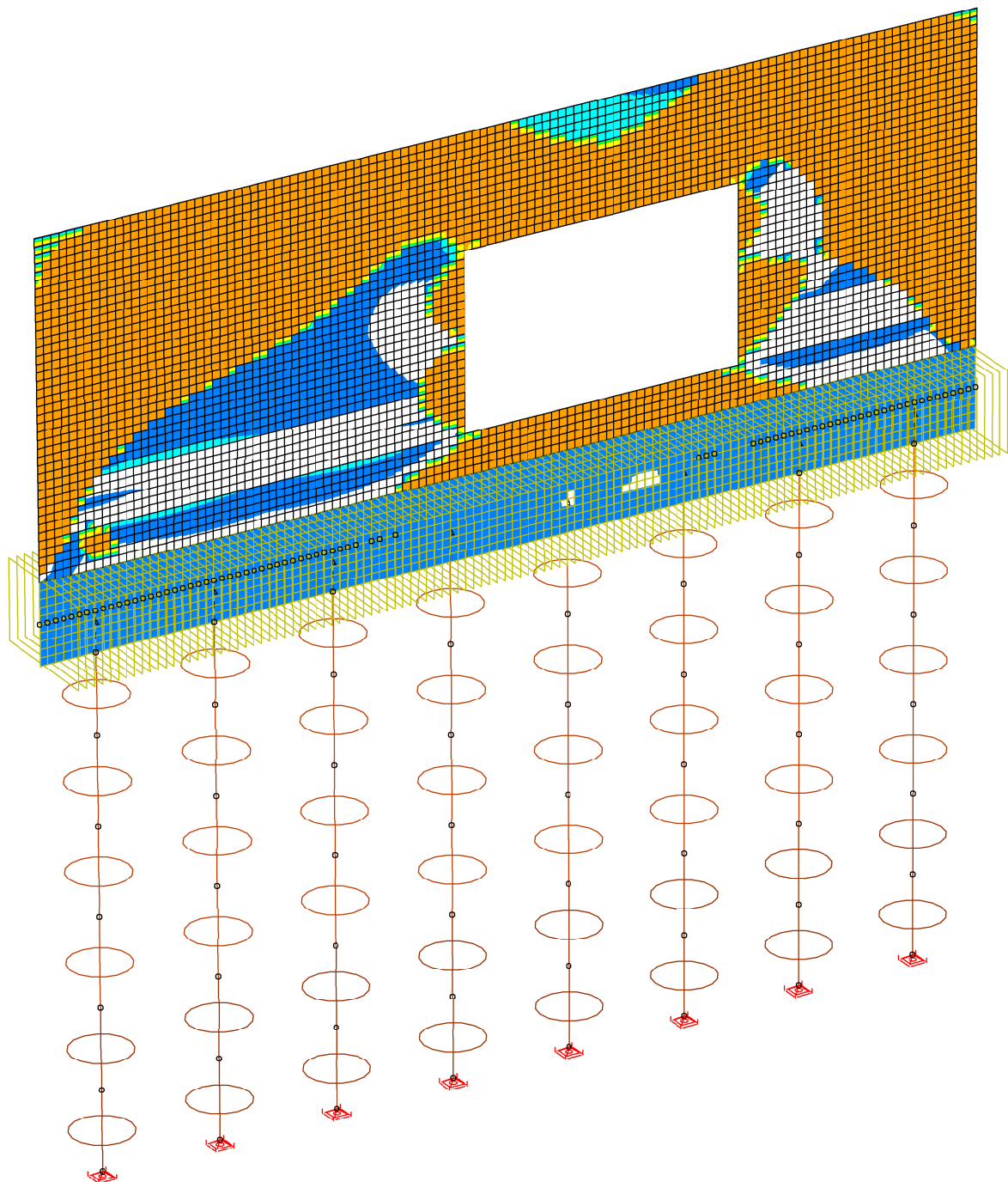
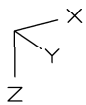
# Bewehrung



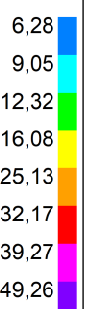
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1  
 Biegebewehrung asx 1. Lage [cm<sup>2</sup>/m]  
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/32,58 [cm<sup>2</sup>/m]  
 Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 2,3 t



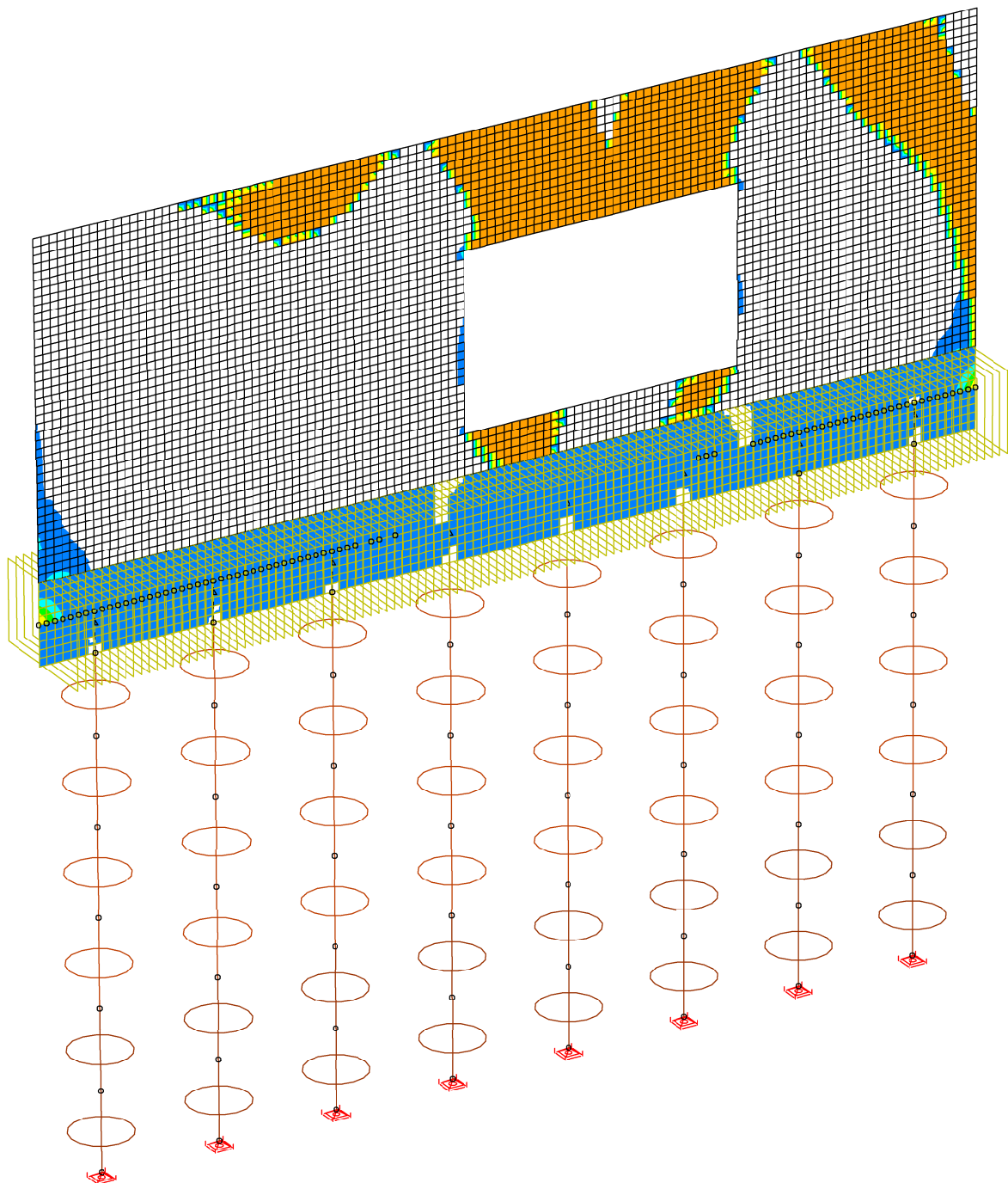
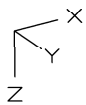
# Bewehrung



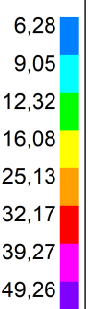
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1  
 Biegebewehrung asx 2. Lage [cm<sup>2</sup>/m]  
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/33,28 [cm<sup>2</sup>/m]  
 Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 2,3 t



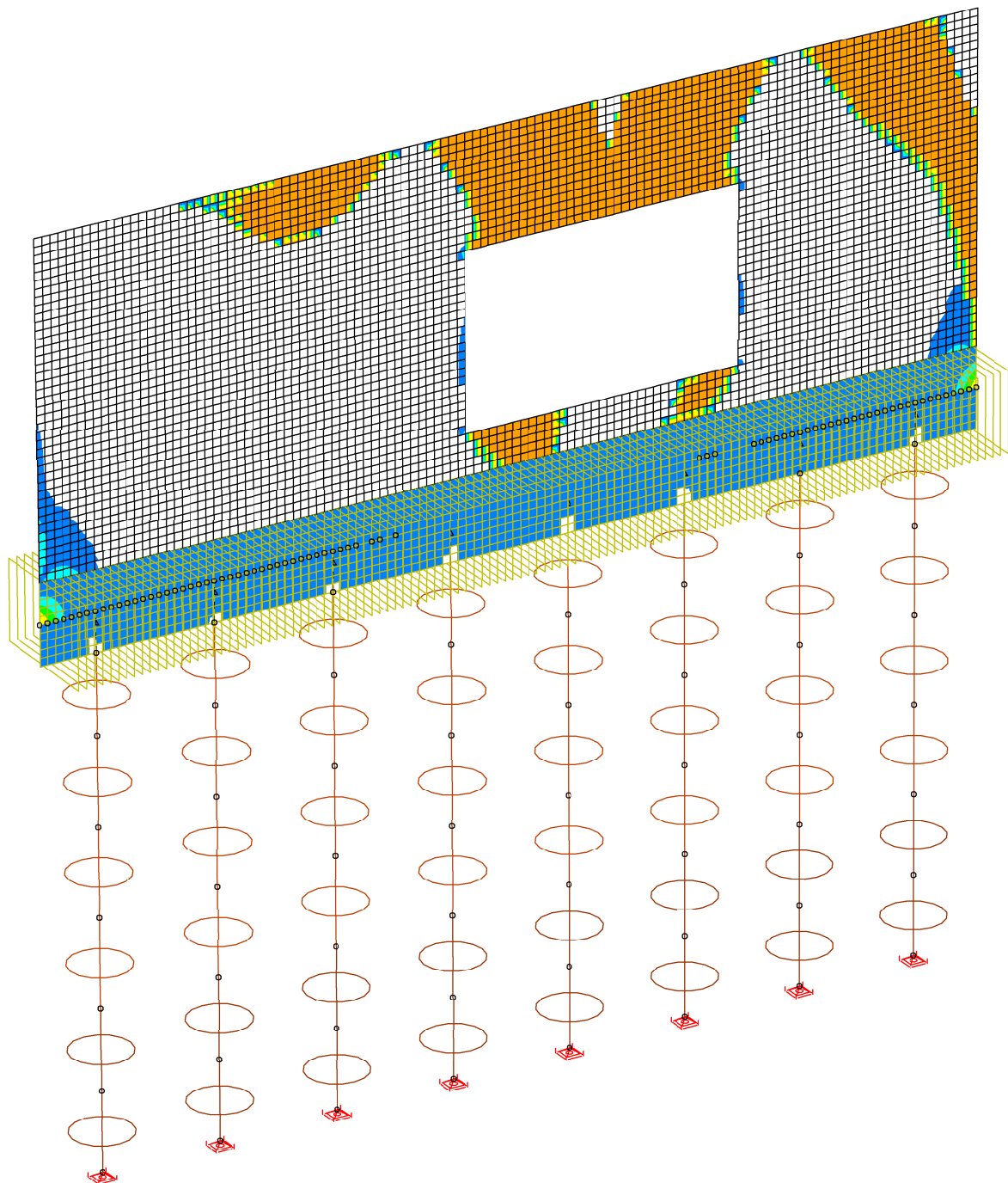
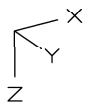
# Bewehrung



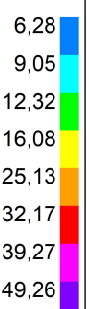
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1  
 Biegebewehrung asy 1. Lage [cm²/m]  
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/27,33 [cm²/m]  
 Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 2,3 t



# Bewehrung

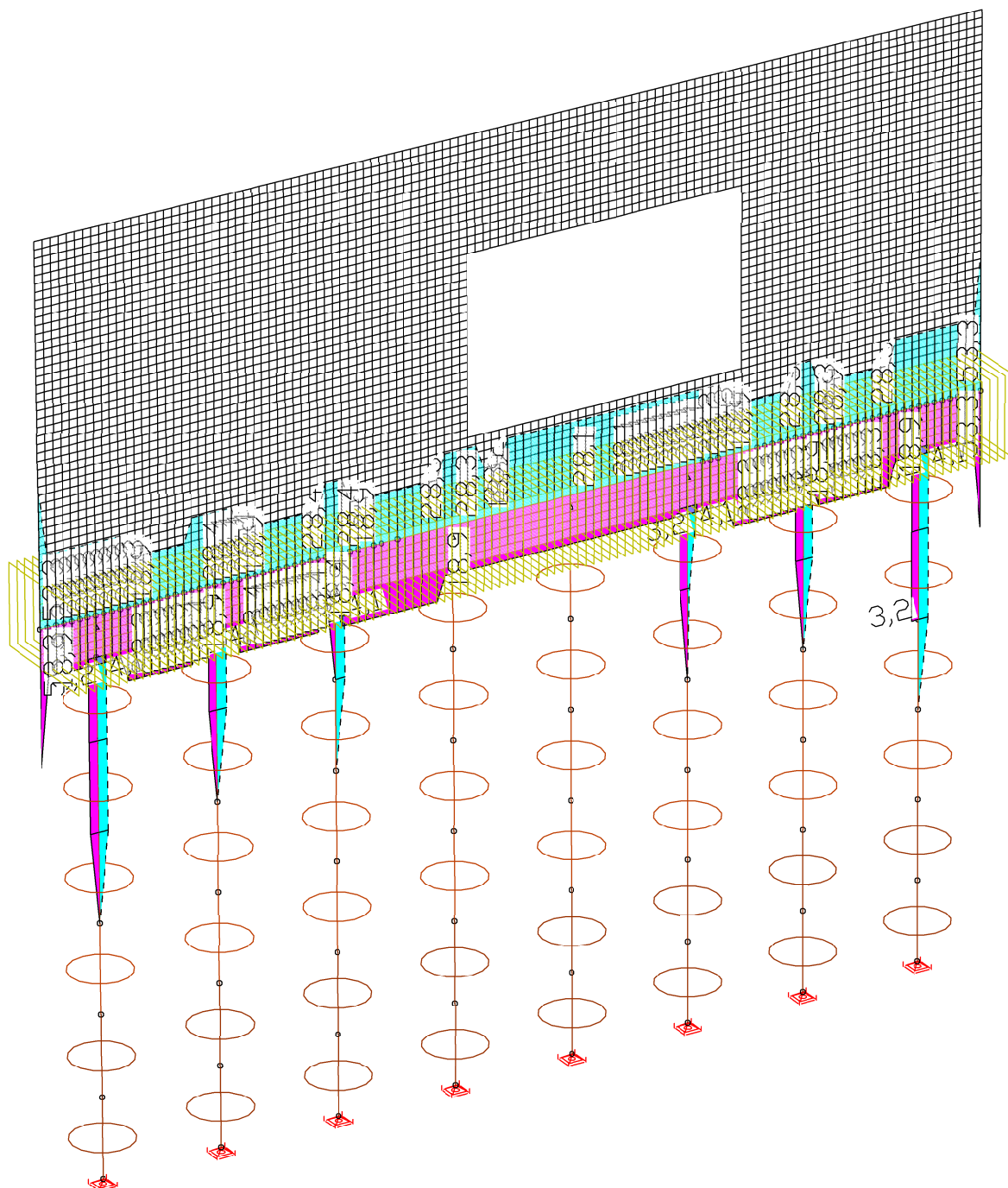
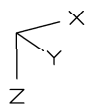


LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1  
 Biegebewehrung asy 2. Lage [cm²/m]  
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/27,33 [cm²/m]  
 Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 2,3 t





# Bewehrung



LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1

Biegebewehrung, Stahllagen  $z \geq z_s$ ;  $z < z_s$  (strichliert) [cm<sup>2</sup>]

Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/53,33 [cm<sup>2</sup>], Gesamtgew. aus Bemessung: 0,5 t

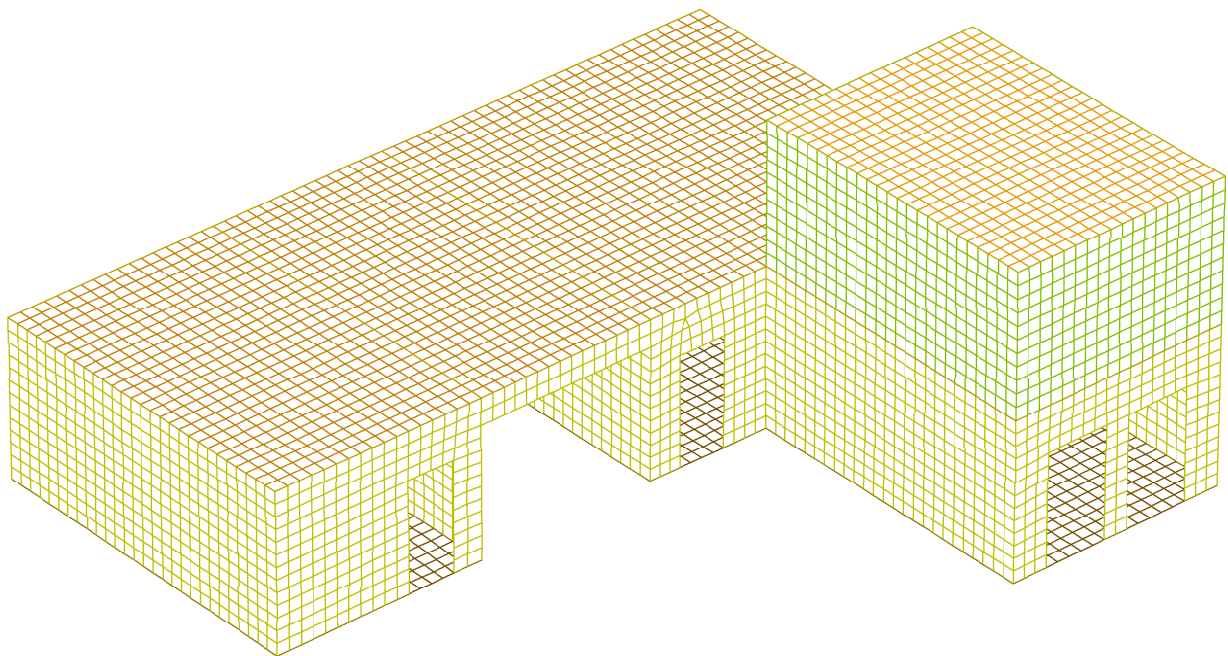
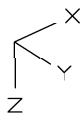
## **Anlage 3.2**

### **InfoCAD Bemessung Betriebsgebäude**

**INHALT**

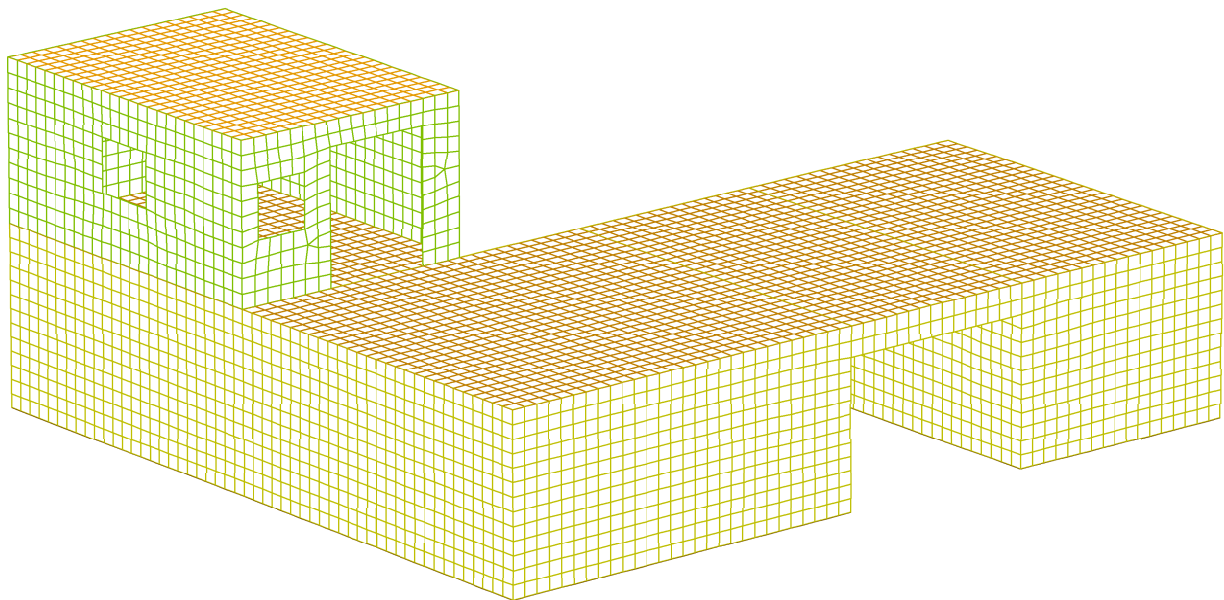
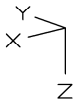
Inhalt .....	63
<b>System</b>	
System .....	64
System .....	65
<b>Lasten</b>	
1 : Eigengewicht .....	66
2 : Erdruchedruck .....	67
3 : Erddruck infolge Verkehrslast, SLW 30 .....	68
4 : Wasserdruck HQ 100+15% .....	69
5 : Nutzlast EG 1, $q=10 \text{ kN/m}^2$ .....	70
6 : Nutzlast EG 2, $q=10 \text{ kN/m}^2$ .....	71
7 : Nutzlast EG 3, $q=10 \text{ kN/m}^2$ .....	72
8 : Verkehrslast OG 1, SLW 30 .....	73
9 : Nutzlast OG 2, $q=10 \text{ kN/m}^2$ .....	74
10 : Schneelast, $q=1,5 \text{ kN/m}^2$ .....	75
11 : dTM, Sommer .....	76
12 : dTM, Winter .....	77
13 : dTG, Sommer .....	78
14 : dTG, Winter .....	79
<b>Bewehrung</b>	
Biegebewehrung asx 1. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1 .....	80
Biegebewehrung asx 2. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1 .....	81
Biegebewehrung asy 1. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1 .....	82
Biegebewehrung asy 2. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1 .....	83
Bügelbewehrung asb; Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1 .....	84
<b>Bodenpressung und -verformung</b>	
Bodenpressungen $\Sigma \sigma_z$ min; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1 .....	85
Deformationen $u_z$ max; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1 .....	85
Bodenpressungen $\Sigma \sigma_z$ max; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1 .....	86
Deformationen $u_z$ min; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1 .....	86

# System



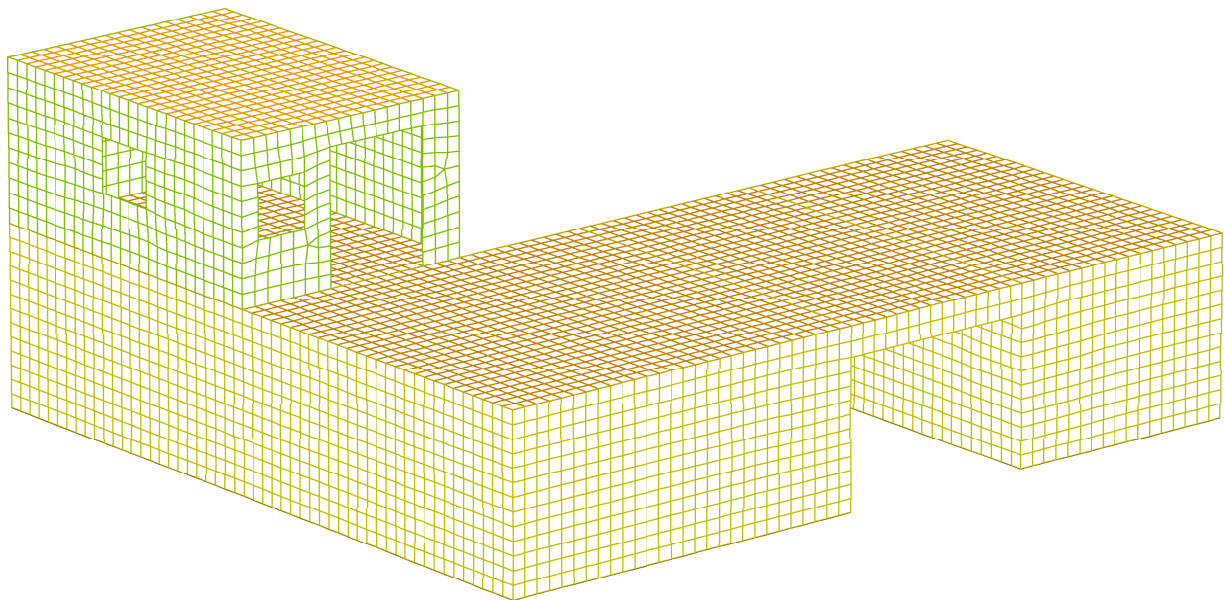
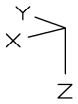


# System



# Lasten

EIGENLAST

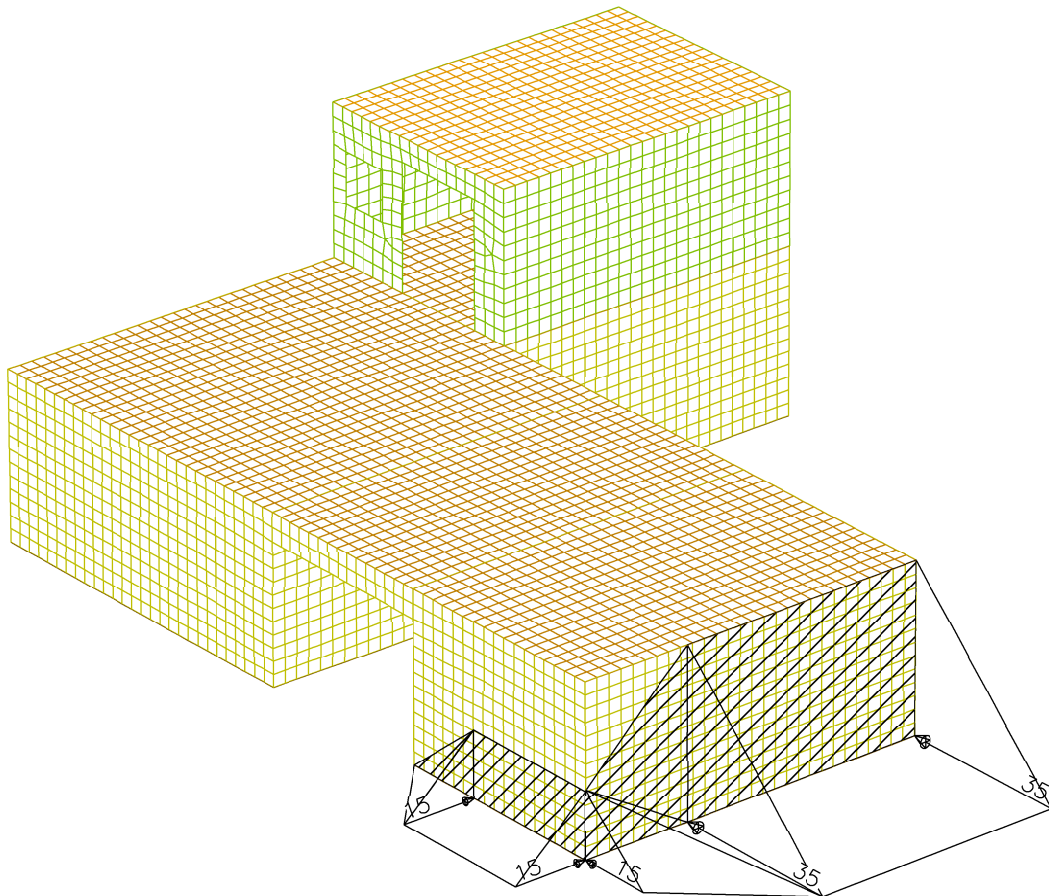
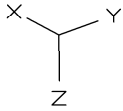


LF 1: Belastung, Eigengewicht

Objekt 8.2\_Betriebsgebäude

M = 1:130

# Lasten



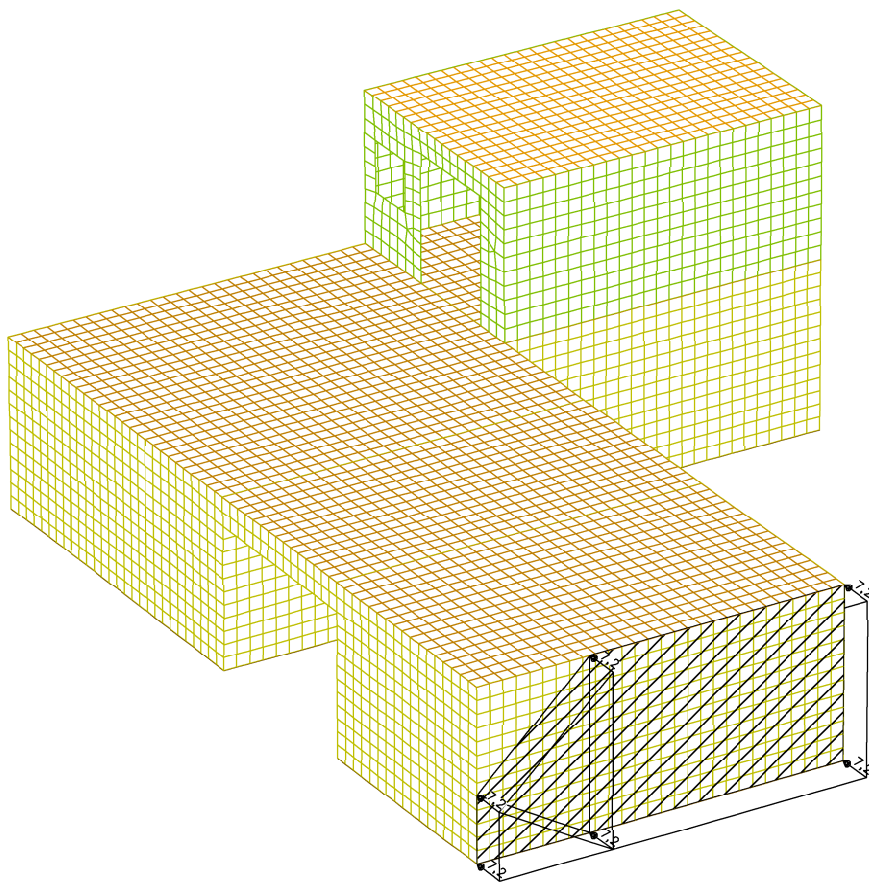
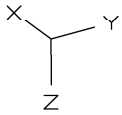
LF 2: Belastung, Erdruchdruck

Objekt 8.2\_Betriebsgebäude

M = 1:130

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

# Lasten



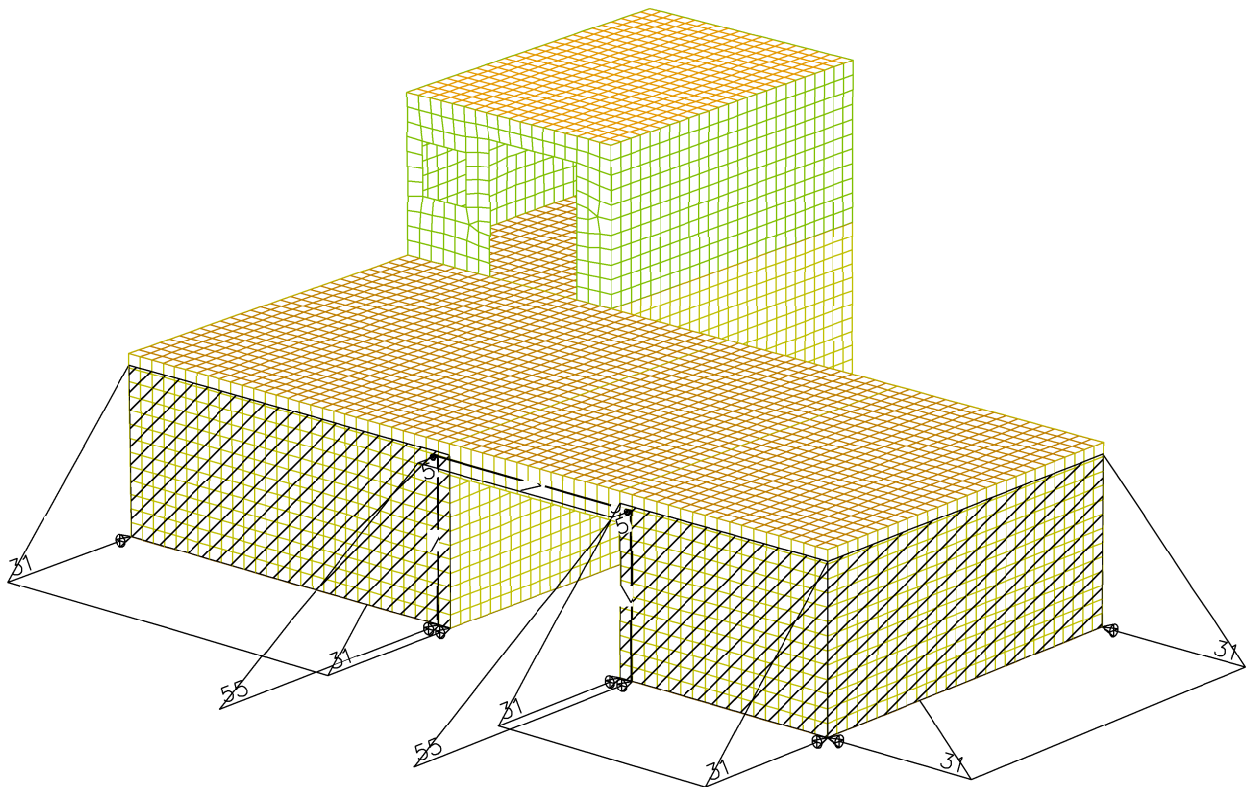
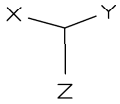
LF 3: Belastung, Erddruck infolge Verkehrslast, SLW 30

Objekt 8.2\_Betriebsgebäude

M = 1:130

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

# Lasten



LF 4: Belastung, Wasserdruck HQ 100+15%

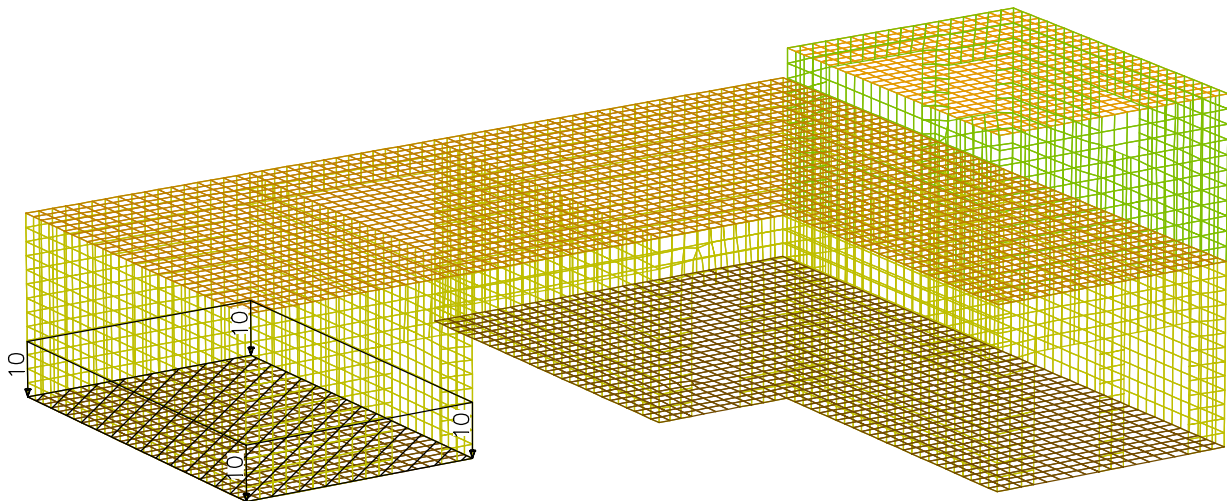
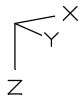
Objekt 8.2\_Betriebsgebäude

M = 1:130

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



# Lasten



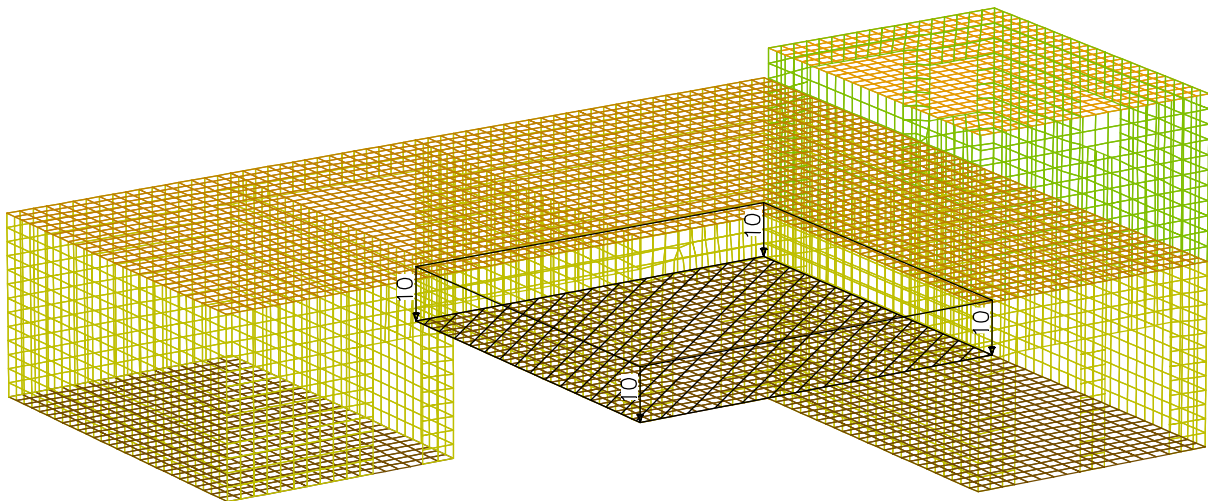
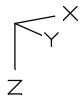
LF 5: Belastung, Nutzlast EG 1,  $q=10 \text{ kN/m}^2$

Objekt 8.2\_Betriebsgebäude

M = 1:130

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

# Lasten



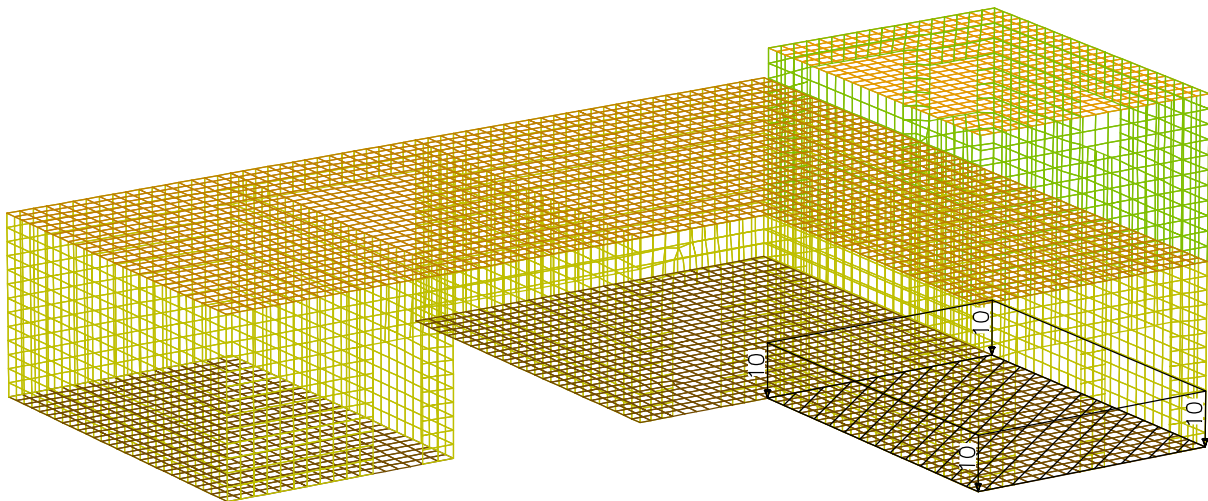
LF 6: Belastung, Nutzlast EG 2,  $q=10 \text{ kN/m}^2$

Objekt 8.2\_Betriebsgebäude

M = 1:130

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

# Lasten



LF 7: Belastung, Nutzlast EG 3,  $q=10 \text{ kN/m}^2$

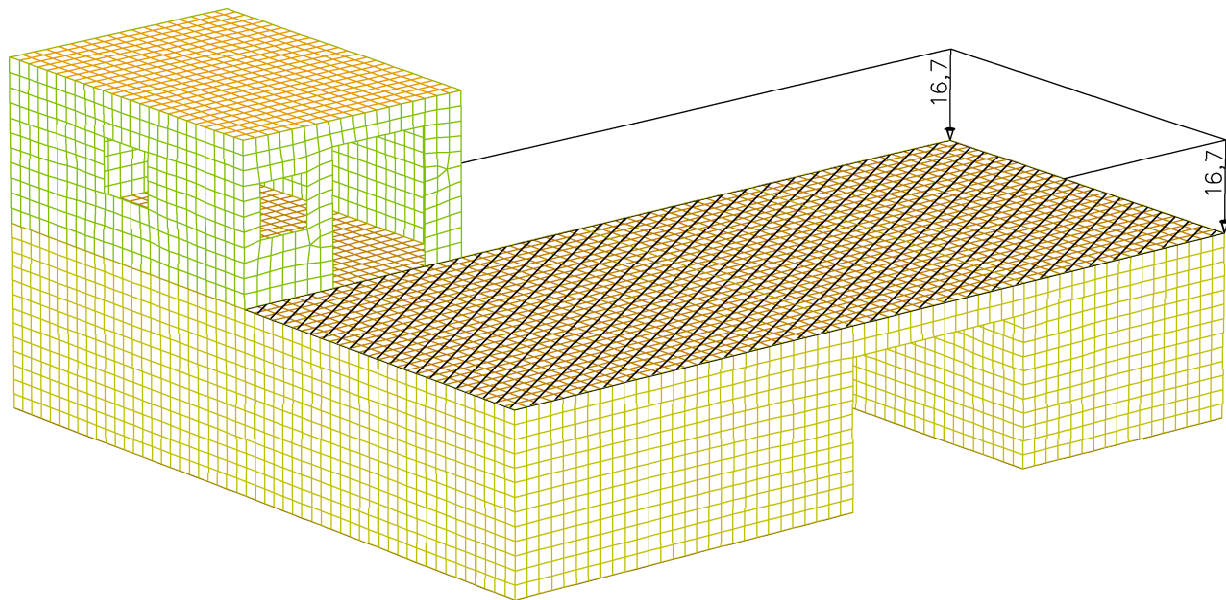
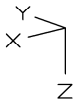
Objekt 8.2\_Betriebsgebäude

M = 1:130

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



# Lasten



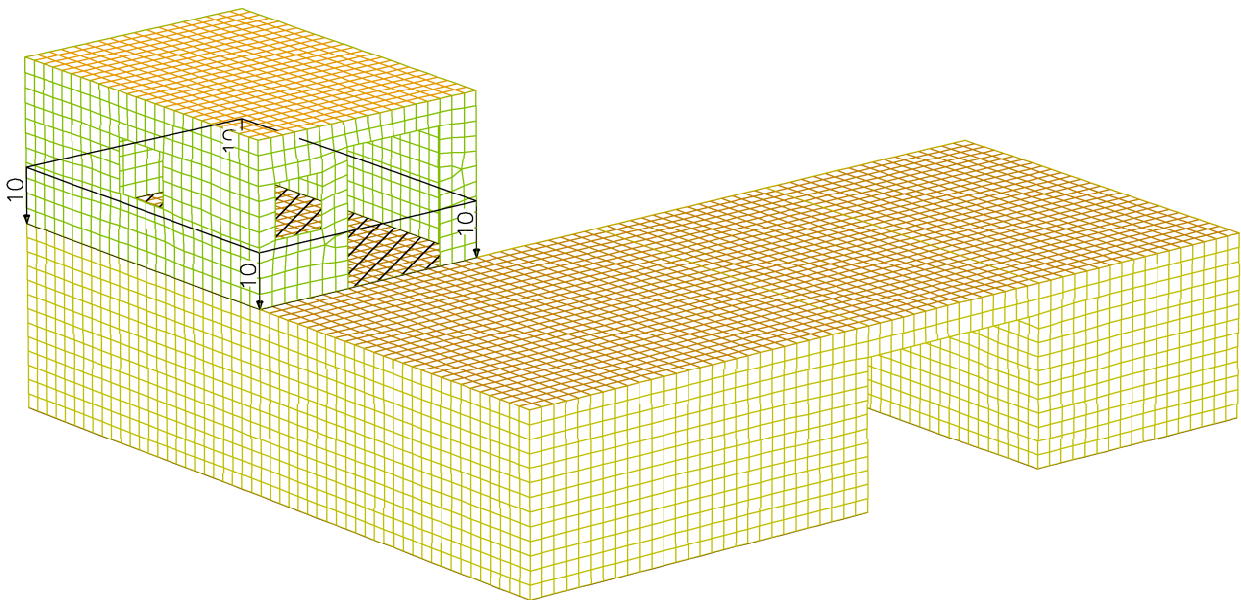
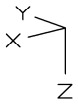
LF 8: Belastung, Verkehrslast OG 1, SLW 30

Objekt 8.2\_Betriebsgebäude

M = 1:130

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

# Lasten



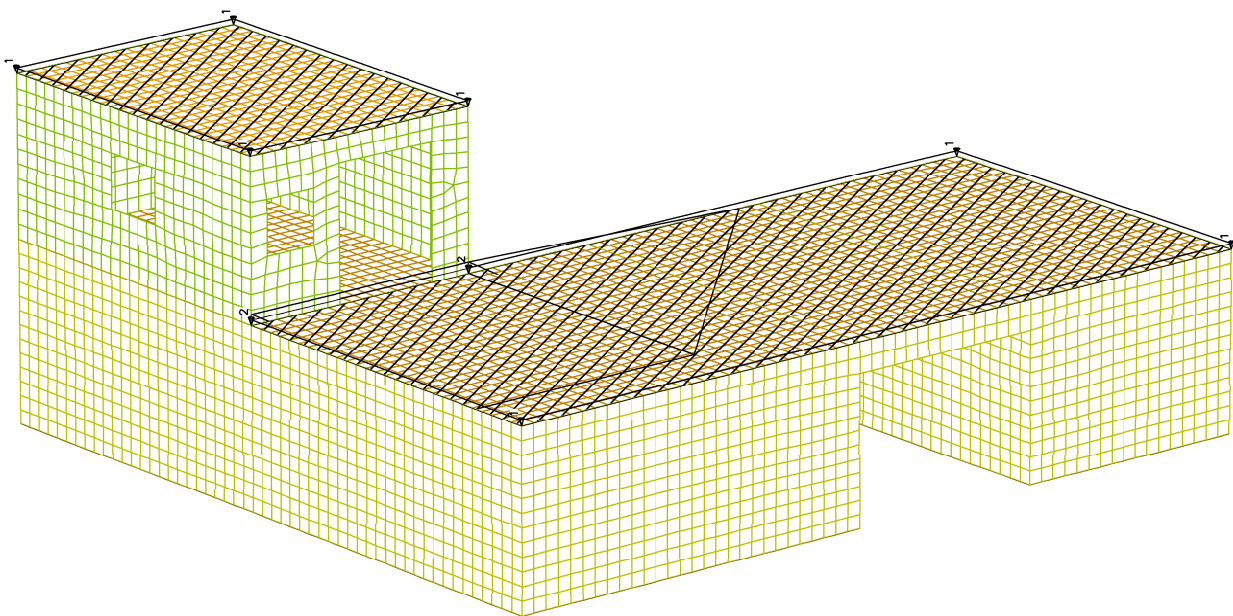
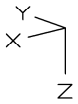
LF 9: Belastung, Nutzlast OG 2,  $q=10 \text{ kN/m}^2$

Objekt 8.2\_Betriebsgebäude

M = 1:130

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

# Lasten



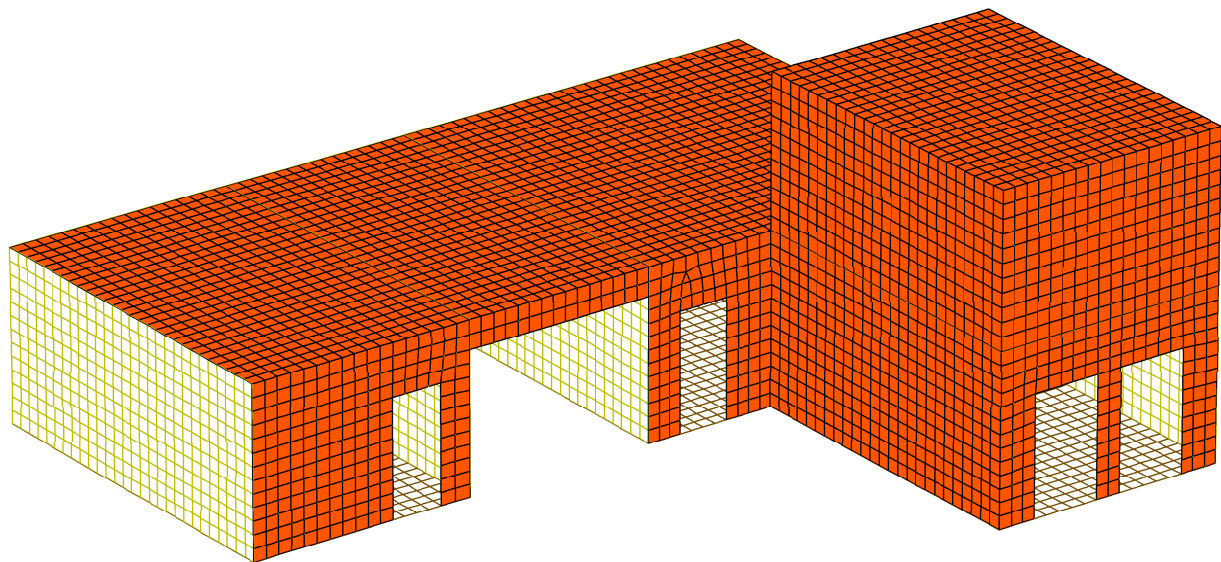
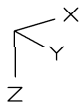
LF 10: Belastung, Schneelast,  $q=1,5\text{kN/m}^2$

Objekt 8.2\_Betriebsgebäude

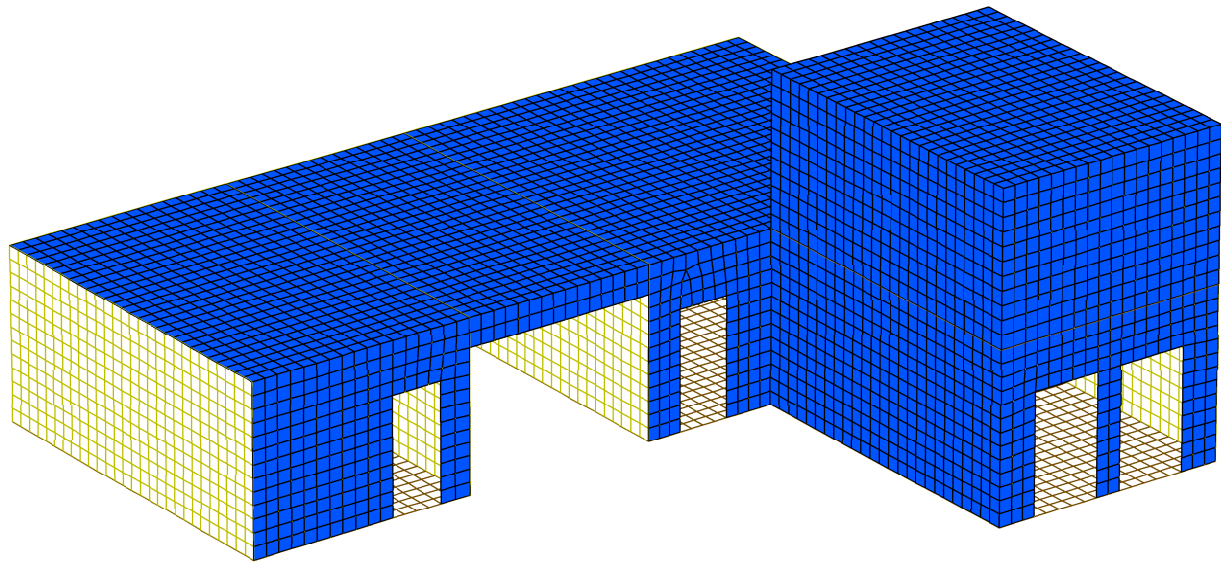
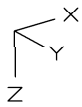
M = 1:130

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

# Lasten



# Lasten



LF 12: Belastung, dTM, Winter

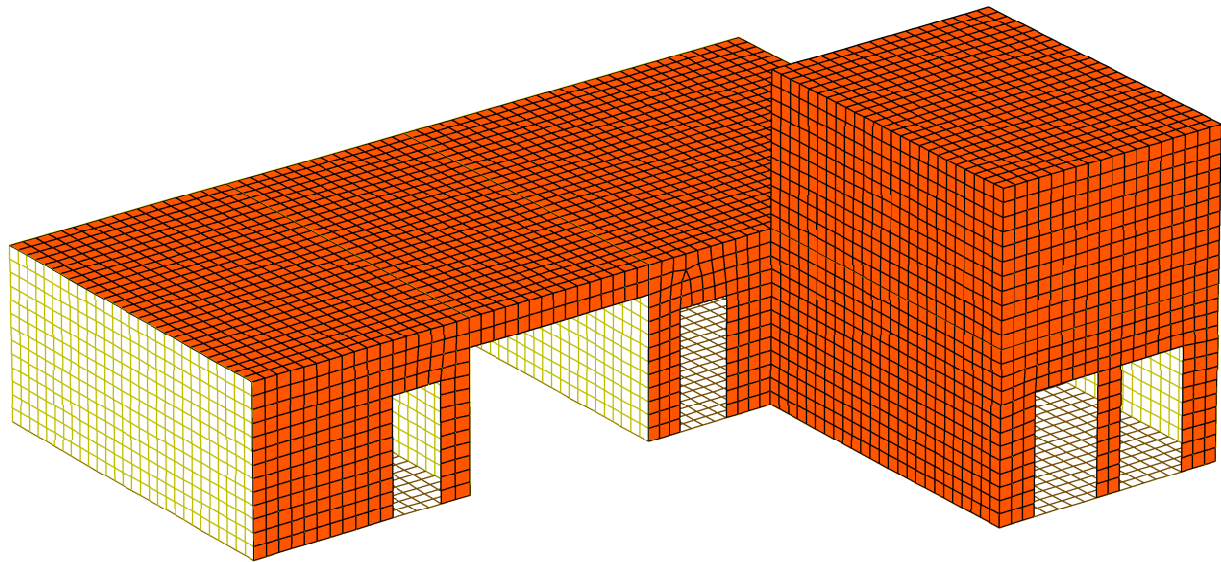
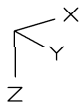
tm [K]  
-11,1

Objekt 8.2\_Betriebsgebäude

M = 1:130

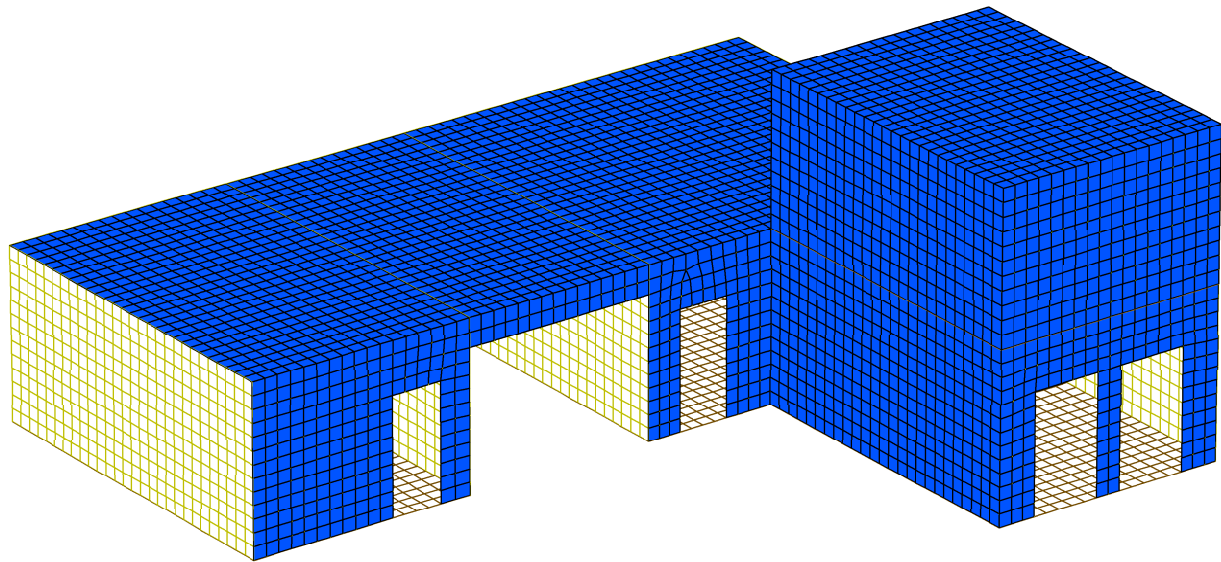
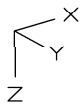
Regierungsbaumeister Schlegel GmbH &amp; Co. KG, Guntherstr. 29, 80639 München

# Lasten





# Lasten



LF 14: Belastung, dTG, Winter

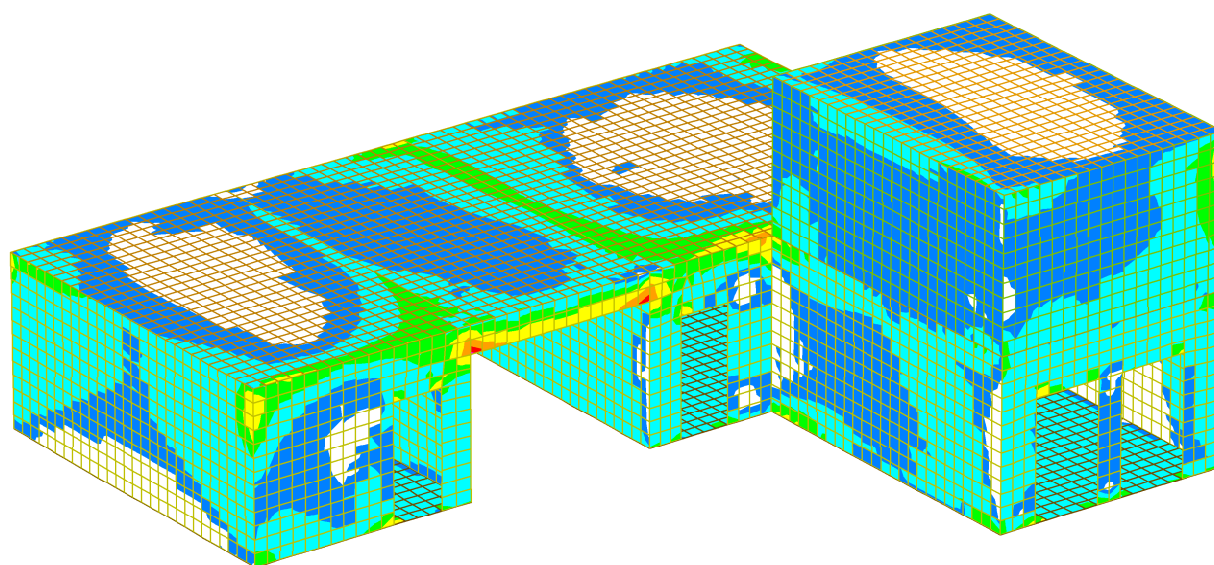
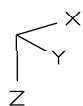
tu-to [K]  
-22,2

Objekt 8.2\_Betriebsgebäude

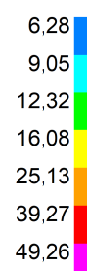
M = 1:130

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

# Bewehrung

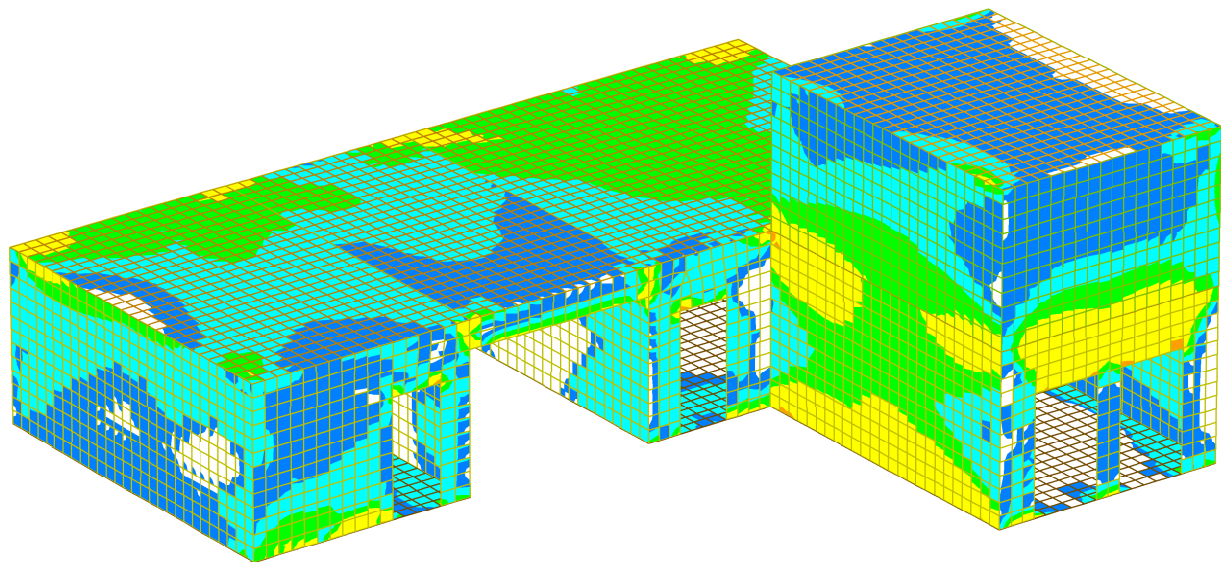
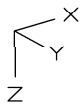


LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1  
Biegebewehrung asx 1. Lage [cm<sup>2</sup>/m]  
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,01/71,28 [cm<sup>2</sup>/m]  
Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 16,3 t

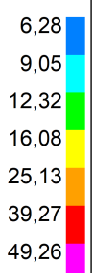




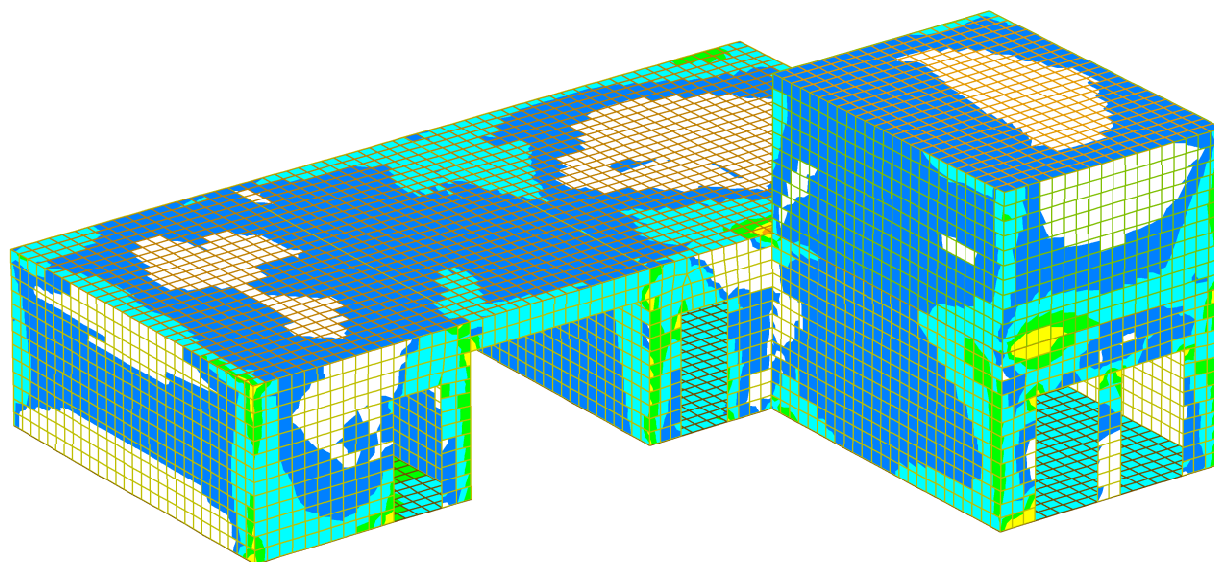
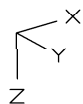
# Bewehrung



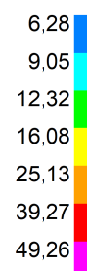
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1  
Biegebewehrung asx 2. Lage [cm<sup>2</sup>/m]  
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/51,70 [cm<sup>2</sup>/m]  
Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 16,3 t



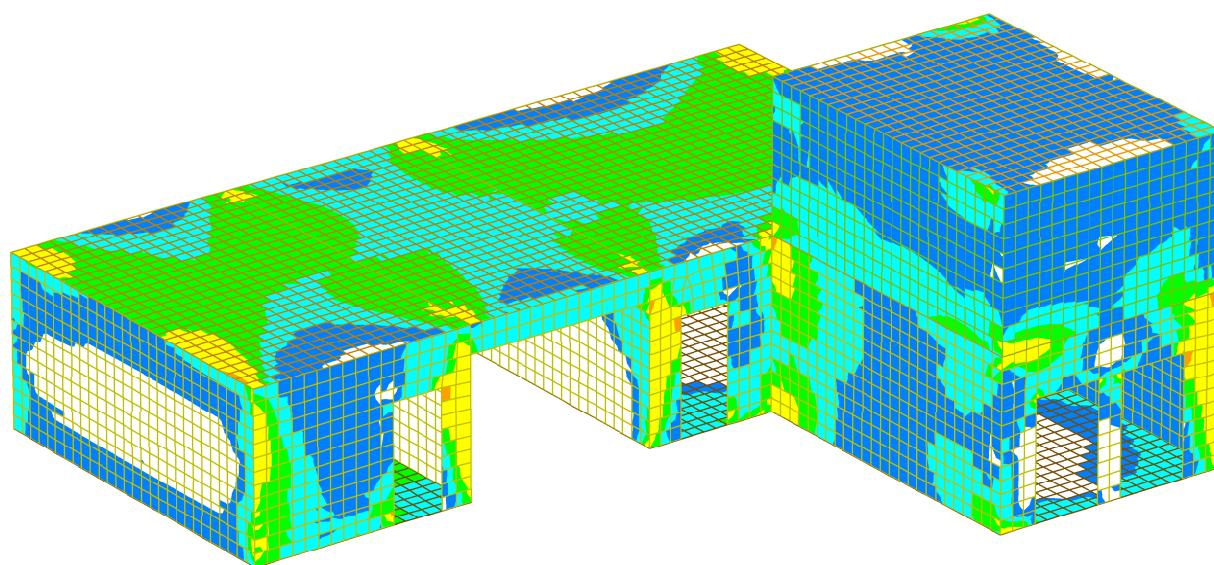
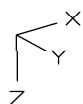
# Bewehrung



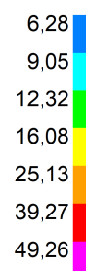
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1  
Biegebewehrung asy 1. Lage [cm<sup>2</sup>/m]  
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/40,18 [cm<sup>2</sup>/m]  
Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 16,3 t



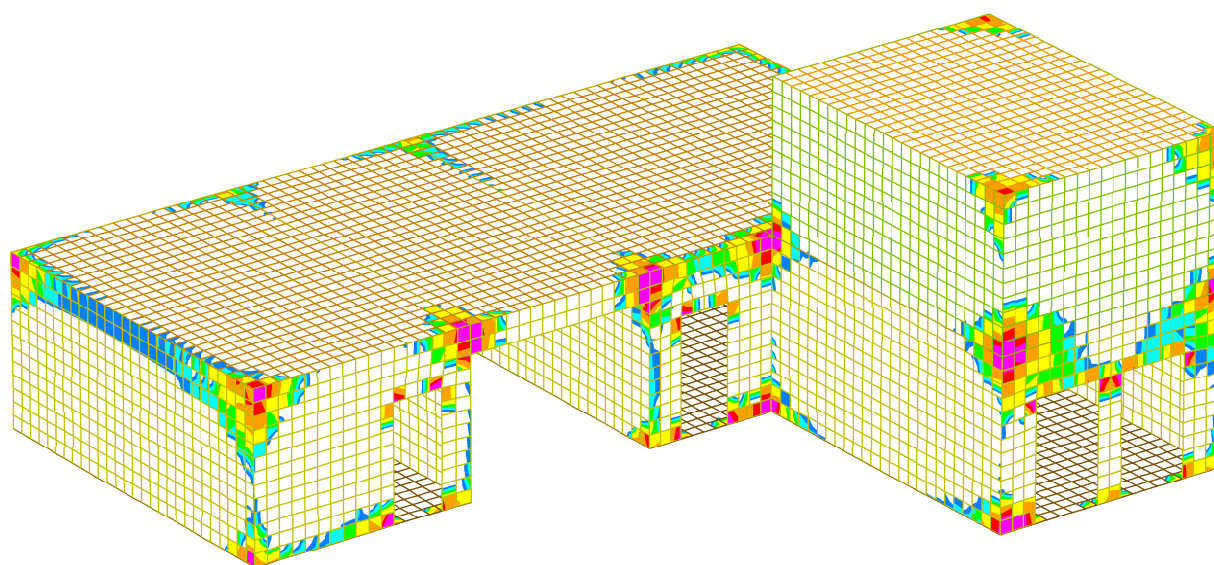
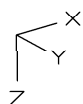
# Bewehrung



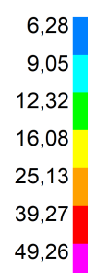
LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1  
Biegebewehrung asy 2. Lage [cm<sup>2</sup>/m]  
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/45,75 [cm<sup>2</sup>/m]  
Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 16,3 t



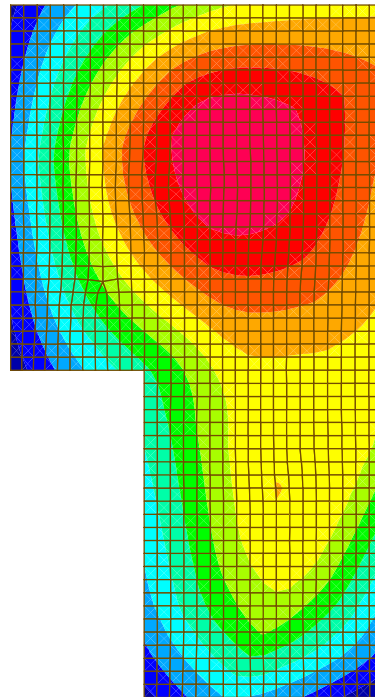
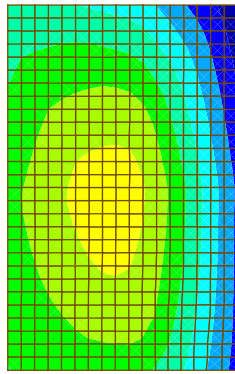
# Bewehrung



LFK DIN1992.BRUCH: Tragfähigkeit DIN EN 1992-1-1  
Bügelbewehrung aus Querkraft [cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>]  
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,00/132,20 [cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>]  
Berechnung in den Elementknoten



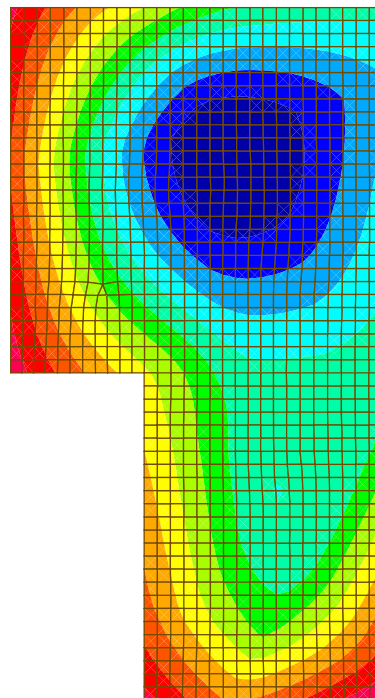
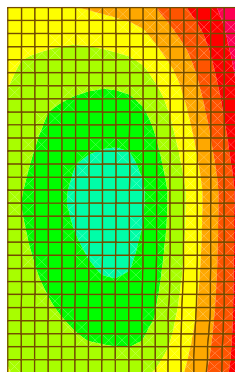
## Bodenpressung und -verformung



-90,11  
-87,77  
-85,42  
-83,08  
-80,73  
-78,39  
-76,04  
-73,70  
-71,36  
-69,01  
-66,67  
-64,32  
-61,98

LFK DIN1992.C.1: 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1  
Bodenpressungen min Sigma.z [kN/m<sup>2</sup>]  
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -90,11/-61,98 [kN/m<sup>2</sup>]

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



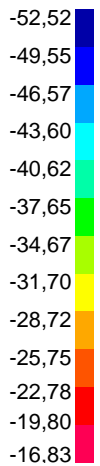
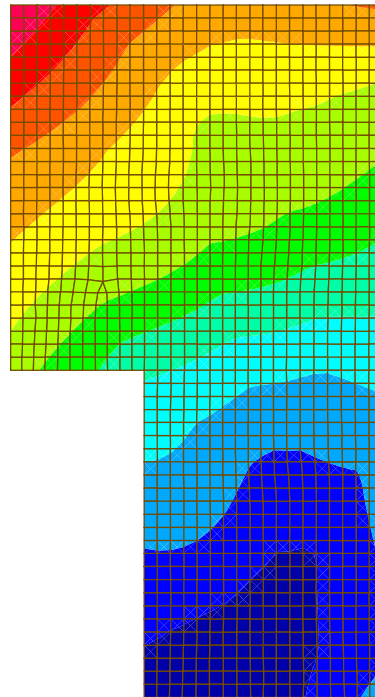
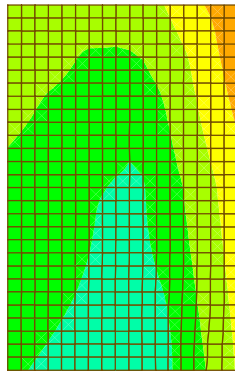
6,20  
6,43  
6,67  
6,90  
7,14  
7,37  
7,60  
7,84  
8,07  
8,31  
8,54  
8,78  
9,01

LFK DIN1992.C.1: 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1  
Deformationen max uz [mm]  
Wertebereich (Teilsystem, min/max): 6,20/9,01 [mm]

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

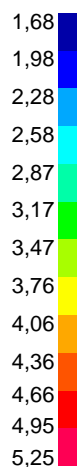
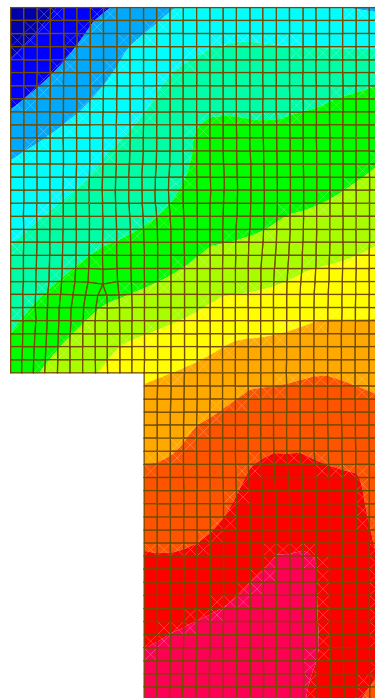
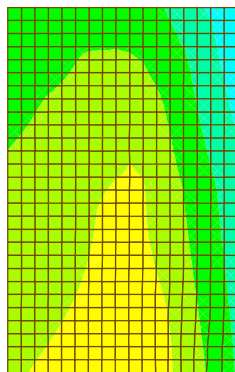


## Bodenpressung und -verformung



LFK DIN1992.C.1: 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1  
 Bodenpressungen max Sigma.z [kN/m²]  
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -52,52/-16,83 [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): 1,68/5,25 [mm]

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

#### **10.4      Anlage 4: Bestimmung der erforderlichen Bewehrung der Bohrpfähle**

## Ermittlung Betonstahlmenge für Bohrpfähle

(Rote Werte müssen eingetragen werden, blaue Werte (Zwischenergebnisse) werden berechnet, gelb unterlegt ist das Endergebnis)

Bohrpfahldurchmesser:	90 cm	Zugehörige Tabelle:	
Betondeckung:	8 cm		
Volumen pro m:	0,636 m <sup>2</sup>	Durchm.	Gewicht
Umfang in Bew.achse:	2,32 m	8	0,395
Längseisen Durchmesser:	20 mm	10	0,617
Längseisen Anzahl:	16 -	12	0,888
Wendel Durchmesser:	12 mm	14	1,208
Wendel Ganghöhe:	10 cm	16	1,578
Längseisen Gewicht pro m:	2,466 kg	12D = 17	1,782
Wendel Gewicht pro m:	0,888 kg	20	2,466
Stahlgewicht pro m (+5%):	63,1 kg/m	16D = 23	3,261
		25	3,853
		28	4,834

Flachstahl 1 (Distanzringe)	5 kg/m
Flachstahl 2 (Fußkreuz)	5 kg/Bohrpfahl

Länge Bohrpfahl in m:	10,0	11,0	11,5	12,0	13,5	14,5
Gewicht Betonstahl:	631	694	726	757	852	915
Gewicht Flachstahl 1:	50	55	57,5	60	67,5	72,5
Gewicht Flachstahl 2:	5	5	5	5	5	5
Gesamtsumme:	686	754	788	822	924	992

Volumen Bpf:	6,36	7,00	7,32	7,63	8,59	9,22
Bew.gehalt (ohne Flachst.) [kg/m <sup>3</sup> ]:	99	99	99	99	99	99
Bew.gehalt (mit Flachst.) [kg/m <sup>3</sup> ]:	108	108	108	108	108	108