

Projekt 2527.01

Hochwasserschutz Nittenau

Freistaat Bayern, vertreten durch das
Wasserwirtschaftsamt Weiden

Statische Berechnung Nr. 2527.01_3_03_00

Objekt 3
Siel I



REGIERUNGSBAUMEISTER
SCHLEGEL

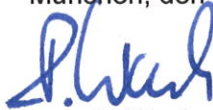
Bauherr:

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 19.06.2017


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	Siel I	3
1.3	Verwendete Normen und Unterlagen	5
1.4	Randbedingungen der Planungen	6
1.5	Grundwasserstand	7
1.6	Geotechnische Gutachten / Bodenschichtung	7
1.7	Gründung / Bettung	9
2	Nachweise	10
3	Bauteileigenschaften	11
3.1	Baustoffe / Expositionsclassen (allgemein)	11
3.2	Rissbreitenbeschränkung (allgemein)	13
4	Rissbreitenbemessung	14
4.1	Siel I (Objekt 3)	14
4.1.1	Bodenplatte (d = 60 cm)	14
4.1.2	Außenwände (d = 65 cm)	14
4.1.3	Decke (d = 50 cm)	15
4.2	Zusammenfassung der verwendeten Betonsorten	15
5	Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen	16
6	Einwirkungen / Lastfälle	19
6.1	Einwirkungen	19
6.1.1	Lastfall 1: Eigengewicht	19

6.1.2	Lastfall 2: Eigengewicht der Klapptore, geschlossener Zustand	19
6.1.3	Lastfall 3: Eigengewicht der Klapptore, offener Zustand	19
6.1.4	Lastfall 4: Aufschüttung Sohlsubstrat	20
6.1.5	Lastfall 5: Erdruchdruck mit anstehendem Wasser auf Höhe des Stauziels	20
6.1.6	Lastfall 6 und 7: Erdruchdruck mit anstehendem Wasser auf Höhe des HW100 + 15%	21
6.1.7	Lastfälle 11: Nutzlast Bodenplatte	22
6.1.8	Lastfälle 12: Nutzlast Decke	22
6.1.9	Lastfälle 13: Schneelast Decke	23
6.1.10	Lastfälle 14 - 16: Verkehrslast auf Brücke	23
6.1.11	Lastfälle 21 und 22: Temperaturänderung ΔT_M bei Wasserstand Stauziel	23
6.1.12	Lastfälle 23 und 24: Temperaturgradient ΔT_G bei Wasserstand Stauziel	24
6.1.13	Erdbeben	25
6.2	Bemessungssituationen / Teilsicherheitsbeiwerte	25
6.3	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
8.1	Bodenaustausch	27
9	Zusammenfassung / Bewehrung der Bauteile	28
10	Anlagenverzeichnis	29
10.1	Anlage 1: Ergebnisausdruck Infograph	29
10.2	Anlage 2: Rissbreitenbemessung	45

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Übersichtslageplan der Hochwasserschutzmaßnahme Nittenau [P1].....	1
Bild 2:	Schnitt A-A.....	3
Bild 3:	Schnitt B-B.....	3
Bild 4:	Schnitt C-C.....	4
Bild 5:	RKS 10 und DPH 12	8
Bild 6:	RKS 11 und DPH 13	9
Bild 7:	Auszug aus DBV-Merkblatt „Rissbildung“ (Entwurf)	13
Bild 8:	Positionen für Auftriebsberechnung, Teil A, Schnitt A-A und Schnitt B-B	16
Bild 9:	Positionen für Auftriebsberechnung, Teil B, Schnitt C-C.....	17

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bauwerksabmessungen	2
Tabelle 2:	Bodenschichten gemäß Bodengutachten	7
Tabelle 3:	Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen	18
Tabelle 4:	Bewehrungsgehalt „Siel I“	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 des geplanten Siels I.

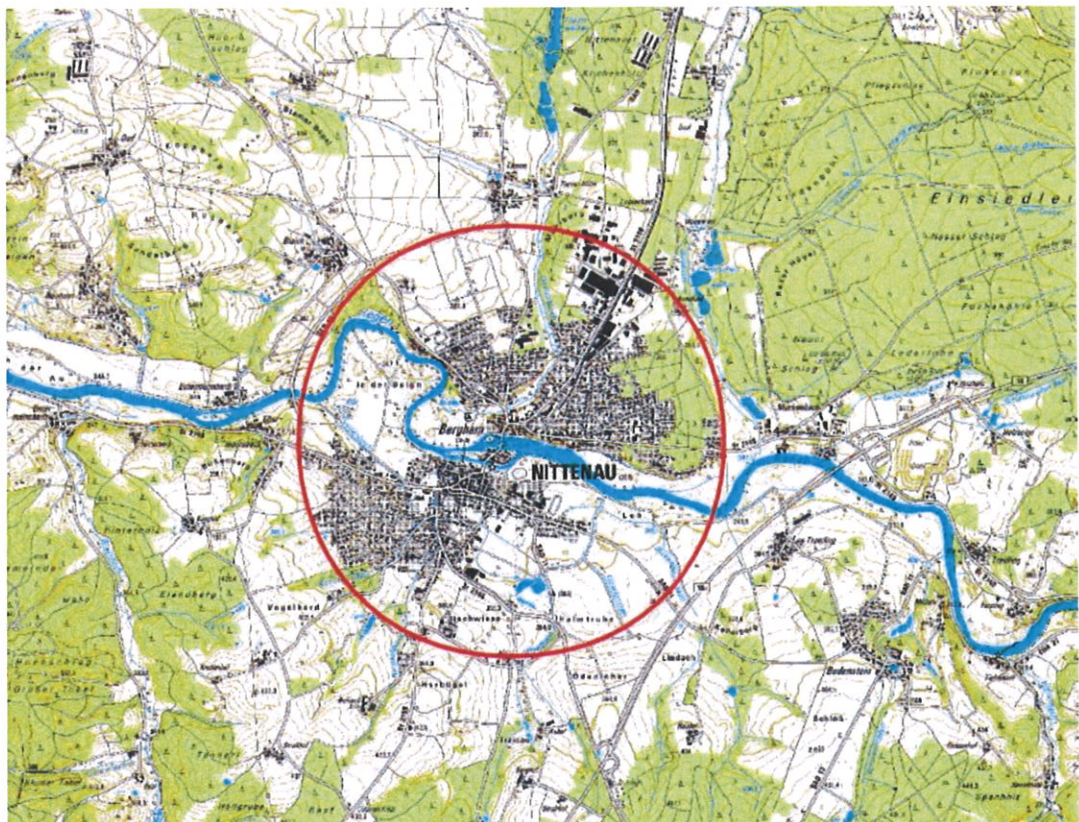


Bild 1: Übersichtslageplan der Hochwasserschutzmaßnahme Nittenau [P1]

1.1 Veranlassung / Klären der Aufgabenstellung

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

Die vorliegende statische Berechnung behandelt die Stahlbetonbauteile des „Siel I“. Im Einzelnen sind folgende Maßnahmen geplant:

Bauteil	Umbau / Neubau	Abmessungen
Siel I (Objekt 3)	Neubau	ca. 25,35 x 6,80 x 6,00 m

Tabelle 1: Bauwerksabmessungen

1.2 Bauteile / Bezeichnungen

1.2.1 Siel I

Schnitt A - A

M. 1:100

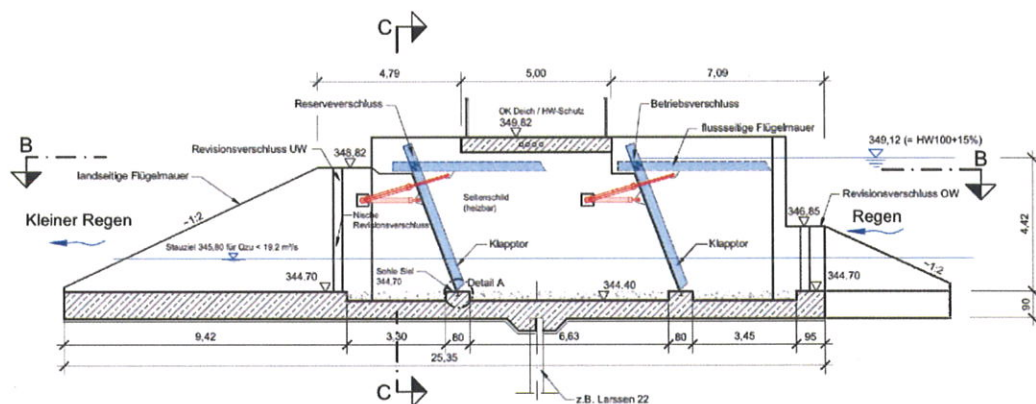


Bild 2: Schnitt A-A

Schnitt B - B

M. 1:100

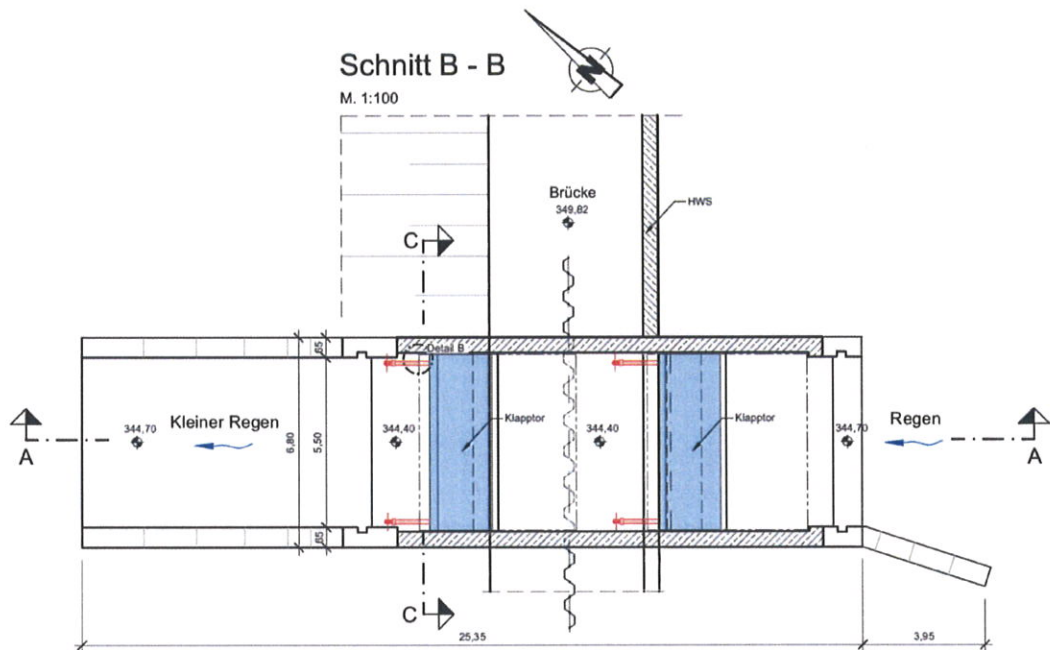


Bild 3: Schnitt B-B

Schnitt C - C

M. 1:100

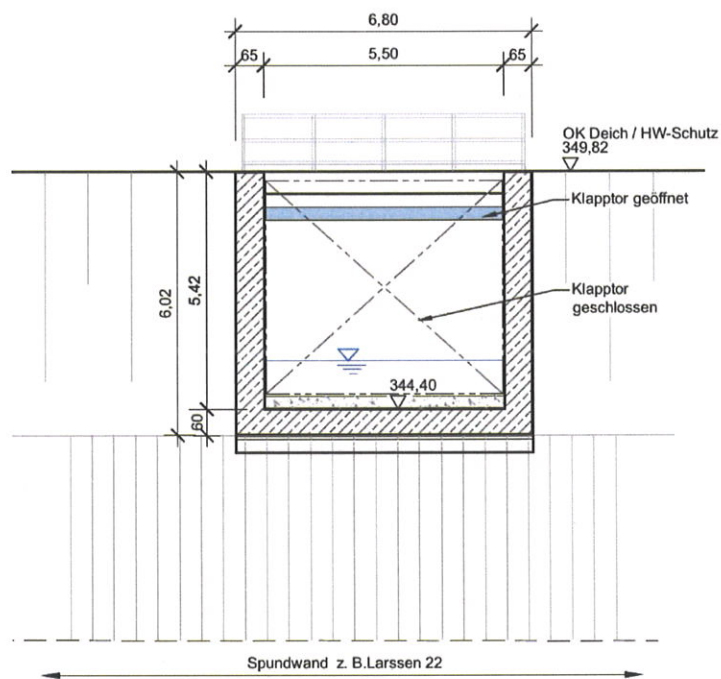


Bild 4: Schnitt C-C

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, Übersichtslageplan, Vorentwurf, Wasserwirtschaftsamt Weiden, Weiden, 10.01.2013.
- [P2] Hochwasserschutz Nittenau, Gesamtlageplan, Entwurf, Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, München, 15.02.2017.
- [P3] Hochwasserschutz Nittenau, Siel 1 mit HWS-Mauer, Lageplan, Entwurf, Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, München, 18.05.2017.
- [P4] Hochwasserschutz Nittenau, Bauwerksplan Siel 1, Draufsicht und Schnitt, Entwurf, Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG, München, 18.05.2017.

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.
- Alle Bauteile, die mit Wasser oder Abwasser in Berührung kommen, werden nach der WU-Richtlinie des DAfStb bemessen.
- 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.

1.5 Grundwasserstand

Als Stauziel ist für das Siel I ein Wasserstand von 345,80 m ü NN vorgesehen. Der Bemessungswasserstand wird auf ein HW100 + 15% festgelegt und liegt bei:

$$\text{HW100} + 15\%: \quad + 349,12 \text{ m ü. NN}$$

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

Tabelle 2: Bodenschichten gemäß Bodengutachten

Das Siel I ist am Beginn des Kleinen Regens an der Angerinsel geplant. Hier wurden die Rammkernsondierungen RKS 10 und RKS 11 sowie die Schweren Rammsondierungen DPH 12 und DPH 13 durchgeführt.

RKS 10 und DPH 12 befinden sich im Nordwesten des Siels, RKS 11 und DPH 13 liegt südöstlich davon.

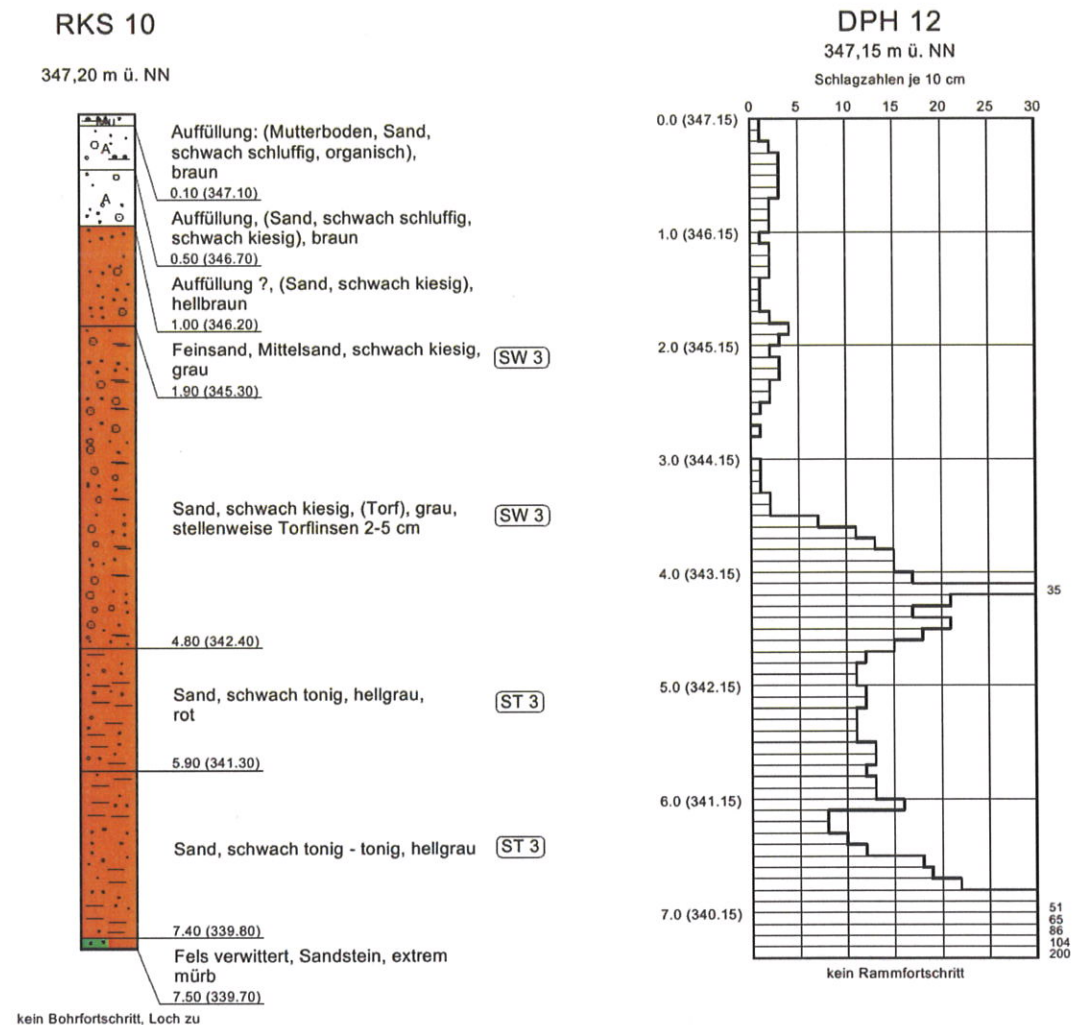


Bild 5: RKS 10 und DPH 12

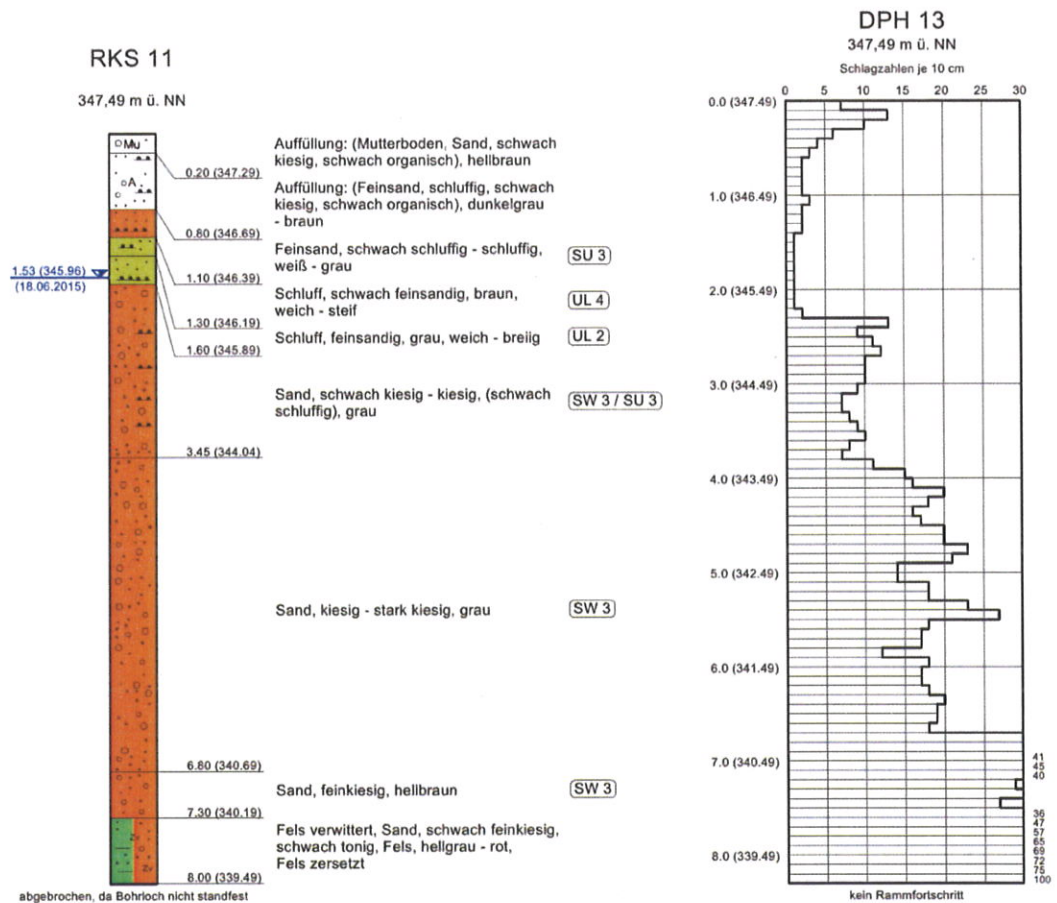


Bild 6: RKS 11 und DPH 13

1.7 Gründung / Bettung

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

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

2 Nachweise

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

Der Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen gemäß DIN EN 1997 wurde mit einem Wasserspiegel in der Höhe des Hw 100 + 15% 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 ^{1) 2)}	$\geq C30/37$ vermindere Klasse um 1	$\geq C30/37$ vermindere Klasse um 1	$\geq C35/45$ vermindere Klasse um 1	$\geq C40/50$ vermindere Klasse um 1	$\geq C40/50$ vermindere Klasse um 1	$\geq C40/50$ vermindere Klasse um 1	$\geq C45/55$ 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:	$c_{min,dur} = 45 \text{ mm}$,	$\Delta c_{dur,y} = 0 \text{ mm}$,	$\Delta c_{dev} = 15 \text{ mm}$,	$c_{nom} = 60 \text{ mm}$

Gewählt: $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 45 + 15 = 60 \text{ mm}$

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

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

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

Vorgesehener Betonstahl: B 500 B

3.2 Rissbreitenbeschränkung (allgemein)

- aus WU-Richtlinie (Beanspruchungsklasse 1 = Druckwasser, Nutzungsklasse B = Feuchstellen sind zulässig) unter Zwang:
 $w_k = 0,10 \text{ mm}$ gemäß WU-Richtlinie mit $h_w/h_b \leq 25$
 $w_k = 0,15 \text{ mm}$ gemäß WU-Richtlinie mit $h_w/h_b \leq 15$
 $w_k = 0,20 \text{ mm}$ gemäß WU-Richtlinie mit $h_w/h_b \leq 10$
- aus WU-Richtlinie (Beanspruchungsklasse 2 = Sickerwasser) unter Zwang:
 $w_k = 0,20 \text{ mm}$
- Unterscheidung der Nachweise unter Zwang in Nachweise unter frühem / spätem Zwang:
 Früher Zwang in horizontaler Richtung bei Bauteilen mit Abmessungen $\sim < 10 \text{ m}$;
 Später Zwang in horizontaler Richtung bei Bauteilen mit Abmessungen $\sim > 10 \text{ m}$;
 Früher Zwang in vertikaler Richtung bei Bauteilen mit allen Abmessungen

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

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

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

DBV-AHA 1000

DBV-Merkblatt „Rissbildung“ Entwurf 01.02.2016 (Rev. 12)

Tabelle 7. Empfohlene Anhaltswerte der Betonzugfestigkeit bei Zwang aus Abfließen der Hydrationswärme

Table 7. Recommended calculation values of concrete tensile strength at restraint due to drain of heat of hydration

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

¹⁾ Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis $r = f_{cm}(2 \text{ d}) / f_{cm}(28 \text{ d})$ beschrieben, das bei der Eignungsprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton vergleichbarer Zusammensetzung (d. h. gleicher Zement, gleicher w/z-Wert) ermittelt wurde.

Wird bei besonderen Anwendungen die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt ($t > 28$ Tage) bestimmt, ist das Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen $f_{cm}(2 \text{ d})$ zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit $f_{cm}(t)$ zu ermitteln oder es ist vom Betonhersteller eine Festigkeitsentwickelungskurve bei 20 °C zwischen 2 Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.

²⁾ Bei Festigkeitsklassen $\geq C30/37$ ist es in der Regel nicht möglich, das Festigkeitsverhältnis $r < 0,30$ bezogen auf 28 Tage zu begrenzen. In diesen Fällen ist es erforderlich, den Zeitpunkt des Nachweises der Festigkeitsklasse auf einen späteren Zeitpunkt (z. B. 56 Tage) zu vereinbaren.

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

⁴⁾ Der empfohlene Anhaltswert für massive Bauteile ist erst bei der Verwendung von langsam erhärtenden Betonen mit einem Prüflager von 91 Tagen zu erwarten.

Bild 7: Auszug aus DBV-Merkblatt „Rissbildung“ (Entwurf)

4 Rissbreitenbemessung

4.1 Siel I (Objekt 3)

4.1.1 Bodenplatte (d = 60 cm)

Bauteilabmessung: ca. 25,35 * 6,80 m

Expositionsklassen: XC2, XF3, XA2, WF, WU

Betongüte: C35/45, Betondeckung: 60 mm

Maximaler Wasserstand = ca. 349,12 m ü. NN

Unterkante der Sohle: 343,50 m ü. NN => $h_w = 5,62 \text{ m} \Rightarrow h_w / h_b = 5,62 / 0,60 = 9,4$

Zulässige Rissbreite: $w_k = 0,20 \text{ mm}$

In Längsrichtung:

Rissbreite [mm]	Bauteildicke [cm]	früher / später Zwang	$K_{c,t}$ [-]	A_s , erforderlich [cm ² /m]	A_s , gewählt
0,20 mm	60 cm	später Zwang	1,0	30,4	Ø D16 / 12,5 = 32,17 cm ² /m

In Querrichtung:

Rissbreite [mm]	Bauteildicke [cm]	früher / später Zwang	$K_{c,t}$ [-]	A_s , erforderlich [cm ² /m]	A_s , gewählt
0,20 mm	60 cm	früher Zwang	0,71	25,6	Ø D16 / 12,5 = 32,17 cm ² /m

In den hochbelasteten Bereichen werden gemäß Ergebnisgrafik Zulageeisen vorgesehen.

Geschätzter Bewehrungsgehalt: 250 kg/m³

4.1.2 Außenwände (d = 65 cm)

Maximale Bauteilabmessung: ca. 25,35 * 5,40 m

Expositionsklassen: XC4, XF3, XA2, WF, WU

Betongüte: C35/45, Betondeckung: 60 mm

Maximaler Wasserstand = ca. 349,12 m ü. NN

Unterkante der Außenwände: 344,40 m ü. NN => $h_w = 4,72 \text{ m} \Rightarrow h_w / h_b = 4,72 / 0,50 = 9,4$

Zulässige Rissbreite: $w_k = 0,20 \text{ mm}$

In Horizontalrichtung:

Rissbreite [mm]	Bauteildicke [cm]	früher / später Zwang	$K_{c,t}$ [-]	$A_{s, erforderlich}$ [cm ² /m]	$A_{s, gewählt}$
0,20 mm	65 cm	später Zwang	1,0	35,0	Ø 25 / 12,5 = 39,27 cm ² /m

In Vertikalrichtung:

Rissbreite [mm]	Bauteildicke [cm]	früher / später Zwang	$K_{c,t}$ [-]	$A_{s, erforderlich}$ [cm ² /m]	$A_{s, gewählt}$
0,20 mm	65 cm	früher Zwang	0,69	28,5	Ø D16 / 12,5 = 32,17 cm ² /m

In den hochbelasteten Bereichen werden gemäß Ergebnisgrafik Zulageeisen vorgesehen.

Geschätzter Bewehrungsgehalt: 250 kg/m³

4.1.3 Decke (d = 50 cm)

Bauteilabmessung: ca. 6,80 * 5,00 m

Expositionsklassen: XC3, XF2, XD1, XA2, WA, WU
Betongüte: C35/45, Betondeckung: 60 mm

Maximaler Wasserstand = ca. 349,12 m ü. NN
Unterkante der Decke: 349,32 m ü. NN => $h_w = 0,00$ m
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 ² /m]	$A_{s, gewählt}$
0,20 mm	50 cm	früher Zwang	0,69	23,1	Ø D14 / 12,5 = 24,63 cm ² /m

In den hochbelasteten Bereichen werden gemäß Ergebnisgrafik Zulageeisen vorgesehen.

Geschätzter Bewehrungsgehalt: 230 kg/m³

4.2 Zusammenfassung der verwendeten Betonsorten

Es wurden noch keine Betonsorten gewählt.

5 Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen

Der Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen ist in dem Fall maßgebend, wenn der Wasserspiegel bis Oberkante Revisionsverschluss (346,85 m ü. NN) ansteht, die Revisionsverschlüsse OW und UW geschlossen sind und im Innenraum des Siels kein Wasser ansteht.

Die Teilsicherheitsbeiwerte sind Tabelle A 2.1 der DIN 1054:2010 zu entnehmen und lauten:

$$\gamma_{Q,dst} = 1,05, \gamma_{G,stb} = 0,95$$

Die Positionen des Bauwerkes werden in den folgenden Skizzen dargestellt.

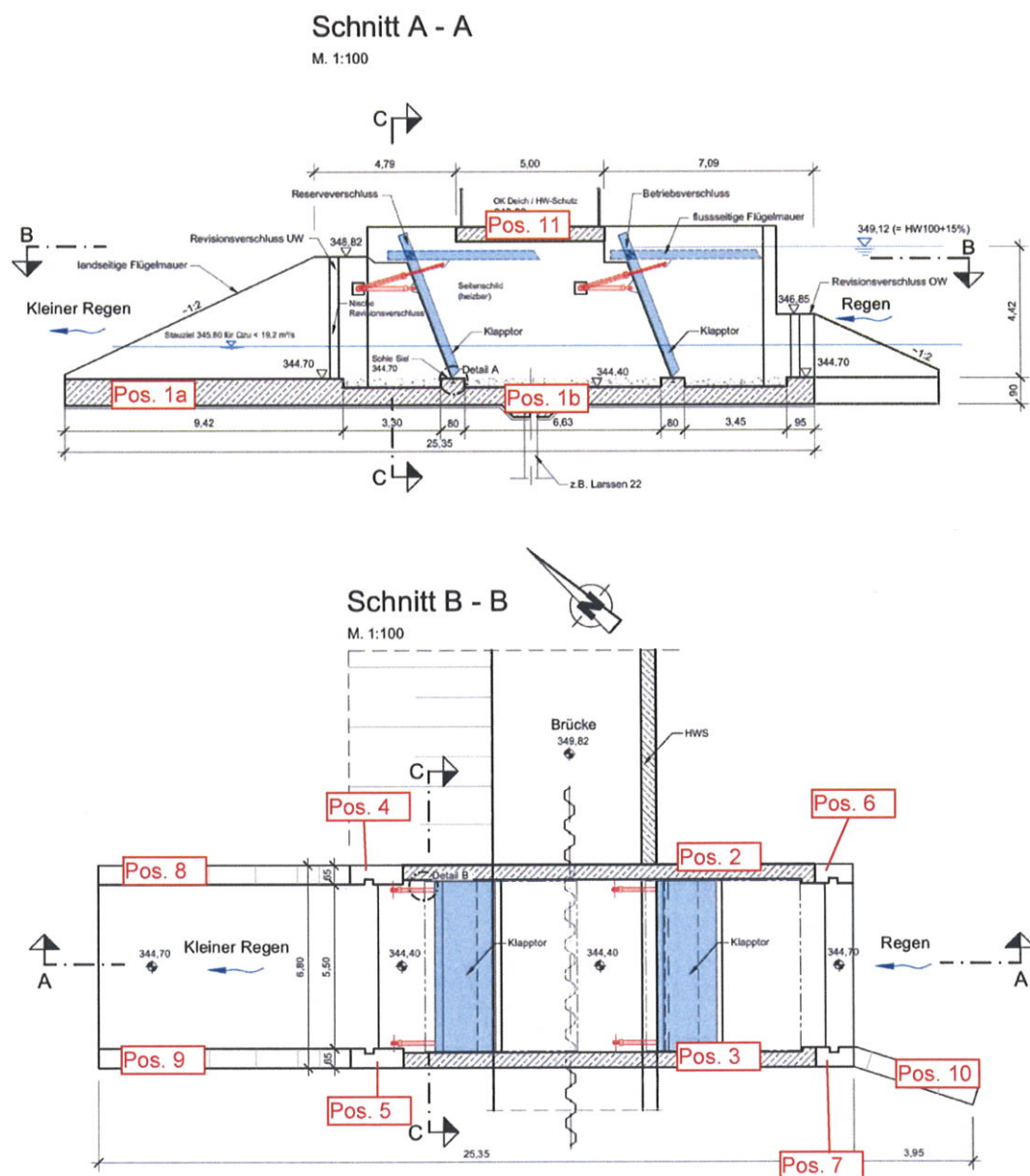


Bild 8: Positionen für Auftriebsberechnung, Teil A, Schnitt A-A und Schnitt B-B

Schnitt C - C

M. 1:100

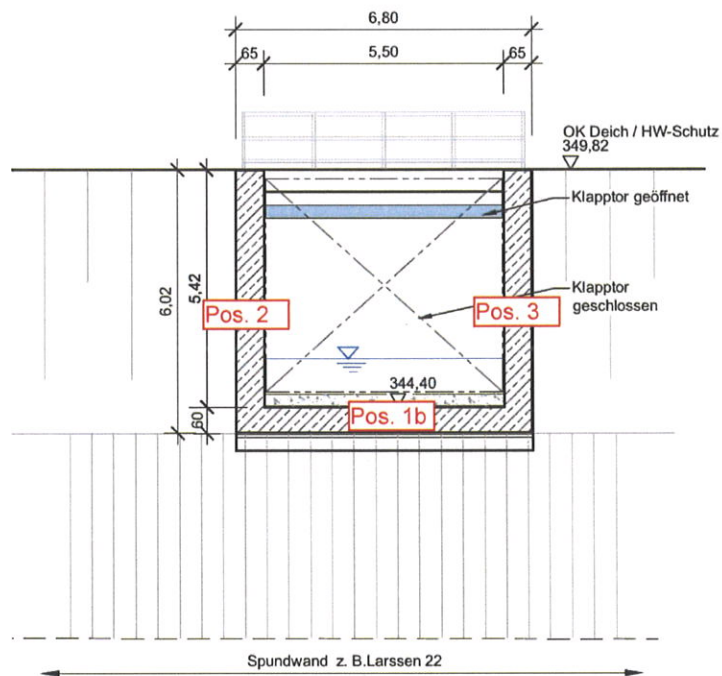


Bild 9: Positionen für Auftriebsberechnung, Teil B, Schnitt C-C

Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen											
$A_k \cdot \gamma_{G,dst} + Q_k \cdot \gamma_{Q,dst} \leq G_k \cdot \gamma_{G,stab} + F_{s,k} \cdot \gamma_{G,stab}$											
Rote Werte müssen eingegeben werden, schwarze Werte werden berechnet!											
Geländeoberkante		349,82	müNN								
Max. Grundwasserstand		346,85	müNN								
Es wurde keine Wasserfüllung innerhalb des Bauwerks für den Nachweis berücksichtigt											
Gewichtskraft:							Auftriebskraft:				
	Anzahl	Länge	Breite	Höhe	Wichte	Gewicht	Fläche	Höhen- kote	Auftrieb (-1), Auflast (+1)	Δh	Auftriebs- kraft
Pos. 1a:	1	7,40	6,80	0,60	24,00	724,6	50,32	343,80	-1	3,05	-1534,8
Pos. 1b:	1	15,00	6,80	0,60	24,00	1468,8	102,00	343,80	-1	3,05	-3111,0
Pos. 2:	1	13,80	0,50	5,42	24,00	897,6	6,90				
Pos. 3:	1	13,80	0,50	5,42	24,00	897,6	6,90				
Pos. 4:	1	1,80	0,65	4,10	24,00	115,1	1,17				
Pos. 5:	1	1,80	0,65	4,10	24,00	115,1	1,17				
Pos. 6:	1	1,30	0,65	2,40	24,00	48,7	0,85				
Pos. 7:	1	1,30	0,65	2,40	24,00	48,7	0,85				
Pos. 8:	0,5	8,40	0,65	4,10	24,00	268,6	5,46				
Pos. 9:	0,5	8,40	0,65	4,10	24,00	268,6	5,46				
Pos. 10:	0,5	4,20	0,65	3,00	24,00	98,3	2,73				
Pos. 11:	1	5,00	5,50	0,50	24,00	330,0	27,50				
					Summe Gk:	5281,7				Summe Ak:	-4645,8
Eigengewicht Beton (24 kN/m³)											
					Gk=	5281,7 kN			Auftriebskraft Ak=		4645,8 kN
					gamma(stb)=	0,95			gamma(dst)=		1,05
					Gk * gamma(stb) =	5017,6 kN			Ak * gamma(dst) =		4878,0 kN
Ak * gamma(dst) =											
						4878,0 kN					
Summe Gk * gamma(stb) =											
						5017,6 kN					
"Ausnutzungsgrad" < 1,0?											
						0,972					
[Ak * gamma(dst) / Gk * gamma(stb)]											

Tabelle 3: Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen

Der Ausnutzungsgrad liegt ohne Berücksichtigung der Wasserfüllung des Bauwerks bei $\mu = 0,97$.

Der Nachweis ist damit für das Bauwerk erfüllt.

6 Einwirkungen / Lastfälle

6.1 Einwirkungen

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

6.1.1 Lastfall 1: Eigengewicht

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

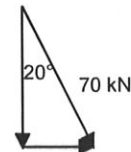
Stahlbetonkonstruktion: $\gamma_{\text{Beton}} = 25 \text{ kN/m}^3$

6.1.2 Lastfall 2: Eigengewicht der Klapptore, geschlossener Zustand

Das Eigengewicht eines Klapptores wird mit 7 t angegeben.

$$F_v = 70 \text{ kN} \cdot \cos 20^\circ = 65,78 \text{ kN} \approx 70 \text{ kN}$$

$$F_h = 70 \text{ kN} \cdot \sin 20^\circ = 23,94 \text{ kN} \approx 30 \text{ kN}$$



Belastung auf das Bauwerk:

Die Lasten werden auf der sicheren Seite liegend auf das Bauwerk angesetzt.

Vertikale Lasten:

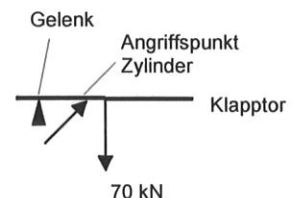
Auf Gelenk:	70 kN	→	35,0 kN/Seite
Auf Aufkantung Bodenplatte:	70 kN	→ $70 \text{ kN} / 5,7 \text{ m} =$	12,3 kN/m

Horizontale Lasten:

Auf Gelenk:	30 kN	→	15,0 kN/Seite
Auf Linienlager Wand:	30 kN	→ $30 \text{ kN} / 4,2 \text{ m} \cdot 0,5 =$	4,3 kN/m

6.1.3 Lastfall 3: Eigengewicht der Klapptore, offener Zustand

Das Eigengewicht eines Klapptores wird mit 7 t angegeben.



Belastung auf das Bauwerk:

Die Lasten werden auf der sicheren Seite liegend auf das Bauwerk angesetzt.

Vertikale Lasten:

Auf Gelenk:	50 kN →	25,0 kN/Seite
Auf Auflager Hydraulik :	120 kN →	60,0 kN/Seite
Horizontale Lasten:		
Auf Gelenk:	120 kN →	60,0 kN/Seite
Auf Auflager Hydraulik :	120 kN →	60,0 kN/Seite

6.1.4 Lastfall 4: Aufschüttung Sohlsubstrat

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

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

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

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

6.1.5 Lastfall 5: Erdruhedruck mit anstehendem Wasser auf Höhe des Stauziels

Randbedingungen:

Geländeoberkante:	349,82 m ü. NN
Bemessungswasserstand:	345,80 m ü. NN
Oberkante Bodenplatte:	344,40 m ü. NN
Systemlinie Bodenplatte:	344,10 m ü. NN
Unterkante Bodenplatte:	343,80 m ü. NN

Es wird von einer Verfüllung mit dem folgenden Bodenmaterial ausgegangen:

- Wichte: $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
- Wichte unter Auftrieb: $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$
- Wichte Wasser: $\gamma_{\text{Wasser}} = 10 \text{ kN/m}^3$
- Reibungswinkel: $\phi' = 35^\circ$
- Kohäsion: $c = 0$

Wasserdruck an der Unterseite der Bodenplatte:

$$\Delta h = 345,80 - 343,80 = 2,00 \text{ m}$$

$$\sigma_v = \Delta h \cdot \gamma_{\text{Wasser}} = 2,0 \cdot 10 = \underline{20,00 \text{ kN/m}^2}$$

Erd- und Wasserdruck auf Außenwände:

Erddruck:

$$\Delta h_1 = 349,82 - 345,80 = 4,02 \text{ m}$$

$$\sigma_{v1} = \Delta h_1 \cdot \gamma = 4,02 \cdot 21 = 84,42 \text{ kN/m}^2$$

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

$$e_{ohy1} = \sigma_{v1} * k_0 = 84,42 * 0,43 = 36,30 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta h_2 = 345,80 - 343,80 = 2,00 \text{ m}$$

$$\sigma_{v2} = \Delta h_2 * \gamma' = 2,0 * 10 = 20,0 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{ohy2} = e_{ohy1} + \sigma_{v2} * k_0 = 36,30 + 20,0 * 0,43 = 44,90 \text{ kN/m}^2$$

Wasserdruck:

$$h_{w1} = 345,80 - 343,80 = 2,00 \text{ m}$$

$$w_1 = h_{w1} * \gamma_{\text{Wasser}} = 2,0 * 10 = 20,00 \text{ kN/m}^2$$

Wasserdruck innen:

$$h_{w2} = 345,80 - 344,40 = 1,40 \text{ m}$$

$$w_2 = h_{w2} * \gamma_{\text{Wasser}} = 1,4 * 10 = 14,00 \text{ kN/m}^2$$

6.1.6 Lastfall 6 und 7: Erdruchdruck mit anstehendem Wasser auf Höhe des HW100 + 15%

Im Hochwasserfall wird der Durchfluss durch das Siel mittels der Klapptore unterbunden. Im Lastfall 6 ist das flussseitige Klapptor geschlossen und mit dem vollen Wasserdruck beansprucht und das landseitige Klapptor geöffnet. Im Lastfall 7 wird das landseitige Tor geschlossen und das flussseitige geöffnet.

Randbedingungen:

Geländeoberkante:	349,82 m ü. NN
Bemessungswasserstand:	349,12 m ü. NN
Oberkante Bodenplatte:	344,40 m ü. NN
Systemlinie Bodenplatte:	344,10 m ü. NN
Unterkante Bodenplatte:	343,80 m ü. NN

Es wird von einer Verfüllung mit dem folgenden Bodenmaterial ausgegangen:

-	Wichte:	$\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
-	Wichte unter Auftrieb:	$\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$
-	Wichte Wasser:	$\gamma_{\text{Wasser}} = 10 \text{ kN/m}^3$
-	Reibungswinkel:	$\phi' = 35^\circ$
-	Kohäsion:	$c = 0$

Wasserdruck an der Unterseite der Bodenplatte:

$$\Delta h = 349,12 - 343,80 = 5,32 \text{ m}$$

$$\sigma_v = \Delta h * \gamma_{\text{Wasser}} = 5,32 * 10 = \underline{53,00 \text{ kN/m}^2}$$

Erd- und Wasserdruck auf Außenwände:

Erddruck:

$$\Delta h_1 = 349,82 - 349,12 = 0,70 \text{ m}$$

$$\sigma_{v1} = \Delta h_1 * \gamma = 0,70 * 21 = 14,7 \text{ kN/m}^2$$

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

$$e_{ohy1} = \sigma_{v1} * k_0 = 14,7 * 0,43 = 6,3 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta h_2 = 349,12 - 343,80 = 5,32 \text{ m}$$

$$\sigma_{v2} = \Delta h_2 * \gamma' = 5,32 * 10 = 53,2 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{ohy2} = e_{ohy1} + \sigma_{v2} * k_0 = 6,3 + 53,2 * 0,43 = 29,18 \text{ kN/m}^2$$

Wasserdruck:

$$h_{w1} = 349,12 - 343,80 = 5,32 \text{ m}$$

$$w_1 = h_{w1} * \gamma_{\text{Wasser}} = 5,32 * 10 = 53,20 \text{ kN/m}^2$$

Wasserdruck innen:

$$h_{w2} = 349,12 - 344,40 = 4,72 \text{ m}$$

$$w_2 = h_{w2} * \gamma_{\text{Wasser}} = 4,72 * 10 = 47,20 \text{ kN/m}^2$$

Wasserdruck auf Klapptore:

$$h_{w3} = 349,12 - 344,70 = 4,42 \text{ m}$$

$$w_{\text{horizontal, max}} = w_{\text{vertikal, max}} = h_{w3} * \gamma_{\text{Wasser}} = 4,42 * 10 = 44,20 \text{ kN/m}^2$$

6.1.7 Lastfälle 11: Nutzlast Bodenplatte

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

6.1.8 Lastfälle 12: Nutzlast Decke

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

6.1.9 Lastfälle 13: Schneelast Decke

Geländehöhe über Meeresniveau: ca. 350 m

Schneelastzone 2:

$$s_k = 0,25 + 1,91 \cdot [(350+140) / 760]^2 \geq 0,85$$

$$s_k = 1,04 \text{ kN/m}^2$$

6.1.10 Lastfälle 14 - 16: Verkehrslast auf Brücke

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

Lastfall 14, Gleichmäßige Ersatzflächenlast:

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

Lastfall 15, Radlasten am Brückenrand:

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

Lastfall 16, Radlasten in Brückenmitte:

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

6.1.11 Lastfälle 21 und 22: Temperaturänderung ΔT_M bei Wasserstand Stauziel

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

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

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 345,80 m ü. NN) wird die Temperaturänderung nur auf den Bauteilen angesetzt, die aus dem Gelände bzw. aus der Wasseroberfläche herausragen.

6.1.12 Lastfälle 23 und 24: Temperaturgradient ΔT_G bei Wasserstand Stauziel

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

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

$\Delta T_{G, \text{Winter}} = -30 \text{ K}$

Wärmeübergang innen:	$1/\alpha_i =$	0,04
Beton:	$d/2,1 = 0,60 / 2,1 =$	0,29
Wärmeübergang außen:	$1/\alpha_a =$	<u>0,04</u>
Summe:		<u>0,37</u>

$$\Rightarrow \Delta T_{G, \text{Beton}} = 0,29 / 0,37 * 30 \text{ K} = 0,78 * 30 \text{ K} = 23,5 \text{ K} (\Rightarrow \text{Lastfaktor für Eingabe} = 0,78)$$

Der Temperaturgradient wird je nach Lage des Bauteils unterschiedlich angesetzt:

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

6.1.13 Erdbeben

Das Bauwerk befindet sich gemäß Erdbebenkarte der DIN EN 1998 in der Erdbebenzone 0.
Eine Bemessung auf Erdbebenlasten ist daher nicht erforderlich.

6.2 Bemessungssituationen / Teilsicherheitsbeiwerte

Die Bemessungssituationen und die zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte wurden programmintern angesetzt.

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

6.3 Lastfallkombinationen

Die Lastfallkombinationen werden programmintern zusammengestellt und berechnet.

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

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

7 Bauzustand

7.1 Bemessung im Bauzustand

Für die Herstellung des Siel I sind keine besonderen Bauzustände zu bemessen.

7.2 Baugruben

Die Berechnung der Baugruben erfolgt in einem eigenen statischen Bericht.

8 Hinweise für die weitere Planung und die Bauausführung

8.1 Bodenaustausch

Der Bodengutachter empfiehlt in seiner E-Mail vom 10.5.2017 einen Bodenaustausch von einigen Dezimetern Mächtigkeit bis tragfähiger Boden erreicht wird. Für die Verdichtung des Bodenaustausches ist das Grundwasser bis 50 cm unter die Sohle abzusenken.

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
Bodenplatte	d = 60 cm	250 kg/m ³
Aussenwände	d = 65 cm	250 kg/m ³
Innenwände	d = 50 cm	230 kg/m ³

Tabelle 4: Bewehrungsgehalt „Siel I“

10 Anlagenverzeichnis

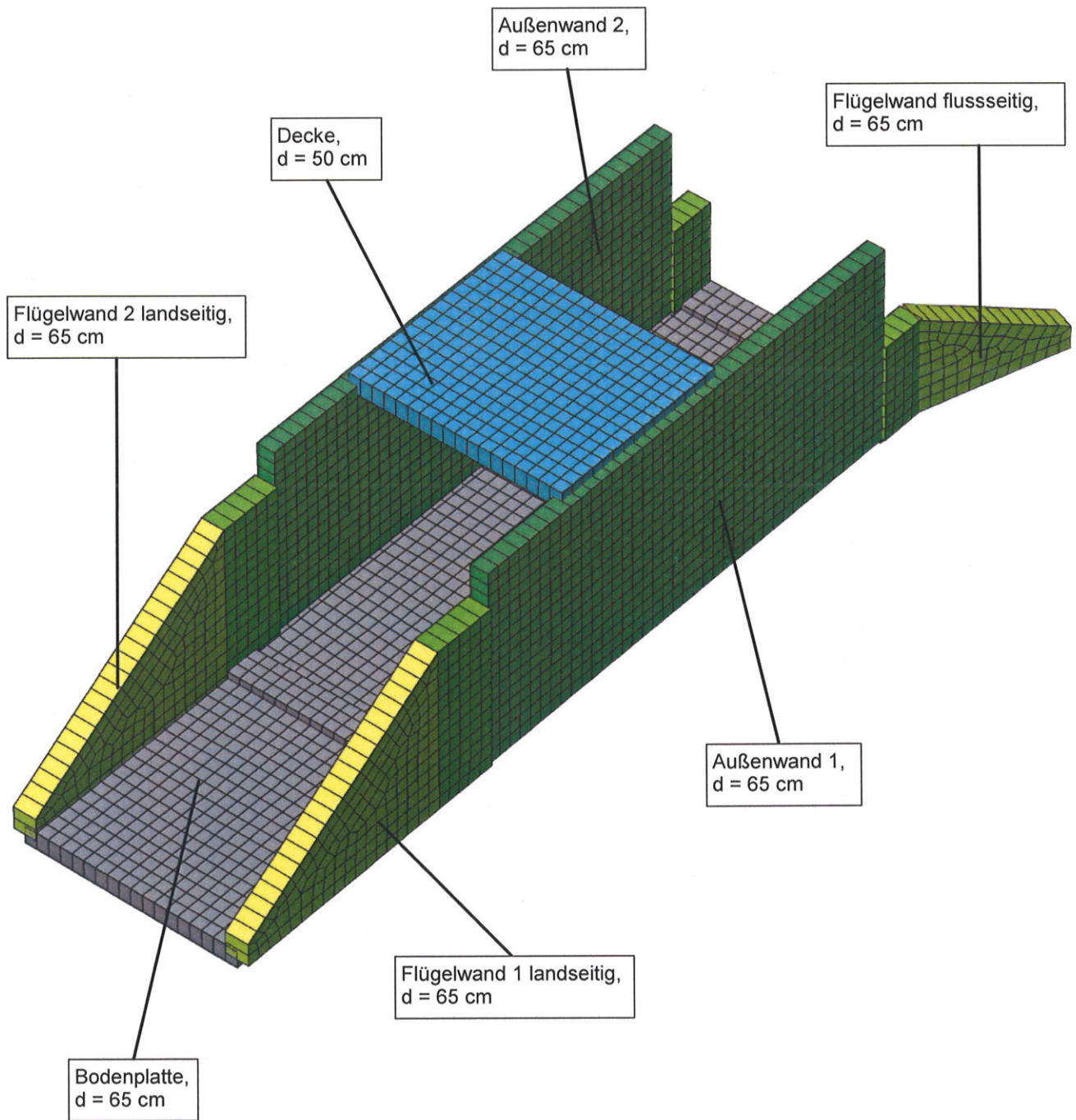
10.1 Anlage 1: Ergebnisausdruck Infograph

(mit gesondertem Inhaltsverzeichnis)

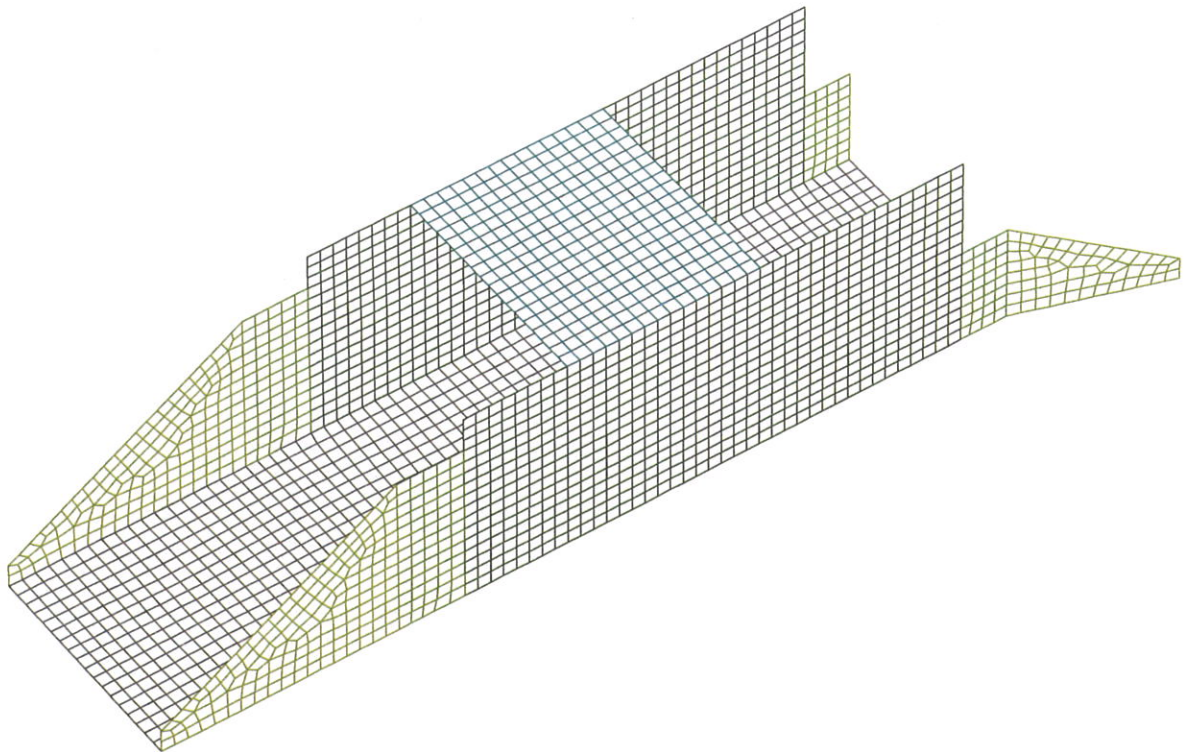
INHALT

Inhalt	30
System	
System	31
Lasten	
LF 1: Belastung, Eigengewicht Stahlbetonbauwerk	32
LF 2: Belastung, Eigengewicht Tore, geschlossen	32
LF 3: Belastung, Eigengewicht Tore, offen	33
LF 4: Belastung, Aufschüttung Sohlsubstrat	33
LF 5: Belastung, Erddruck + Wasser bis 345,80	34
LF 6: Belastung, Erddruck und Wasser bei 349,12, Tor flussseitig	34
LF 7: Belastung, Erddruck und Wasser bei 349,12, Tor landseitig	35
LF 11: Belastung, Nutzlasten Bodenplatte	35
LF 12: Belastung, Nutzlasten Brücke	36
LF 13: Belastung, Schneelast Brücke	36
LF 14: Belastung, Verkehrslast Brücke, SLW 60, Flächenlast	37
LF 15: Belastung, Verkehrslast Brücke, SLW 60, Achsstellung 1	37
LF 16: Belastung, Verkehrslast Brücke, SLW 60, Achsstellung 2	38
LF 21: Belastung, dTM Stauziel (Sommer)	38
LF 22: Belastung, dTM Stauziel (Winter)	39
LF 23: Belastung, dTG Stauziel (Sommer)	39
LF 24: Belastung, dTG Stauziel (Winter)	40
Bewehrung	
Biegebewehrung asx 1. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1	41
Biegebewehrung asx 2. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1	41
Biegebewehrung asy 1. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1	42
Biegebewehrung asy 2. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1	42
Bodenpressung	
Bodenpressungen Sigma.z min; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1	43
Deformationen uz max; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1	43
Bodenpressungen Sigma.z max; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1	44
Deformationen uz min; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1	44

System

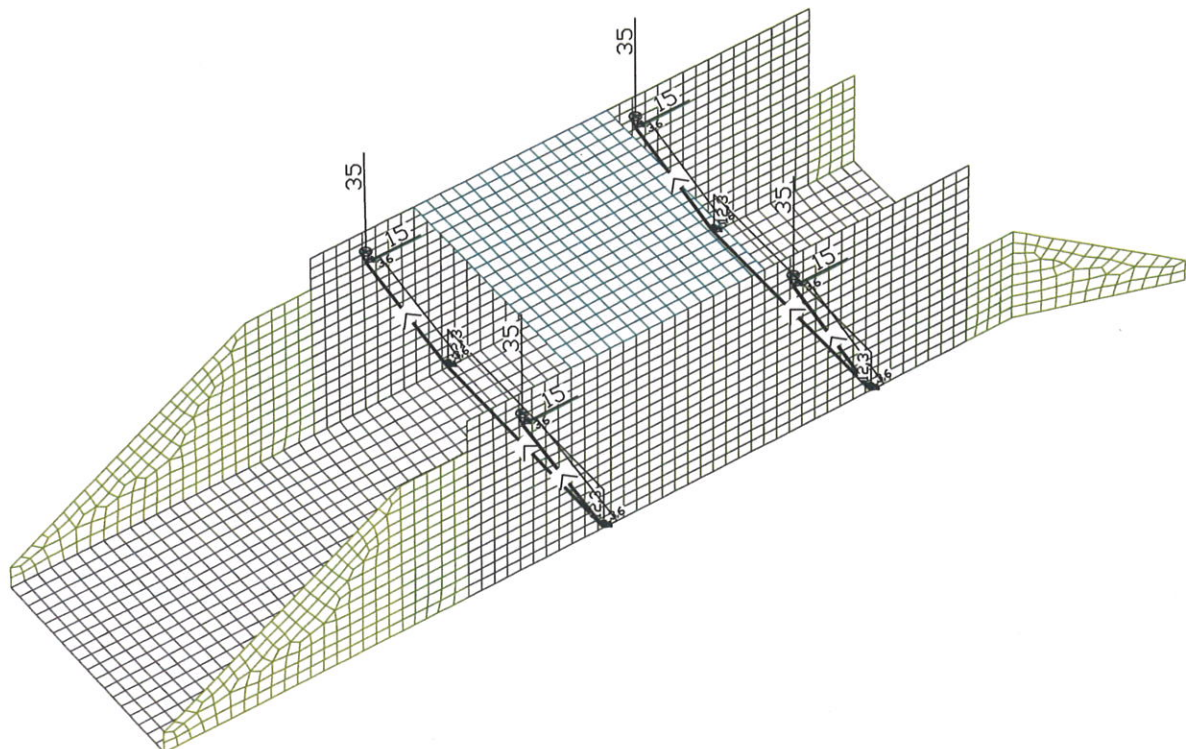


Lasten



LF 1: Belastung, Eigengewicht Stahlbetonbauwerk

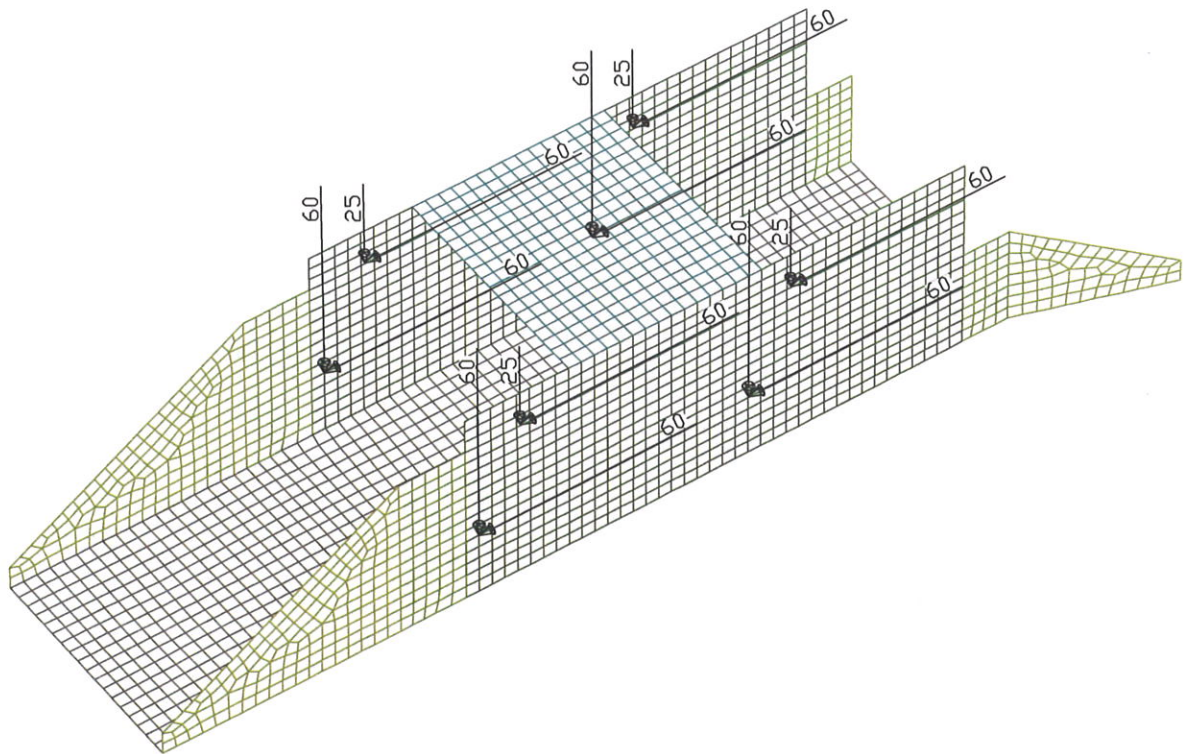
LF 1: Belastung, Eigengewicht Stahlbetonbauwerk



LF 2: Belastung, Eigengewicht Tore, geschlossen

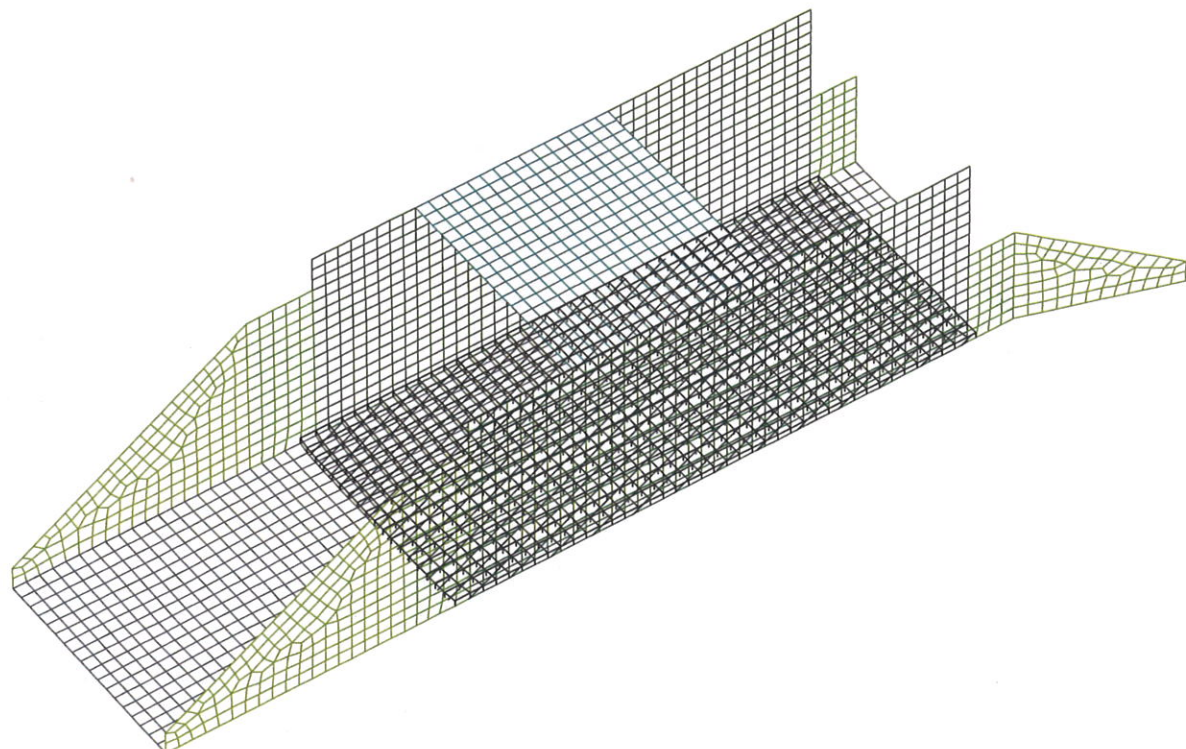
LF 2: Belastung, Eigengewicht Tore, geschlossen

Lasten



LF 3: Belastung, Eigengewicht Tore, offen

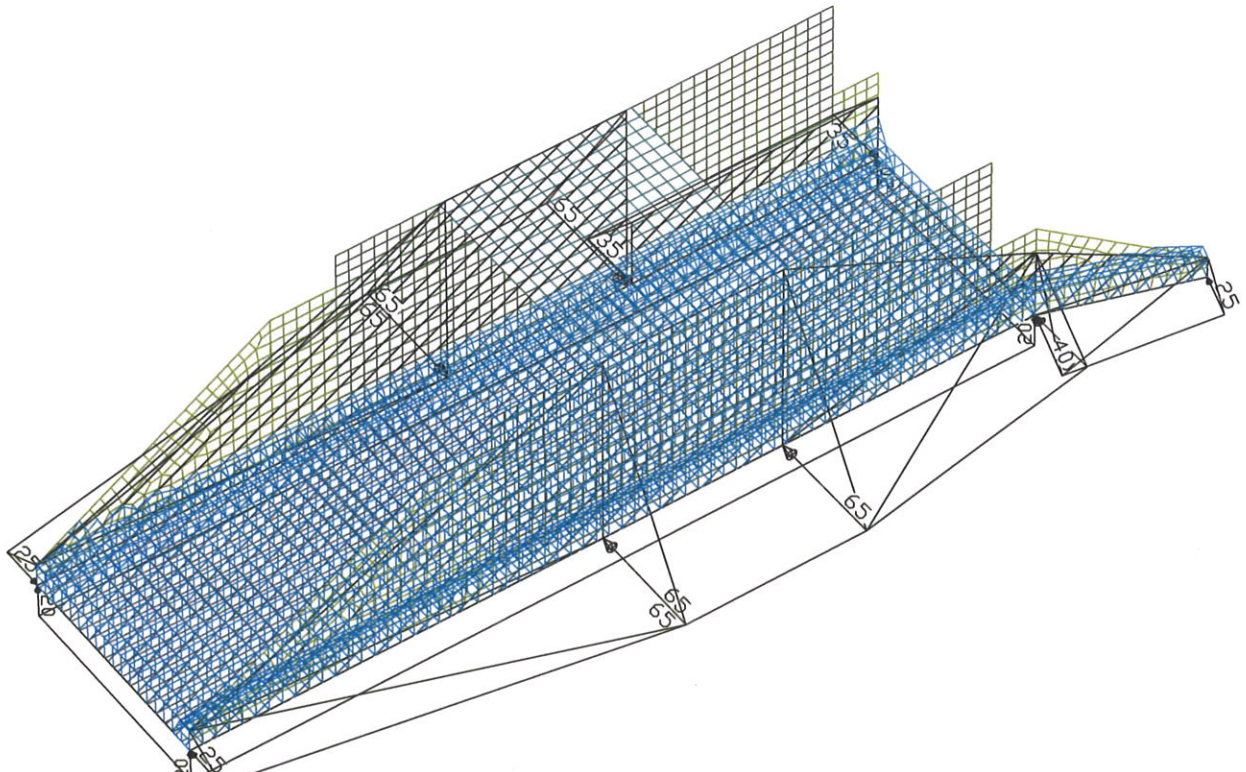
LF 3: Belastung, Eigengewicht Tore, offen



LF 4: Belastung, Aufschüttung Sohlsubstrat

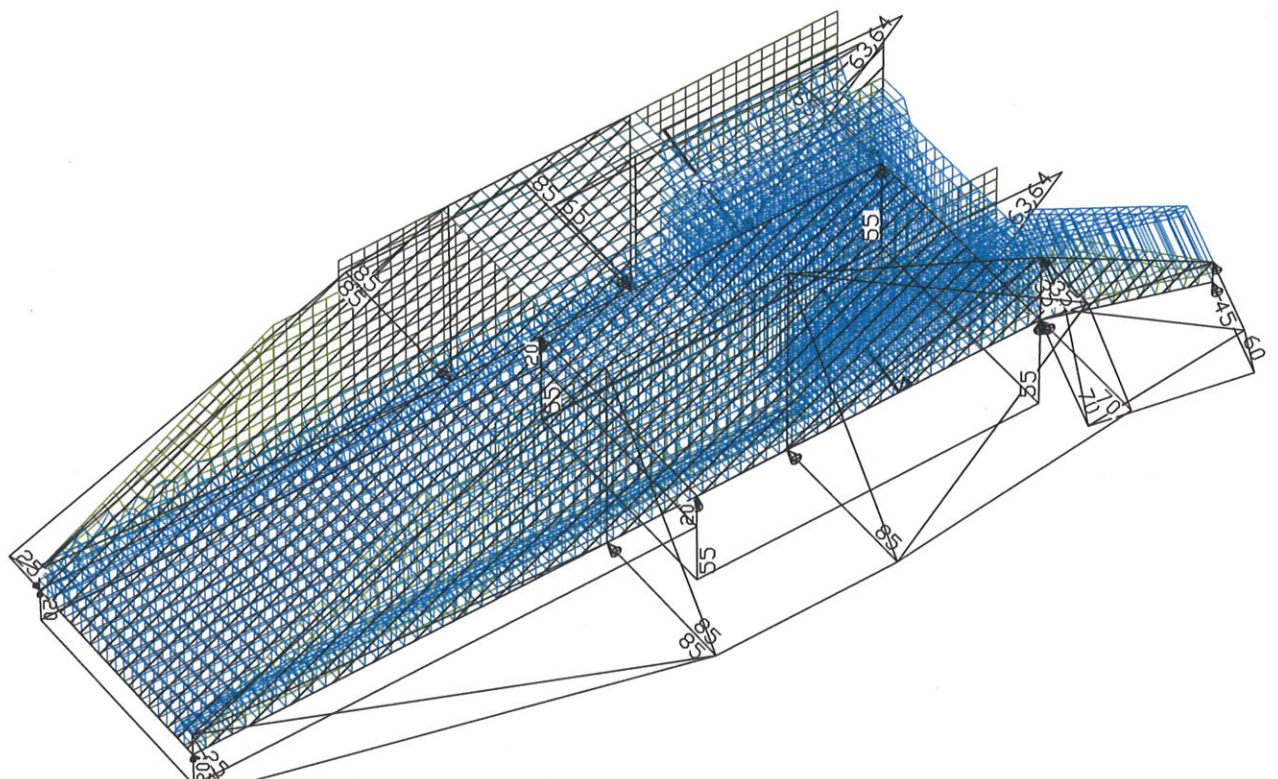
LF 4: Belastung, Aufschüttung Sohlsubstrat

Lasten



LF 5: Belastung, Erddruck + Wasser bis 345,80

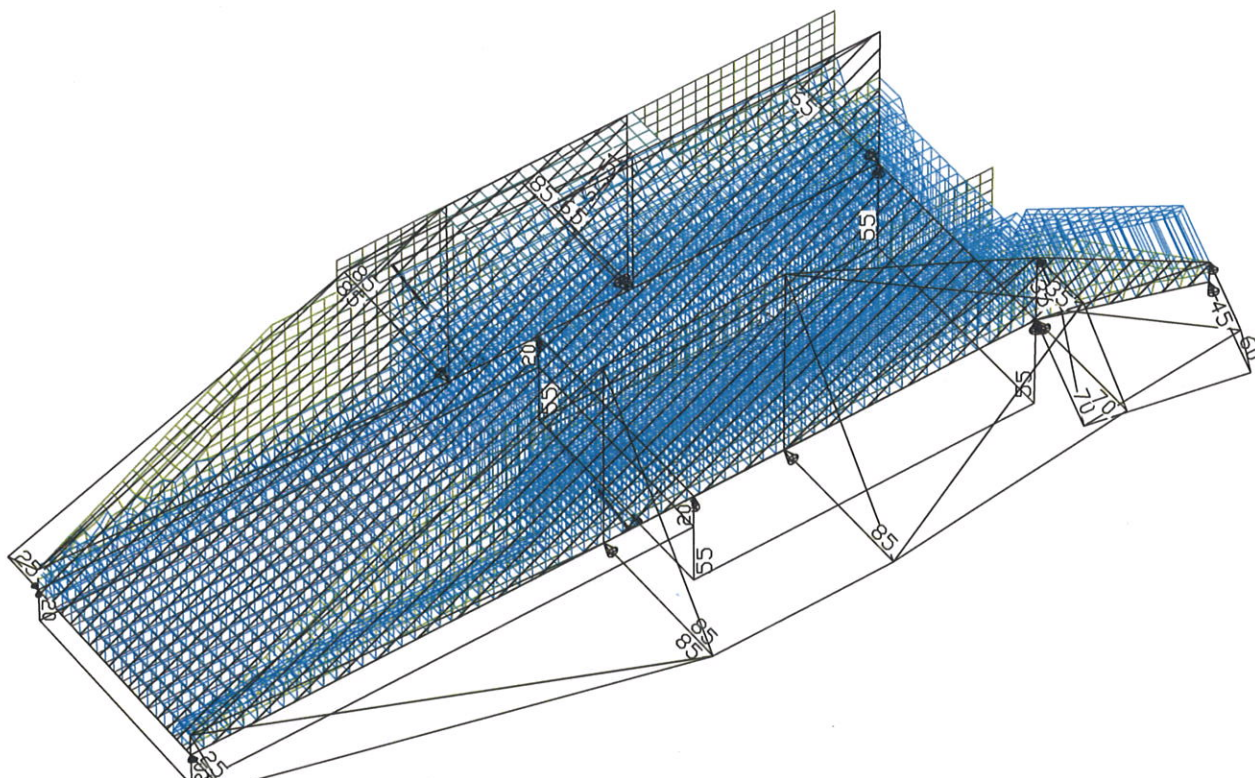
LF 5: Belastung, Erddruck + Wasser bis 345,80



LF 6: Belastung, Erddruck und Wasser bei 349,12, Tor flussseitig

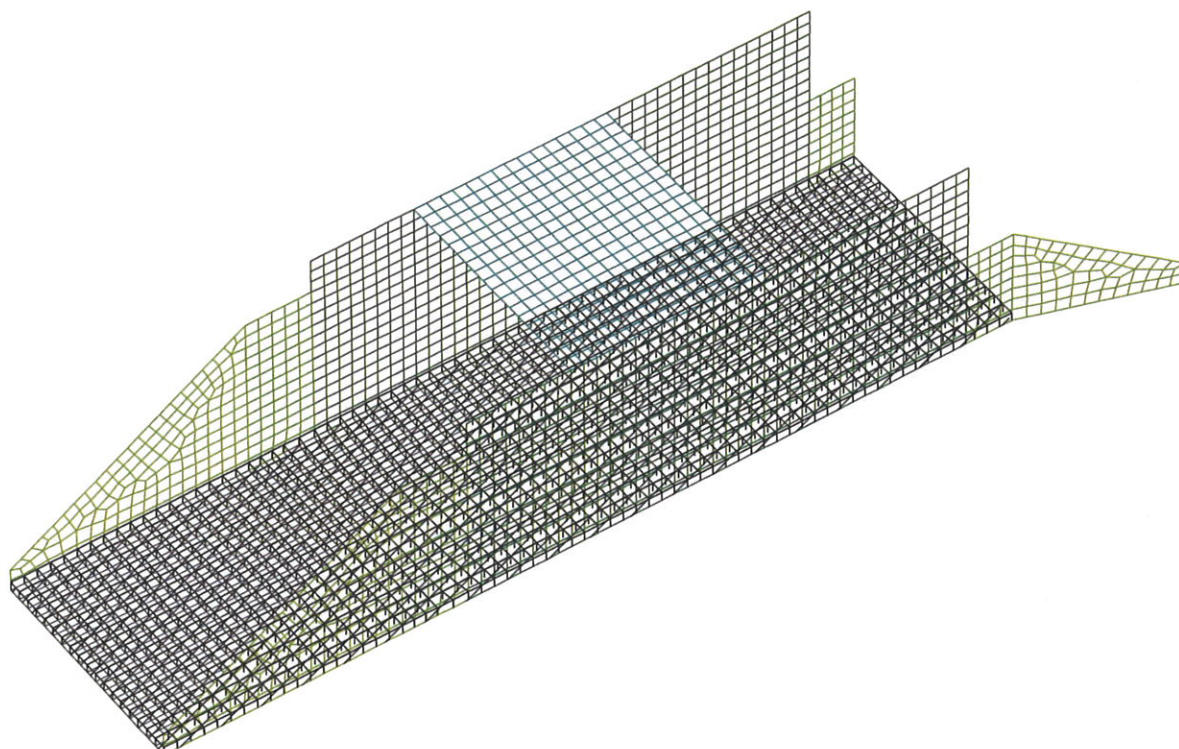
LF 6: Belastung, Erddruck und Wasser bei 349,12, Tor flussseitig

Lasten



LF 7: Belastung, Erddruck und Wasser bei 349,12, Tor landseitig

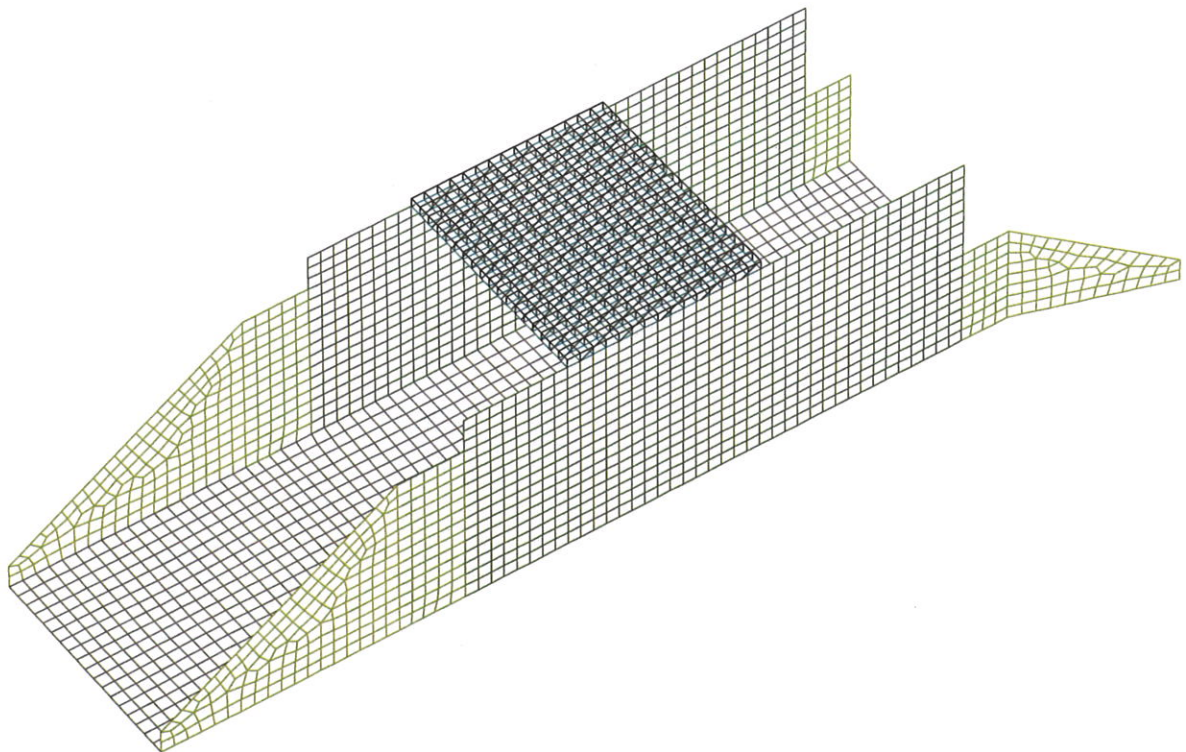
LF 7: Belastung, Erddruck und Wasser bei 349,12, Tor landseitig



LF 11: Belastung, Nutzlasten Bodenplatte

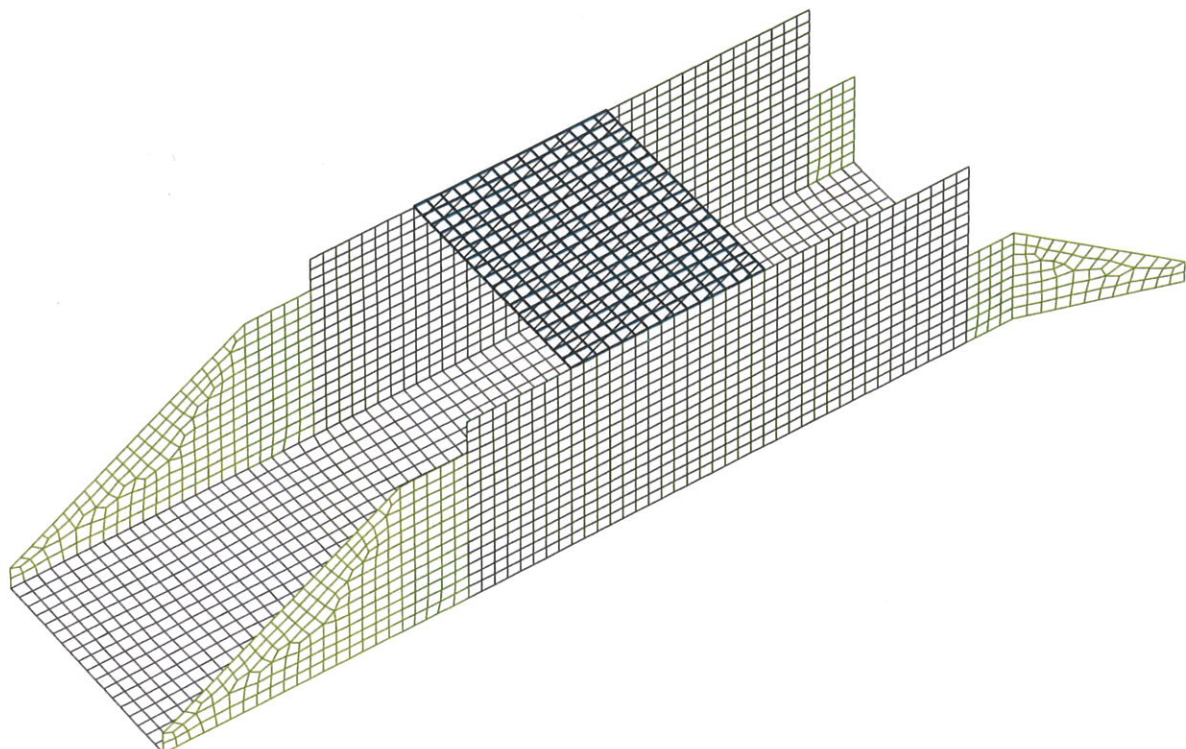
LF 11: Belastung, Nutzlasten Bodenplatte

Lasten



LF 12: Belastung, Nutzlasten Brücke

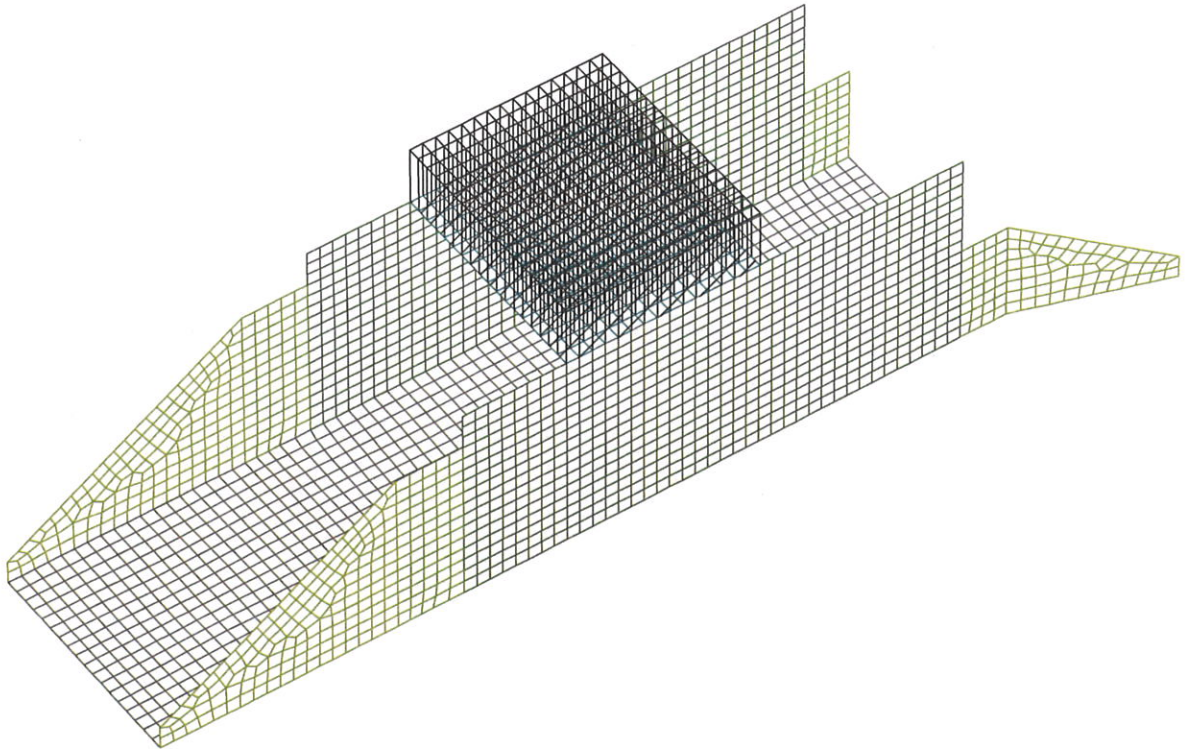
LF 12: Belastung, Nutzlasten Brücke



LF 13: Belastung, Schneelast Brücke

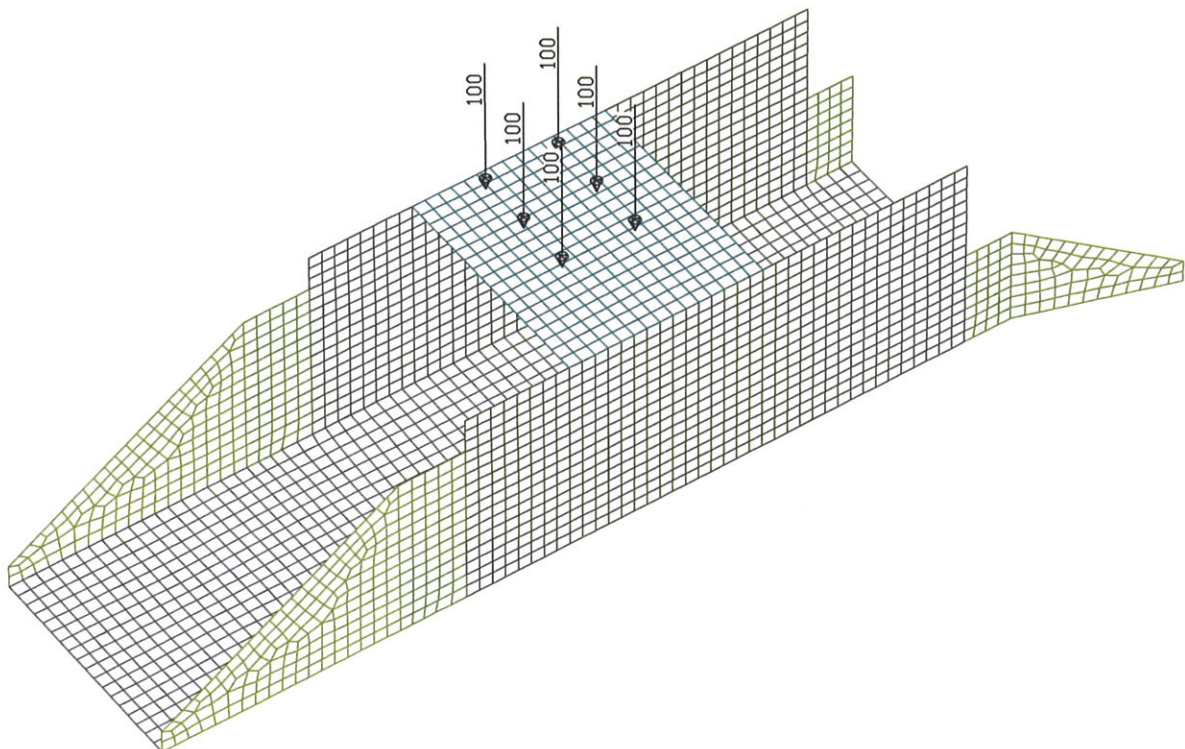
LF 13: Belastung, Schneelast Brücke

Lasten



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

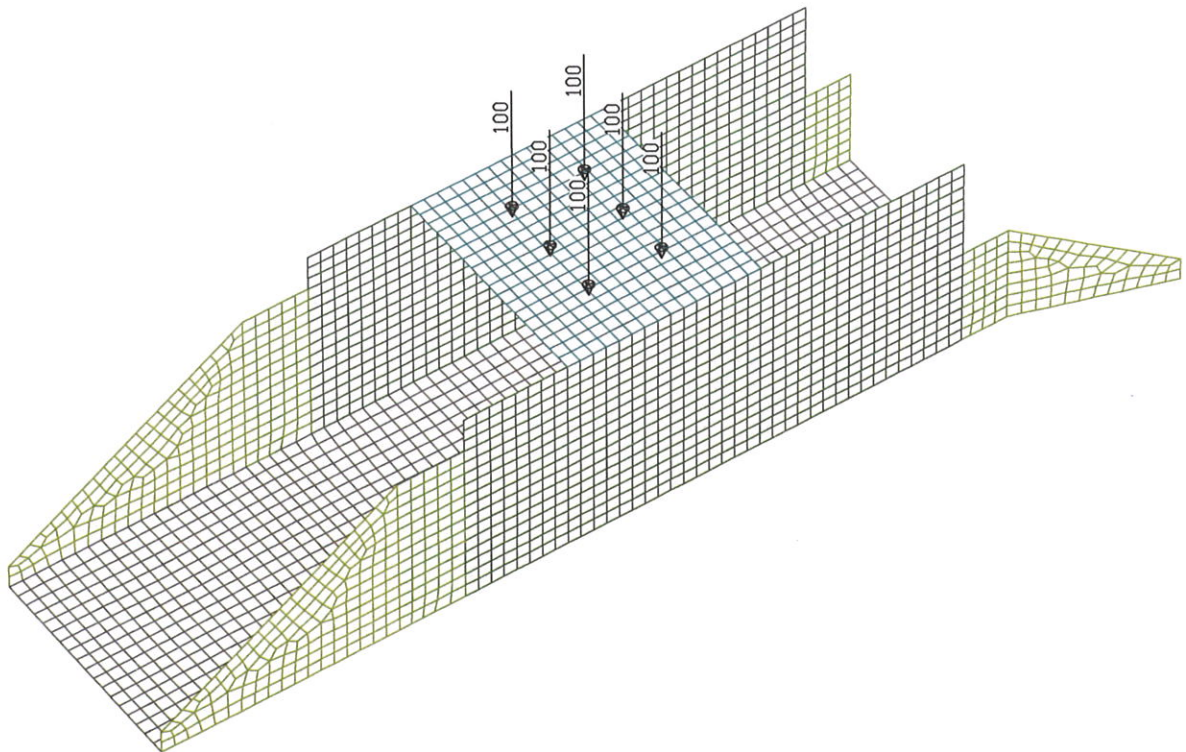
LF 14: Belastung, Verkehrslast Brücke, SLW 60, Flächenlast



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

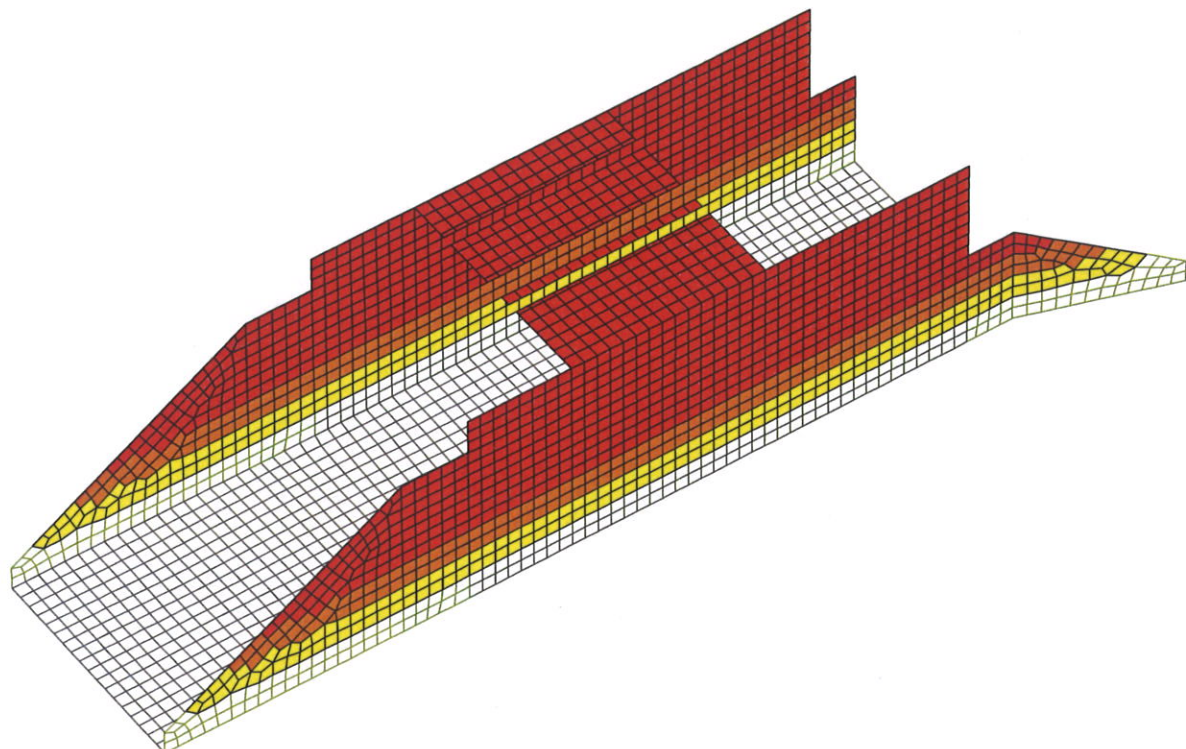
LF 15: Belastung, Verkehrslast Brücke, SLW 60, Achsstellung 1

Lasten



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

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

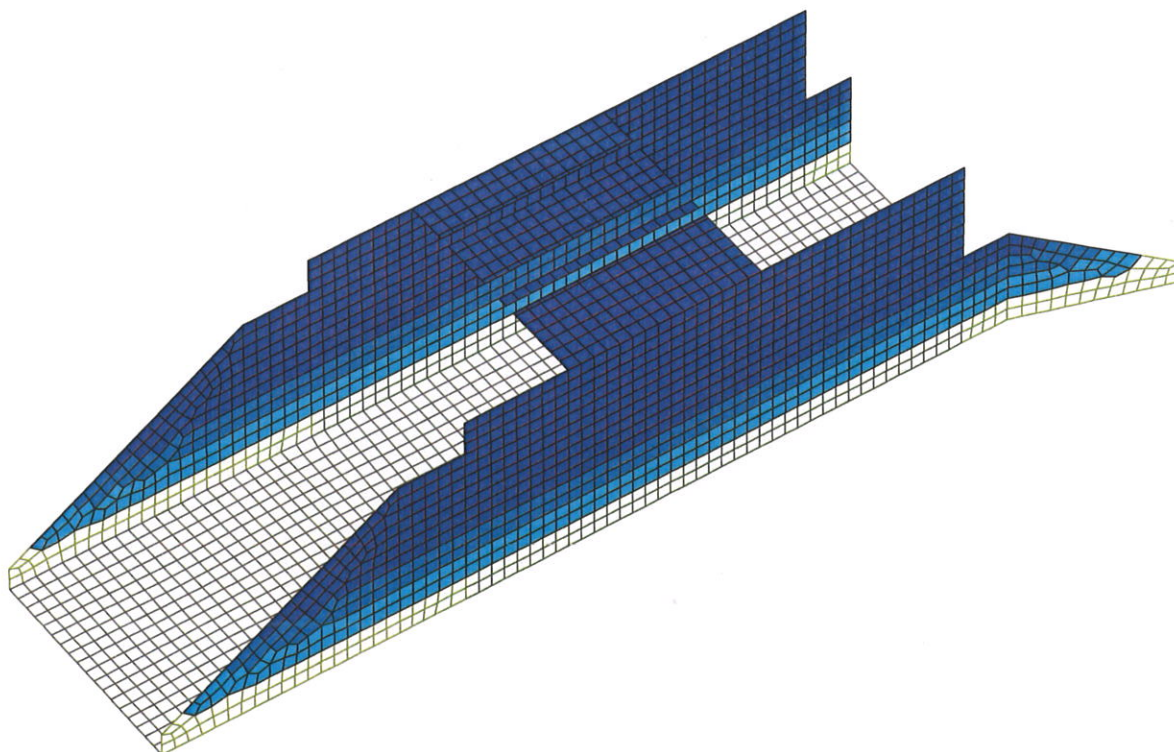


tm [K]
15
10
5

LF 21: Belastung, dTM Stauziel (Sommer)

LF 21: Belastung, dTM Stauziel (Sommer)

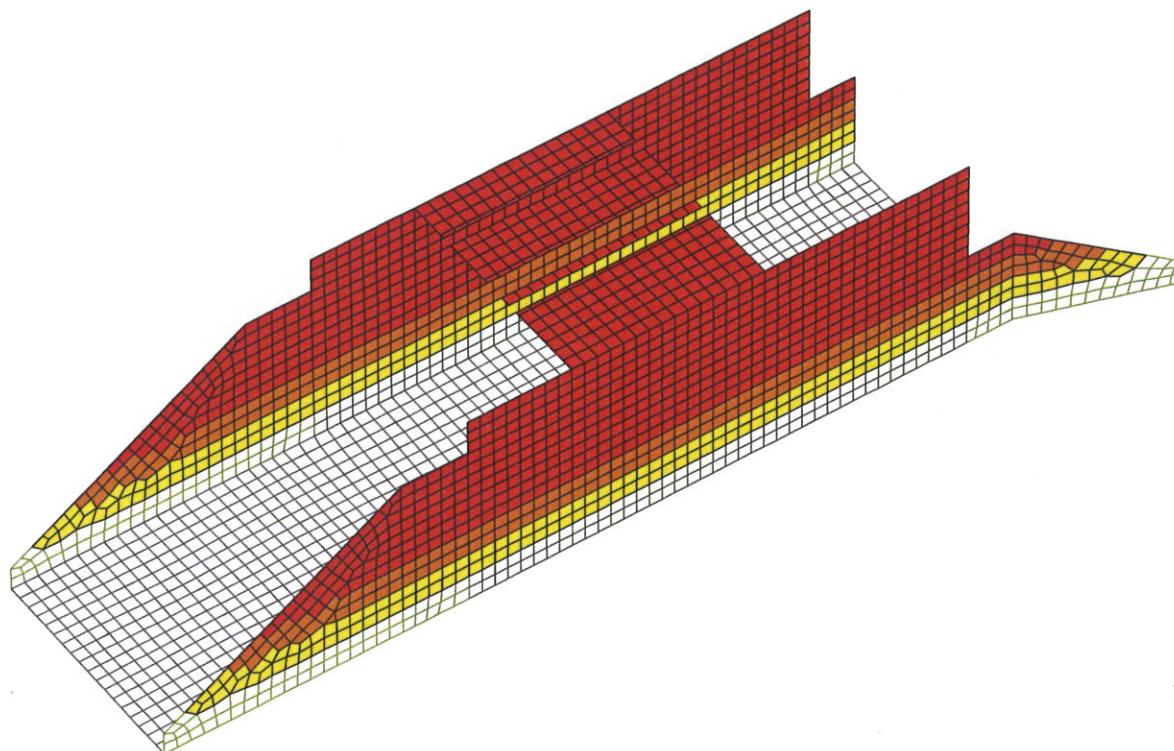
Lasten



tm [K]
-5
-10
-15

LF 22: Belastung, dTM Stauziel (Winter)

LF 22: Belastung, dTM Stauziel (Winter)

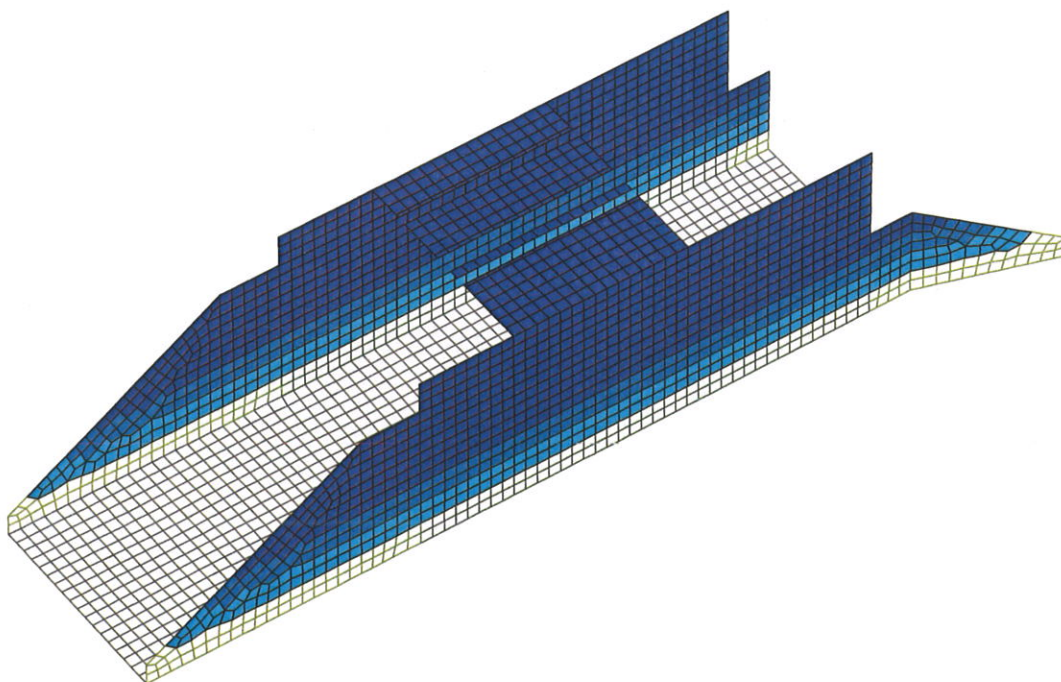


tu-to [K]
24
16
8

LF 23: Belastung, dTG Stauziel (Sommer)

LF 23: Belastung, dTG Stauziel (Sommer)

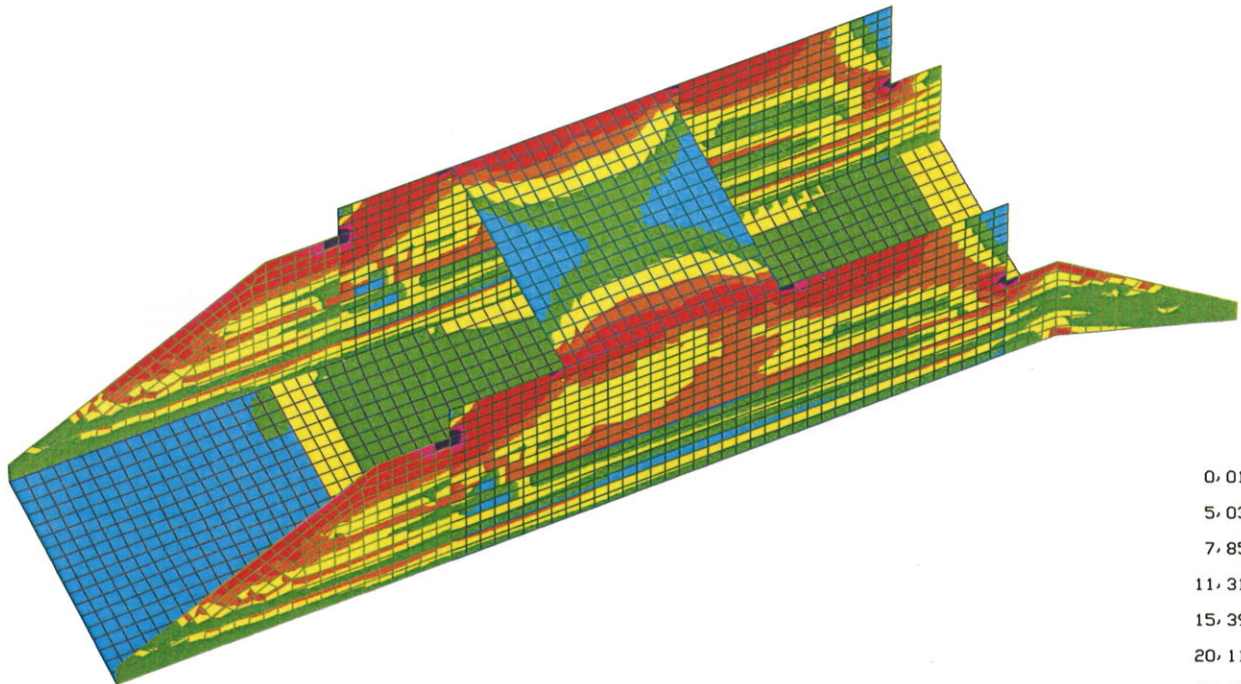
Lasten



/inter)

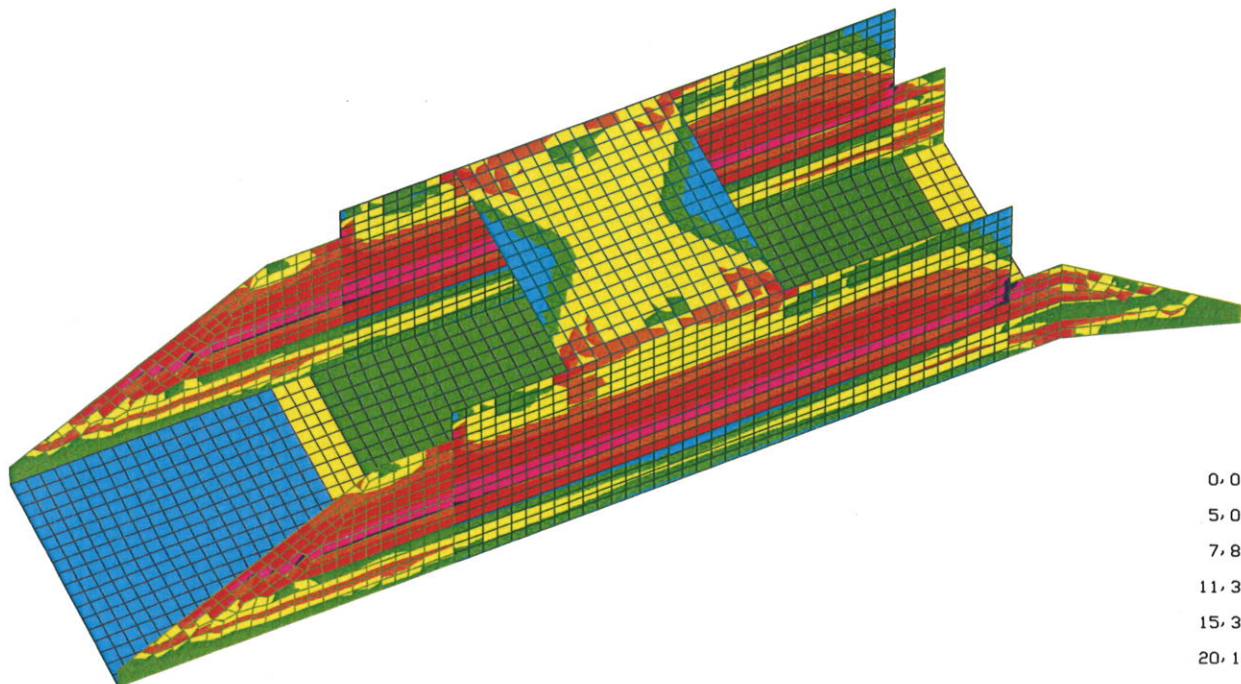
LF 24: Belastung, dTG Stauziel (Winter)

Bewehrung



LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
 Biegebewehrung asx 1. Lage [cm²/m]
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 7,05/83,86 [cm²/m]
 Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 14,5 t

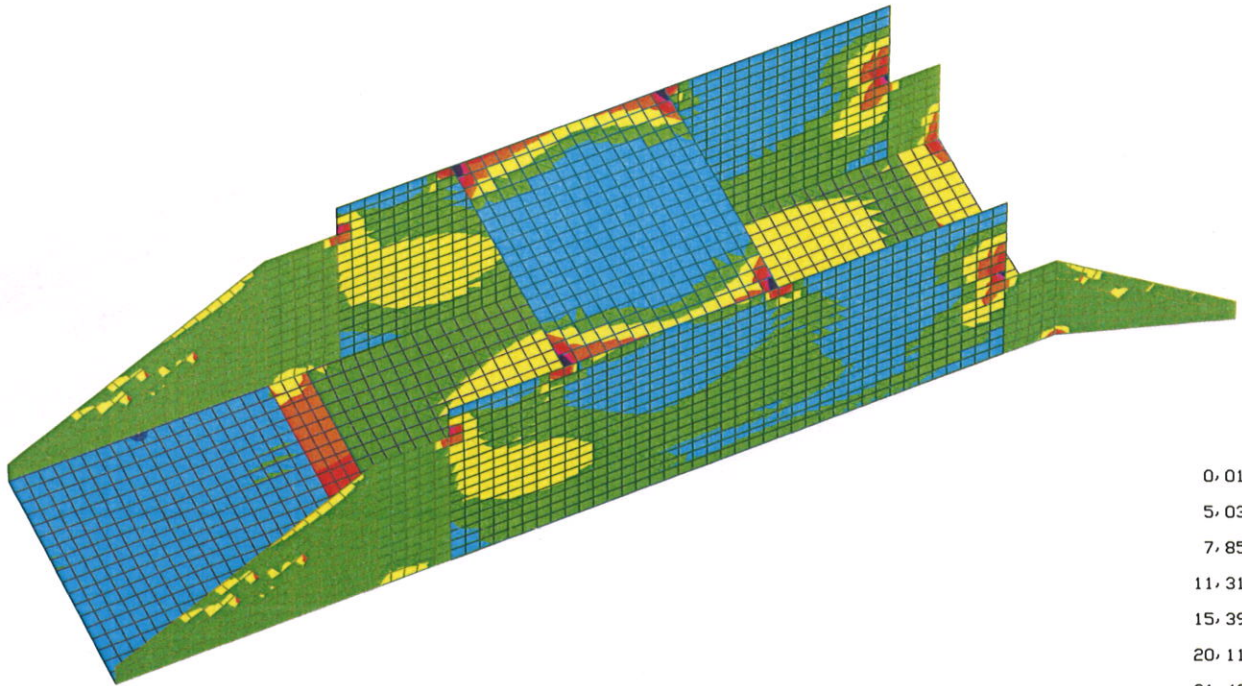
Biegebewehrung asx 1. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1



LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
 Biegebewehrung asx 2. Lage [cm²/m]
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 7,05/62,84 [cm²/m]
 Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 14,5 t

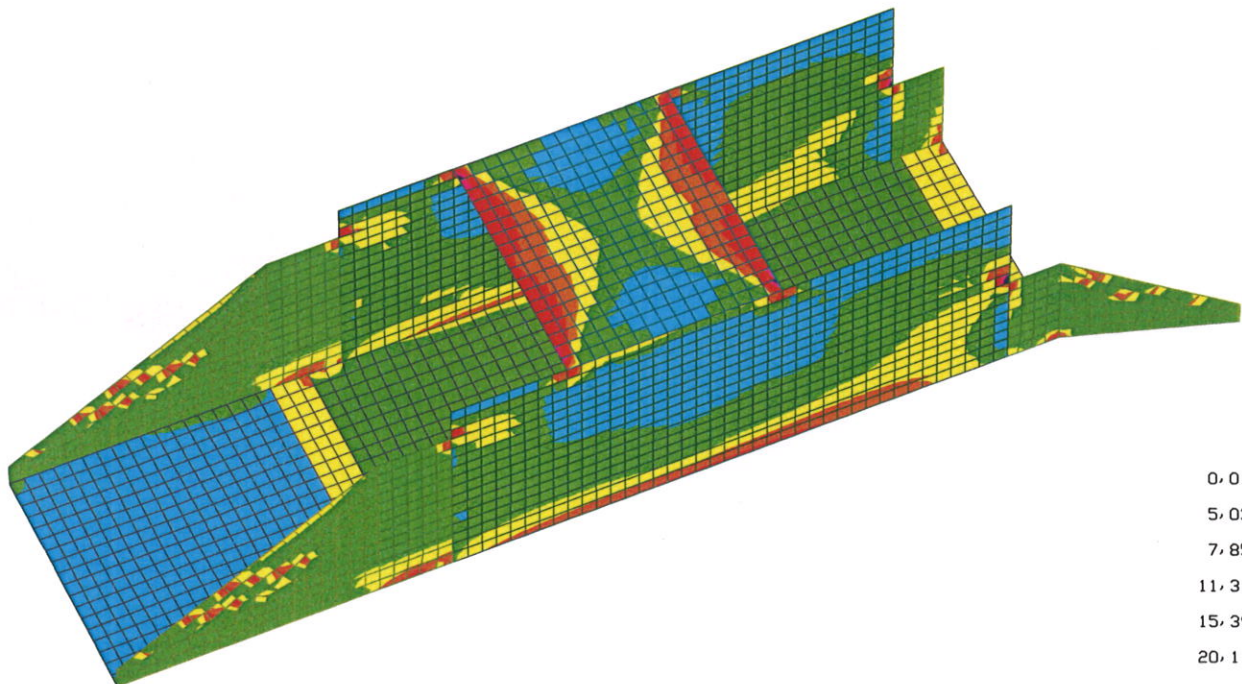
Biegebewehrung asx 2. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1

Bewehrung



LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
 Biegebewehrung asy 1. Lage [cm²/m]
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 0,71/75,83 [cm²/m]
 Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 14,5 t

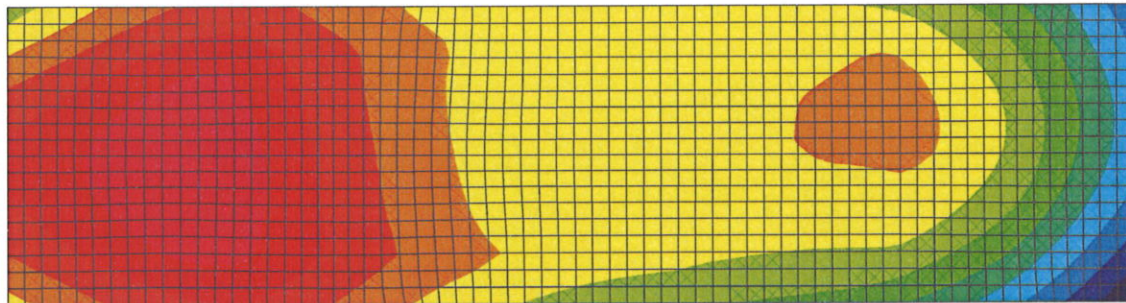
Biegebewehrung asy 1. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1



LFK DIN1992.MAX: Maximum DIN EN 1992-1-1
 Biegebewehrung asy 2. Lage [cm²/m]
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): 7,05/59,54 [cm²/m]
 Berechnung in den Elementknoten, Gesamtgew. aus Bemessung: 14,5 t

Biegebewehrung asy 2. Lage; Maximum DIN EN 1992-1-1

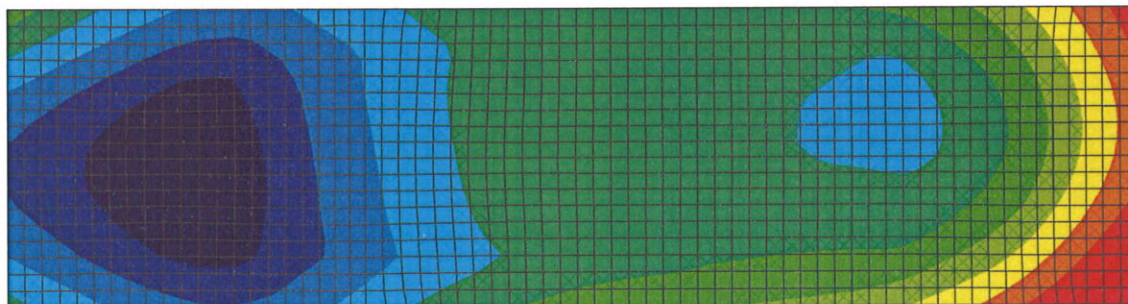
Bodenpressung



-1,01e+02
 -9,67e+01
 -9,21e+01
 -8,74e+01
 -8,28e+01
 -7,82e+01
 -7,36e+01
 -6,90e+01
 -6,43e+01
 -5,97e+01
 -5,51e+01
 -5,05e+01
 -4,59e+01

LFK DIN1992.C.1: 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1
 Bodenpressungen min Sigma.z [kN/m²]
 Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -101,30/-45,87 [kN/m²]

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

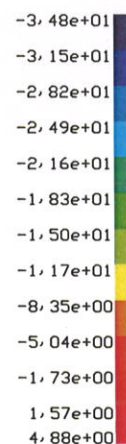
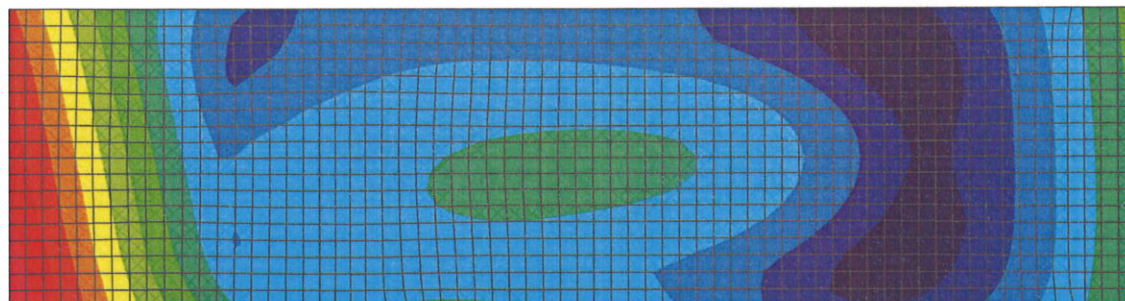


3,99e+00
 4,39e+00
 4,79e+00
 5,19e+00
 5,60e+00
 6,00e+00
 6,40e+00
 6,80e+00
 7,20e+00
 7,60e+00
 8,01e+00
 8,41e+00
 8,81e+00

LFK DIN1992.C.1: 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1
 Deformationen max uz [mm]
 Wertebereich (Teilsystem, min/max): 3,99/8,81 [mm]

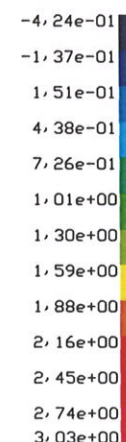
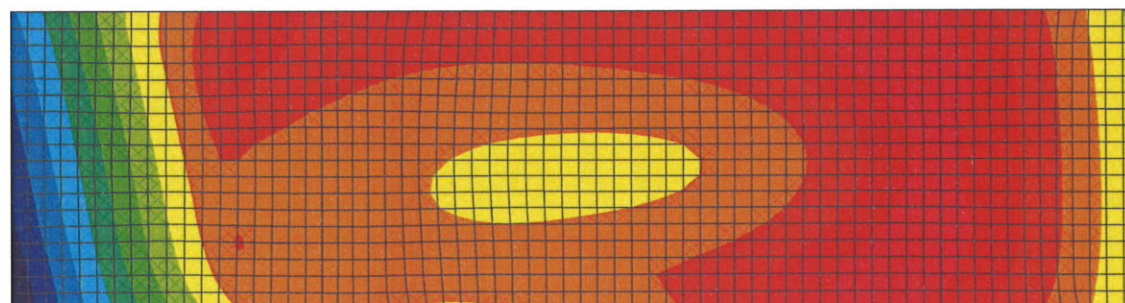
Deformationen uz max; 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1

Bodenpressung



LFK DIN1992.C.1: 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1
Bodenpressungen max Sigma.z [kN/m²]
Wertebereich (Gesamtsystem, min/max): -34,80/4,88 [kN/m²]

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



LFK DIN1992.C.1: 1. Seltene (charakteristische) Situation, DIN EN 1992-1-1
Deformationen min uz [mm]
Wertebereich (Teilsystem, min/max): -0,42/3,03 [mm]

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

10.2 Anlage 2: Rissbreitenbemessung

- 2.1- Rissbreitenbemessung C35/45, $d = 65 \text{ cm}$, $w_k = 0,20 \text{ mm}$, später Zwang
- 2.2- Rissbreitenbemessung C35/45, $d = 65 \text{ cm}$, $w_k = 0,20 \text{ mm}$, früher Zwang
- 2.3- Rissbreitenbemessung C35/45, $d = 60 \text{ cm}$, $w_k = 0,20 \text{ mm}$, später Zwang
- 2.4- Rissbreitenbemessung C35/45, $d = 60 \text{ cm}$, $w_k = 0,20 \text{ mm}$, früher Zwang
- 2.5- Rissbreitenbemessung C35/45, $d = 50 \text{ cm}$, $w_k = 0,20 \text{ mm}$, früher Zwang

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

Geforderte Rissbreite w_k =	0,2 mm
Bauteildicke h =	65 cm
Betondeckung c_{nom} =	6,0 cm
Betongüte	C35/45 -
Langsam erhärtender Beton?	Nein -
Stabdurchmesser B_{gel} d_{sh} =	10 mm
Stabdurchmesser Längsbew. d_{sl} =	25 mm
Stahlspannung f_{yk} =	500 N/mm ²
$k_{c,t}$ =	1,00 -
f_{ctm} =	3,2 N/mm ²
k_c =	1,0 -
k =	0,59 -
$f_{ct,eff}$ =	3,2 N/mm ²
A_{ct} =	0,325 m ²
Statische Nutzhöhe d =	56,75 cm
Abstand der Längsbew. d_1 =	8,25 cm
$\phi_s^*(1)$ =	39,0 mm
$\phi_s^*(2)$ =	22,7 mm
ϕ_s^* =	22,7 mm
σ_s =	175 N/mm ²
h/d_1 =	7,9 -
$h_{c,eff}/d_1$ =	2,79 -
$h_{c,eff}$ =	23 cm
$As(1)$ =	35,0 cm ² /m
$As(2.1)$ =	42,0 cm ² /m
$As(2.2)$ =	12,3 cm ² /m
$As(2)$ =	42,0 cm ² /m
Reduktionsfaktor =	1,00 -

$A_{s,erforderlich}$ = 35,0 cm²/m

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

4,91

ϕ 25 / 14,0

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

Geforderte Rissbreite w_k =	0,2 mm
Bauteildicke h =	65 cm
Betondeckung c_{nom} =	6,0 cm
Betongüte	C35/45
Langsam erhärtender Beton?	Nein
Stabdurchmesser B_{gel}	10 mm
Stabdurchmesser Längsbew. d_{sl} =	23 mm
Stahlspannung f_{yk} =	500 N/mm ²
$k_{ct,t}$ =	0,72
f_{ctm} =	3,2 N/mm ²
k_c =	1,0
k =	0,59
$f_{ct,eff}$ =	2,3 N/mm ²
A_{ct} =	0,325 m ²
Statische Nutzhöhe d =	56,85 cm
Abstand der Längsbew. d_1 =	8,15 cm
$\sigma_s^*(1)$ =	49,2 mm
$\sigma_s^*(2)$ =	28,9 mm
σ_s^* =	28,9 mm
σ_s =	155 N/mm ²
h/d_1 =	8,0
$h_{c,eff}/d_1$ =	2,80
$h_{c,eff}$ =	22,8 cm
$As(1)$ =	28,5 cm ² /m
$As(2.1)$ =	33,9 cm ² /m
$As(2.2)$ =	8,8 cm ² /m
$As(2)$ =	33,9 cm ² /m
Reduktionsfaktor =	1,00

$A_{s,erforderlich} = 28,5 \text{ cm}^2/\text{m}$

Zugehörige Tabellen:

f_{ctm}	$k_{ct,t} < 1$	$k_{ct,t} = 1$	
C20/25	2,2	3,0	N/mm ²
C25/30	2,6	3,0	N/mm ²
C30/37	2,9	3,0	N/mm ²
C35/45	3,2	3,2	N/mm ²
C40/50	3,5	3,5	N/mm ²
C45/55	3,8	3,8	N/mm ²
C50/60	4,1	4,1	N/mm ²
C55/67	4,2	4,2	N/mm ²
C60/75	4,4	4,4	N/mm ²
C70/85	4,6	4,6	N/mm ²
			mittel: $k_{ct,t}$
			30 cm 0,65
			35 cm 0,66
			40 cm 0,67
			45 cm 0,68
			50 cm 0,69
			55 cm 0,70
			60 cm 0,71
			65 cm 0,72
			70 cm 0,73
			75 cm 0,74
			80 cm 0,75
			100 cm 0,77
			120 cm 0,79
			140 cm 0,80
			160 cm 0,82
			180 cm 0,84
			200 cm 0,85

4,02

\emptyset 23 / 14,1

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

Geforderte Rissbreite w_k =	0,2 mm
Bauteildicke h =	60 cm
Betondeckung c_{nom} =	6,0 cm
Betongüte	C35/45 -
Langsam erhärtender Beton?	Nein -
Stabdurchmesser B_{gel} d_{sh} =	10 mm
Stabdurchmesser Längsbew. d_{sl} =	20 mm
Stahlspannung f_{yk} =	500 N/mm ²
$k_{c,t}$ =	1,00 -
f_{ctm} =	3,2 N/mm ²
k_c =	1,0 -
k =	0,62 -
$f_{ct,eff}$ =	3,2 N/mm ²
A_{ct} =	0,3 m ²
Statische Nutzhöhe d =	52 cm
Abstand der Längsbew. d_1 =	8 cm
$\phi_s^*(1)$ =	31,2 mm
$\phi_s^*(2)$ =	18,1 mm
ϕ_s^* =	18,1 mm
σ_s =	196 N/mm ²
h/d_1 =	7,5 -
$h_{c,eff}/d_1$ =	2,75 -
$h_{c,eff}$ =	22 cm
$As(1)$ =	30,4 cm ² /m
$As(2.1)$ =	35,9 cm ² /m
$As(2.2)$ =	11,9 cm ² /m
$As(2)$ =	35,9 cm ² /m
Reduktionsfaktor =	1,00 -

$A_{s,erforderlich}$ = 30,4 cm²/m

Zugehörige Tabellen:			
f_{ctm}	$k_{c,t} < 1$	$k_{c,t} = 1$	
C20/25	2,2	3,0	N/mm ²
C25/30	2,6	3,0	N/mm ²
C30/37	2,9	3,0	N/mm ²
C35/45	3,2	3,2	N/mm ²
C40/50	3,5	3,5	N/mm ²
C45/55	3,8	3,8	N/mm ²
C50/60	4,1	4,1	N/mm ²
C55/67	4,2	4,2	N/mm ²
C60/75	4,4	4,4	N/mm ²
C70/85	4,6	4,6	N/mm ²
mittel:			$k_{c,t}$
			30 cm 0,65
			35 cm 0,66
			40 cm 0,67
			45 cm 0,68
			50 cm 0,69
			55 cm 0,70
			60 cm 0,71
			65 cm 0,72
			70 cm 0,73
			75 cm 0,74
			80 cm 0,75
			100 cm 0,77
			120 cm 0,79
			140 cm 0,80
			160 cm 0,82
			180 cm 0,84
			200 cm 0,85

$k_{c,t} = 0,65 - 1,0 f_{rfr}$ hen Zwang, $k_{c,t} = 1,0 f_{r}$ r späten Zwang

aus Tabelle rechts

$k_c = 1,0 f_{r}$ r zentrischen Zwang

$k = 0,8 f_{r} d = 30 \text{ cm}$

$k = 0,5 f_{r} d = 80 \text{ cm}$, dazwischen wird interpoliert

$f_{ct,eff} = k_{c,t} * f_{ctm}$, aber $f_{r} k_c = 1,0$ ist $f_{ct,eff} \geq 3,0 \text{ N/mm}^2$

A_{ct} = halbe Bauteilfläche

$d = h - c_{nom} - d_{sh} - d_{sl}/2 =$

$d_1 = h - d =$

$\phi_s^*(1) = d_{sl} * 8 * (h-d) / (k_c * k * h_{cr}) * 2,9 / f_{ct,eff}$

$\phi_s^*(2) = d_{sl} * 2,9 / f_{ct,eff}$

$\phi_s^* = \text{Minimum}(\phi_s^*(1); \phi_s^*(2))$

$\sigma_s = \text{WURZEL}(w_k * 3,48 * 10^6 / \phi_s^*)$ (aus Tabelle 7.2DE)

$h_{c,eff} / d_1 = 2,5 f_{r} h / d_1 = 5$

$h_{c,eff} / d_1 = 5,0 f_{r} h / d_1 = 30$, dazwischen wird interpoliert

$h_{c,eff} = h_{c,eff} / d_1 * d_1$

$As(1) = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$ (Trennriss f r nne Bauteile)

$As(2.1) = f_{ct,eff} * A_{c,eff} / \sigma_s$ (Sekundärriss)

$As(2.2) = k * f_{ct,eff} * A_{ct} / f_{yk}$ (Primärriss)

$As(2) = \text{Maximum}(As(2.1); As(2.2))$

Faktor = 0,85 bei langsam erhärtendem Beton ($r < 0,30$)

gemäß NCI Zu 7.3.2 (Na.6)

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

3,14

ϕ 20 / 10,3

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

Geforderte Rissbreite w_k =	0,2 mm
Bauteildicke h =	60 cm
Betondeckung c_{nom} =	6,0 cm
Betongüte	C35/45 -
Langsam erhärtender Beton?	Nein -
Stabdurchmesser B_{gel} d_{sh} =	10 mm
Stabdurchmesser Längsbew. d_{sl} =	20 mm
Stahlspannung f_{yk} =	500 N/mm ²
$k_{c,t}$ =	0,71 -
f_{ctm} =	3,2 N/mm ²
k_c =	1,0 -
k =	0,62 -
$f_{ct,eff}$ =	2,3 N/mm ²
A_{ct} =	0,3 m ²
Statische Nutzhöhe d =	52 cm
Abstand der Längsbew. d_1 =	8 cm
$\phi_s^*(1)$ =	43,9 mm
$\phi_s^*(2)$ =	25,5 mm
ϕ_s^* =	25,5 mm
σ_s =	165 N/mm ²
h/d_1 =	7,5 -
$h_{c,eff}/d_1$ =	2,75 -
$h_{c,eff}$ =	22 cm
$As(1)$ =	25,6 cm ² /m
$As(2.1)$ =	30,3 cm ² /m
$As(2.2)$ =	8,5 cm ² /m
$As(2)$ =	30,3 cm ² /m
Reduktionsfaktor =	1,00 -

$A_{s,erforderlich}$ = 25,6 cm²/m

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

$k_{c,t} = 0,65 - 1,0 f_{rfr}$ hen Zwang, $k_{c,t} = 1,0 f_{rfr}$ späten Zwang
aus Tabelle rechts

$k_c = 1,0 f_{rfr}$ zentrischen Zwang

$k = 0,8 f_{rd} = 30 \text{ cm}$

$k = 0,5 f_{rd} = 80 \text{ cm}$, dazwischen wird interpoliert
 $f_{ct,eff} = k_{c,t} * f_{ctm}$, aber $f_{rfr} k_c = 1,0$ ist $f_{ct,eff} \geq 3,0 \text{ N/mm}^2$

A_{ct} = halbe Bauteilfläche

$d = h - c_{nom} - d_{sh} - d_{sl}/2 =$

$d_1 = h - d =$

$\phi_s^*(1) = d_{sl} * 8 * (h-d) / (k_c * k * h_{cr}) * 2,9 / f_{ct,eff}$

$\phi_s^*(2) = d_{sl} * 2,9 / f_{ct,eff}$

$\phi_s^* = \text{Minimum}(\phi_s^*(1); \phi_s^*(2))$

$\sigma_s = \text{WURZEL}(w_k * 3,48 * 10^6 / \phi_s^*)$ (aus Tabelle 7.2DE)

$h_{c,eff} / d_1 = 2,5 f_{rfr} h / d_1 = 5$

$h_{c,eff} / d_1 = 5,0 f_{rfr} h / d_1 = 30$, dazwischen wird interpoliert

$h_{c,eff} = h_{c,eff} / d_1 * d_1$

$As(1) = k_c * k * f_{ct,eff} * A_{ct} / \sigma_s$ (Trennrisse f r d nne Bauteile)

$As(2.1) = f_{ct,eff} * A_{c,eff} / \sigma_s$ (Sekundärriß)

$As(2.2) = k * f_{ct,eff} * A_{ct} / f_{yk}$ (Primärriß)

$As(2) = \text{Maximum}(As(2.1); As(2.2))$

Faktor = 0,85 bei langsam erhärtendem Beton ($r < 0,30$)

gemäß NCI Zu 7.3.2 (Na.6)

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

3,14

ϕ 20 / 12,3

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

Geforderte Rissbreite w_k =	0,2 mm
Bauteildicke h =	50 cm
Betondeckung c_{nom} =	6,0 cm
Betongüte	C35/45 -
Langsam erhärtender Beton?	Nein -
Stabdurchmesser B_{gel} d_{sh} =	10 mm
Stabdurchmesser Längsbew. d_{sl} =	20 mm
Stahlspannung f_{yk} =	500 N/mm ²
$k_{ct,t}$ =	0,69 -
f_{ctm} =	3,2 N/mm ²
k_c =	1,0 -
k =	0,68 -
$f_{ct,eff}$ =	2,2 N/mm ²
A_{ct} =	0,25 m ²
Statische Nutzhöhe d =	42 cm
Abstand der Längsbew. d_1 =	8 cm
$\phi_s^*(1)$ =	49,4 mm
$\phi_s^*(2)$ =	26,3 mm
ϕ_s^* =	26,3 mm
σ_s =	163 N/mm ²
h/d_1 =	6,3 -
$h_{c,eff}/d_1$ =	2,63 -
$h_{c,eff}$ =	21 cm
$As(1)$ =	23,1 cm ² /m
$As(2.1)$ =	28,5 cm ² /m
$As(2.2)$ =	7,5 cm ² /m
$As(2)$ =	28,5 cm ² /m
Reduktionsfaktor =	1,00 -

$A_{s,erforderlich} = 23,1 \text{ cm}^2/\text{m}$

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

mittel: k_{ct}

30 cm	0,65
35 cm	0,66
40 cm	0,67
45 cm	0,68
50 cm	0,69
55 cm	0,70
60 cm	0,71
65 cm	0,72
70 cm	0,73
75 cm	0,74
80 cm	0,75
100 cm	0,77
120 cm	0,79
140 cm	0,80
160 cm	0,82
180 cm	0,84
200 cm	0,85

$$As(1) = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s \quad (\text{Trennriss f r d nne Bauteile})$$

$$As(2.1) = f_{ct,eff} \cdot A_{c,eff} / \sigma_s \quad (\text{Sekundärriss})$$

$$As(2.2) = k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / f_{yk} \quad (\text{Primärriss})$$

$$As(2) = \text{Maximum}(As(2.1); As(2.2))$$

Faktor = 0,85 bei langsam erhärtendem Beton ($r < 0,30$)

gemäß NCI Zu 7.3.2 (Na.6)

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

3,14

$\emptyset \quad 20 \quad / \quad 13,6$