

Technischer Bericht

ALTSTADT BRUGG, BRUGG

EISIHALLE



PROJEKTNUMMER: 1000.01

ERSTELLDATUM: 06.03.2023/Ma.

REVISION: V01 07_03_23

Inhaltsverzeichnis

1. Auftrag und Vorgehen.....	3
2. Grundlagen	3
3. Einleitung	4
4. Lasten	4
4.1. Nutzlasten	4
4.2. Auflasten	4
4.3. Schneelast	4
5. Materialeigenschaften.....	5
6. Analyse des Tragwerks für Schwerelasten.....	5
6.1. Berechnungsverfahren	5
6.2. Ist - Zustand.....	5
6.3. Soll - Zustand	6
7. Zusammenfassung	7
Anhang 1- Ist Zustand	8
Anhang 2 – Soll Zustand.....	19
Anhang 3 – Ist Zustand Bilder	30

1. Auftrag und Vorgehen

Die MWV Bauingenieure AG wurde von der Stoos Architekten AG, Brugg, beauftragt, die Tragfähigkeit der Decke des bestehenden Gebäudes (Eisihalle, Brugg) für mögliche Zusatzlasten zu ermitteln.

Zur Erfüllung der Aufgabe wird folgendes Vorgehen gewählt:

- Statische Berechnungen
- Untersuchungsbericht
- Besprechung mit dem Auftraggeber

2. Grundlagen

Normen:

- SIA 260 (2013) Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
- SIA 261 (2020) Einwirkungen auf Tragwerke
- SIA 261/1 (2020) Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen
- SIA 262 (2013) Betonbau
- SIA 262/1 (2019) Betonbau – Ergänzende Festlegungen
- SIA 269 (2011) Grundlagen der Erhaltung von Tragwerken
- SIA 269/1 (2011) Erhaltung von Tragwerken – Einwirkungen
- SIA 269/2 (2011) Erhaltung von Tragwerken – Betonbau

Plangrundlagen:

- Architektonische Pläne (zukünftiges Layout in PDF)
- Ausführungspläne (vorhandene Schalungspläne und Bewehrungspläne in PDF)

3. Einleitung

Über der Eishalle befindet sich ein bestehendes Flachdach aus Stahlbeton, das zwischen 2002 und 2004 errichtet wurde. Der Bauherr beabsichtigt, die bestehende Abdeckung über der Betonkonstruktion (Dachplatte) zu entfernen und die bestehende Dachplatte teilweise mit Schüttmaterial und verschiedenen Bepflanzungen und teilweise mit Photovoltaikzellen in der Wasserschicht zu bedecken.

Die Aufgabe besteht darin, das potenzielle Ausmass der neuen Belastung der bestehenden Stahlbetondecke im Vergleich zum Ist-Zustand des Bauwerks zu ermitteln. In Kapitel 6 wird der Ist- und der Soll-Zustand des Gebäudes aus statischer Sicht näher beschrieben.

Die statische Berechnung hat ergeben, dass die vorhandene Stahlbetonplatte (Flachdach) mit maximal 2,50 kN/m² (1 kN = 100 kg) belastet werden kann, wenn die vorhandene Abdeckung über der Dachplatte bis auf die Betonstruktur entfernt wird.

Für den bestehenden Zustand wird eine maximale Belastung von 3,00 kN/m² (1 kN = 100 kg) und ein Teilsicherheitsbeiwert für die bestehenden Gebäude von 1,20 und für den neuen Zustand eine maximale Belastung von 2,50 kN/m² (1 kN = 100 kg) mit einem Teilsicherheitsbeiwert für die neuen Gebäude von 1,35 angesetzt.

4. Lasten

4.1. Nutzlasten

Einteilung der Kategorie gemäss SIA 261/Tabelle 8

NUTZFLÄCHE	NUTZUNG	NUTZLAST	
		q _k	Q _k
Flachdach – Ist-Zustand	Nicht begehbar (Kat. H)	0.4 kN/m ²	1 kN

4.2. Auflasten

NUTZFLÄCHE	BODENBELAG	AUFLAST
		q _k
Flachdach – Soll-Zustand	Dämmung, Abdichtung, Substrat, extensive Begrünung	2.5 kN/m ²

Umrechnung: 1 kN = 100 kg

4.3. Schneelast

NUTZFLÄCHE	BEMERKUNG	AUFLAST
		q _k
Flachdach	H ₀ = 0 m.ü.M.	1.0 kN/m ²

5. Materialeigenschaften

Gemäss den Architektenplänen, der Begehung vor Ort, den Sondagen und der gültigen SIA Normen werden für die Materialien der bestehenden Tragkonstruktionen die nachfolgend angegebenen Baustoffeigenschaften für die Berechnungen eingesetzt.

Beton (C30/37):

- Elastizitätsmodul	E_{cm}	=	32'836 N/mm ²
- Bemessungswert der Druckfestigkeit	f_{cd}	=	20.0 N/mm ²
- Bemessungswert der Schubfestigkeit	τ_{cd}	=	1.10 N/mm ²

Betonstahl (B500B):

- Elastizitätsmodul	E_s	=	205'000 N/mm ²
- Bemessungswert der Fließgrenze	f_{sd}	=	435 N/mm ²

6. Analyse des Tragwerks für Schwerelasten

6.1. Berechnungsverfahren

Zur Bewertung der Widerstände wird das FE-Modell der Struktur erstellt.

Die daraus resultierenden Auswirkungen in Form von Schnittgrössen in den einzelnen Bauteilen werden mit den vorhandenen Widerständen verglichen. Die vorhandenen Tragwiderstände wurden unter konservativen Annahmen in Verbindung mit vorgegebenen Detailplanungen ermittelt.

Die Auswirkungen werden mit einem linear elastischen Berechnungsmodell ermittelt.

6.2. Ist - Zustand

Die bestehende Stahlbetonplatte $d=28\text{cm}$ und $d=33\text{cm}$ mit angenommener Betonfestigkeitsklasse C30/37, Betonschutzschicht von $d=3.5\text{cm}$ und einer gewählten statischen Höhe pro Richtung x und y , $dv=22\text{ cm}$ bzw. 23 cm , respektive, $dv=27\text{ cm}$ bzw. 28 cm , ist auf zehn Stahlbetonstützen frei aufgelagert.

Die Berechnung erfolgte in Anlehnung an die SIA-Normen für bestehende Gebäude (269, 269/1, 269/2). Deshalb wurden die Lastkombinationen mit Sicherheitsfaktoren von 1.2 für die Eigenlast (Eigengewicht der Platte, Platte über Platte, etc.) und 1.50 für die Schneelasten gebildet.

Neben den Biegespannungen treten auch Schubspannungen in Form von Durchstanzspannungen auf, die jedoch aufgrund der vorhandenen Schubbewehrung nicht als relevante Plattenbeanspruchung nachgewiesen wurden.

Für die Berechnung des bestehenden Betonplattentragwerks war es wichtig, den Zustand des Bestandsbauwerks hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit zu ermitteln. In diesem Sinne hat die Berechnung ergeben, dass die vorhandene Betonkonstruktion (Dachplatte) für $t=0$ eine maximale Durchbiegung von 15,43 mm und für $t=\text{unendlich}$ eine maximale Durchbiegung von 49,88 mm aufweist.

Dieses Ergebnis zeigte, dass die vorhandene Stahlbetondecke eine vorhandene Durchbiegung aufweist, die grösser als zulässig ist $L/300 < 9000/300 < 30$ mm. In Anbetracht dessen ist es offensichtlich, dass die zusätzliche Last nicht aufgebracht werden kann und die maximale Last, die aufgebracht werden könnte, die berechnete maximale Last von $2,5 \text{ kN/m}^2$ ($1 \text{ kN}=100 \text{ kg}$) ist.

Alle erforderlichen Nachweise konnten problemlos geführt werden.

Die Ergebnisse für den Ist-Zustand sind in Anhang A1 zu finden.

6.3. Soll - Zustand

Im Soll-Zustand wurde die Last aus Füll- und Photovoltaikzellen aufgebracht und die Biegefestigkeit der Decke im Hinblick auf den Gebrauchszustand voll ausgenutzt.

Die Berechnung erfolgte in Anlehnung an die SIA-Normen für Bestandsbauten (269, 269/1, 269/2). Daher wurden die Lastfallkombinationen mit Sicherheitsfaktoren von 1,2 für die Eigenlast (Eigengewicht der Platte, Neuschüttung) und 1,50 für Schneelasten erstellt.

Die Analyse ergab, dass die vorhandene Tragstruktur die zusätzlichen ständigen Lasten nicht aufnehmen kann und um neue ständige Lasten auf die bestehende Betondachplatte aufzubringen, muss die vorhandene Abdeckung über der Betondachplatte abgebaut werden.

Die maximal anzunehmende neue Dauerlast durch neue Füllung und Photovoltaikzellen auf der bestehenden Betondecke beträgt $2,5 \text{ kN/m}^2$ ($1 \text{ kN}=100 \text{ kg}$).

Für die Berechnung des bestehenden Betonplattentragwerks war es wichtig, den gebrauchstauglichen Zustand des Bestandsbauwerks hinsichtlich der neuen Dauerlast zu ermitteln. In diesem Sinne hat die Berechnung ergeben, dass die bestehende Betonkonstruktion (Dachplatte) bei neuer ständiger Belastung eine maximale Durchbiegung von 15,32 mm für $t=0$ und eine maximale Durchbiegung von 49,52 mm für $t=\text{unendlich}$ aufweist.

Dieses Ergebnis zeigte, dass die vorhandene Stahlbetondecke mit neuer dauerhafter Belastung eine vorhandene Durchbiegung grösser als die zulässige $L/300 < 9000/300 < 30$ mm aufweist. In Anbetracht dessen soll keine zusätzliche Belastung aufgebracht werden. Die berechnete maximale Belastung beträgt $2,5 \text{ kN/m}^2$.

Die Auswirkungen des seismischen Verhaltens auf die Struktur sind nicht Teil dieses Projekts.

Die Ergebnisse für den Soll-Zustand sind in Anhang 2 zu finden.

7. Zusammenfassung

Die statische Analyse der bestehenden Betondachplatte zeigte, dass eine Erhöhung der neuen dauerhafte Belastung ohne Rückbau der bestehenden nicht möglich ist und die maximale neue dauerhafte Belastung nach Rückbau der bestehenden, bei Bestand und Neu maximal $2,5 \text{ kN/m}^2$ ($1 \text{ kN}=100 \text{ kg}$) betragen darf.

Zur Verbesserung der Durchbiegungen der Struktur sind zusätzliche Massnahmen erforderlich und möglich, die jedoch nicht Teil dieses Projekts sind.

In diesem Projekt wurde das System nicht auf Erdbebeneinwirkungen überprüft und verifiziert.

Ein weiterer zu berücksichtigender Punkt ist die Abdichtung der bestehenden Stahlbeton-Dachplatte vor dem Aufbringen der Schüttung.

MWV Bauingenieure AG

M. Maric | L. Peric

Anhang 1- Ist Zustand

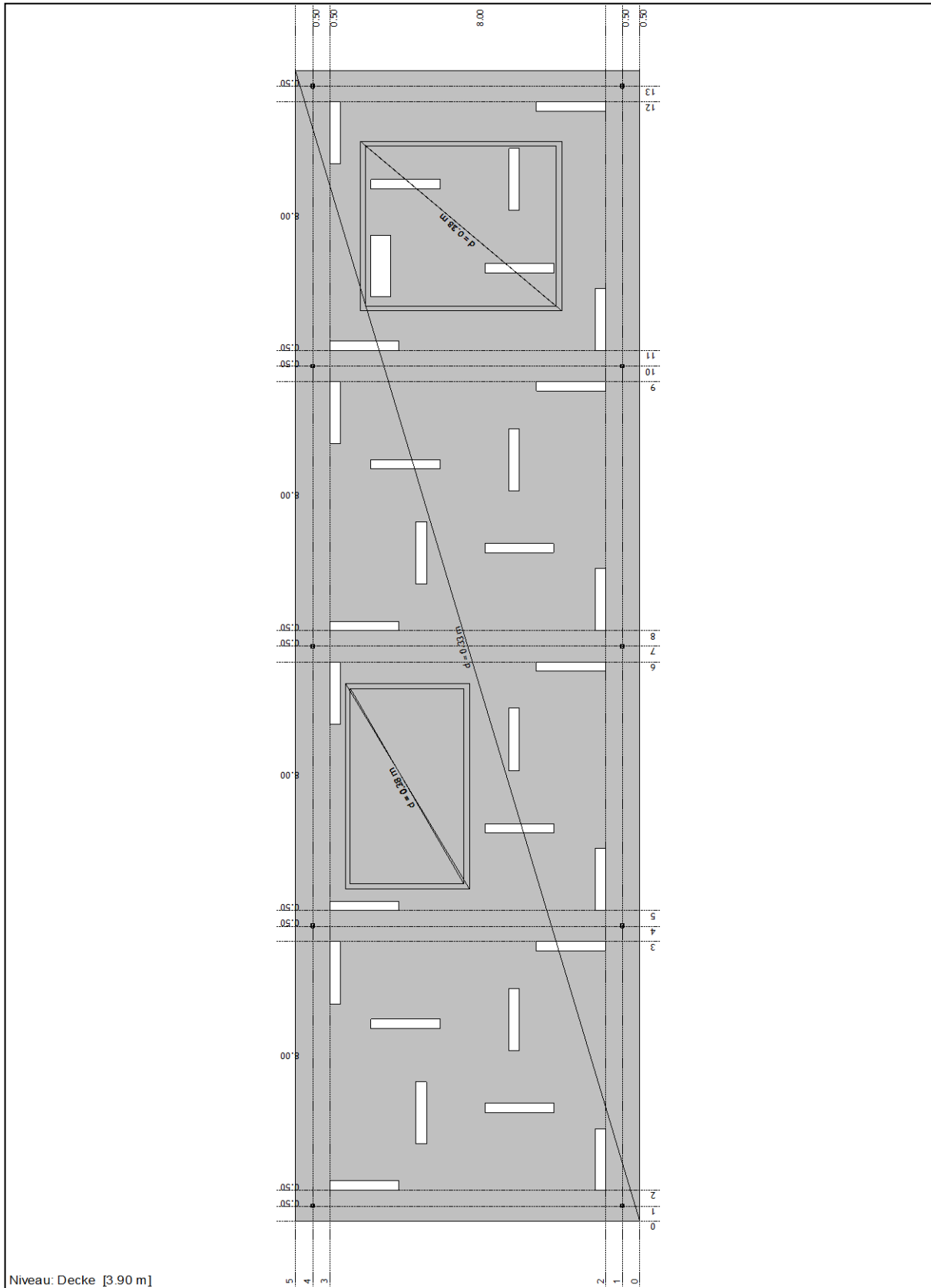
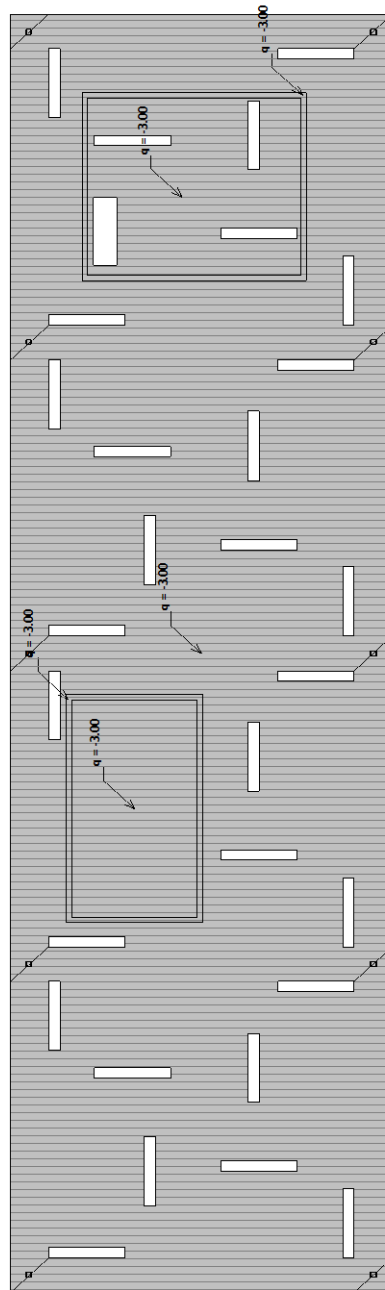


Abbildung 1: Geometrie der Decke – Dachplatte

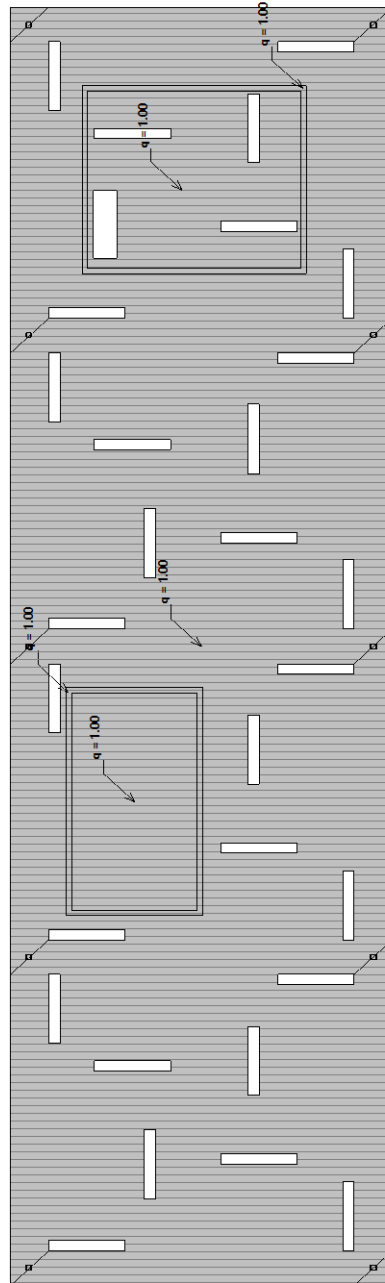
Belastung 2: Steinabdeckung



Niveau: Decke [3.90 m]

Abbildung 2: Gesamtlast (Ständig) – Dachplatte

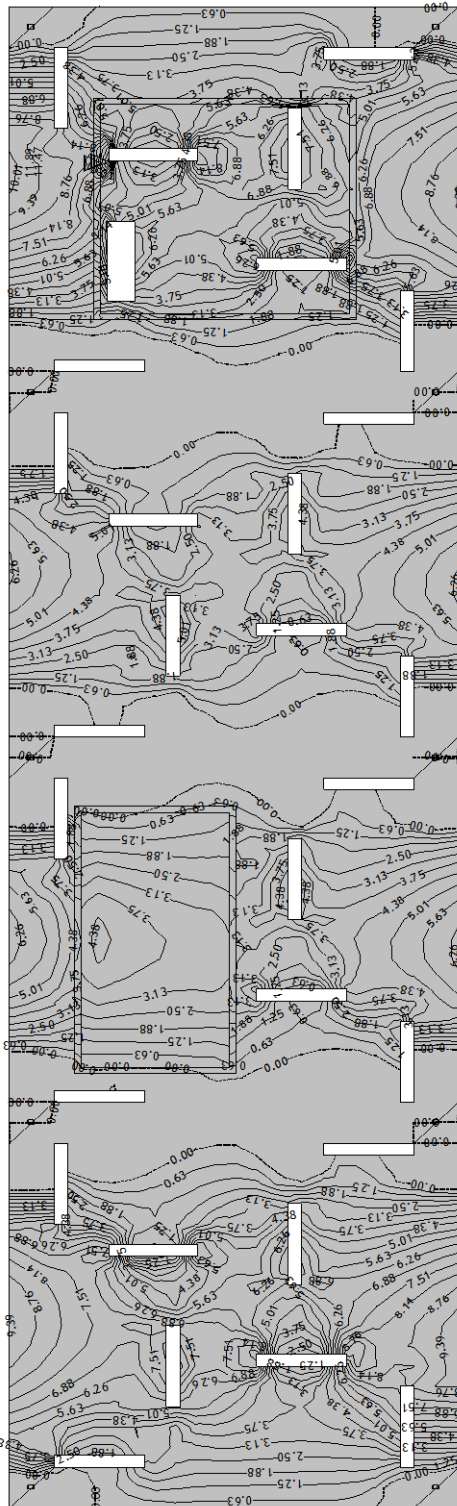
Belastung 3: Schnee



Niveau: Decke [3.90 m]

Abbildung 3: Schneelast – Dachplatte

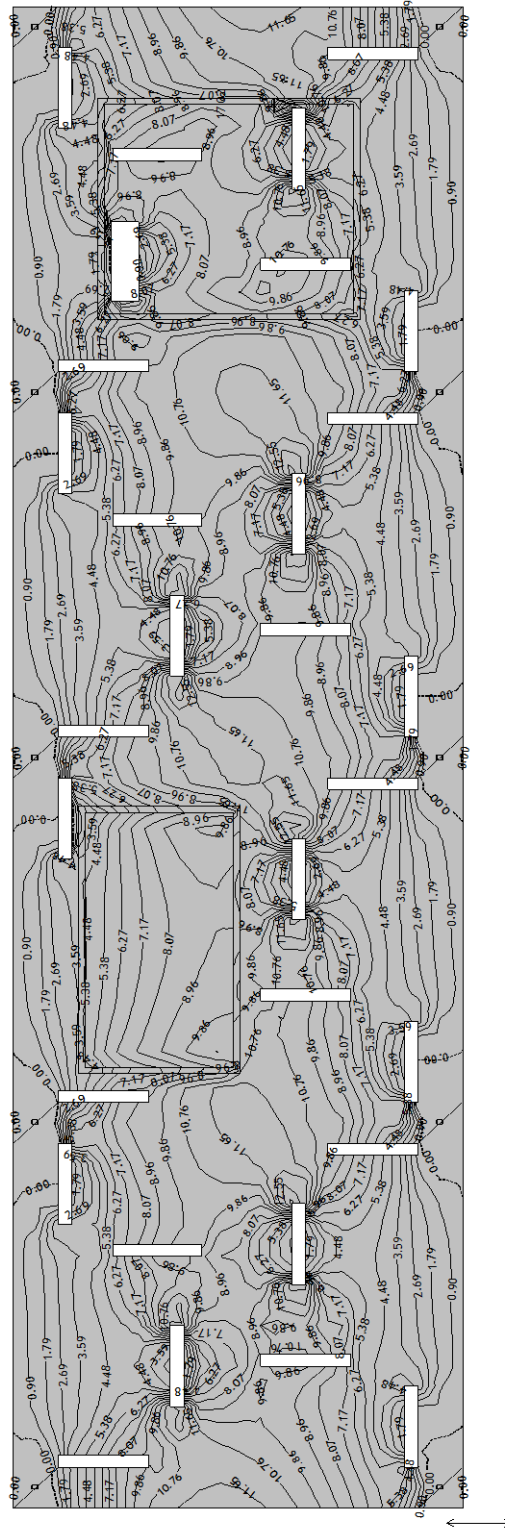
Massgebender Lastfall: 1.20xI+1.20xII+1.50xIII
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C30/37, B500B, a=5.00 cm



Niveau: Decke [3.90 m]
Aa_unten - Richtung 1 - max Aa1,u= 11.89 cm²/m

Abbildung 4: Erforderliche untere Bewehrung in X-Richtung – Dachplatte

Massgebender Lastfall: 1.20xI+1.20xII+1.50xIII
 EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C30/37, B500B, a=5.00 cm



Niveau: Decke [3.90 m]
 Aa_unten - Richtung 2 - max Aa2,u= 17.02 cm²/m

Abbildung 5: Erforderliche untere Bewehrung in Y-Richtung – Dachplatte

Massgebender Lastfall: 1.20xI+1.20xII+1.50xIII
 EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C30/37, B500B, a=5.00 cm

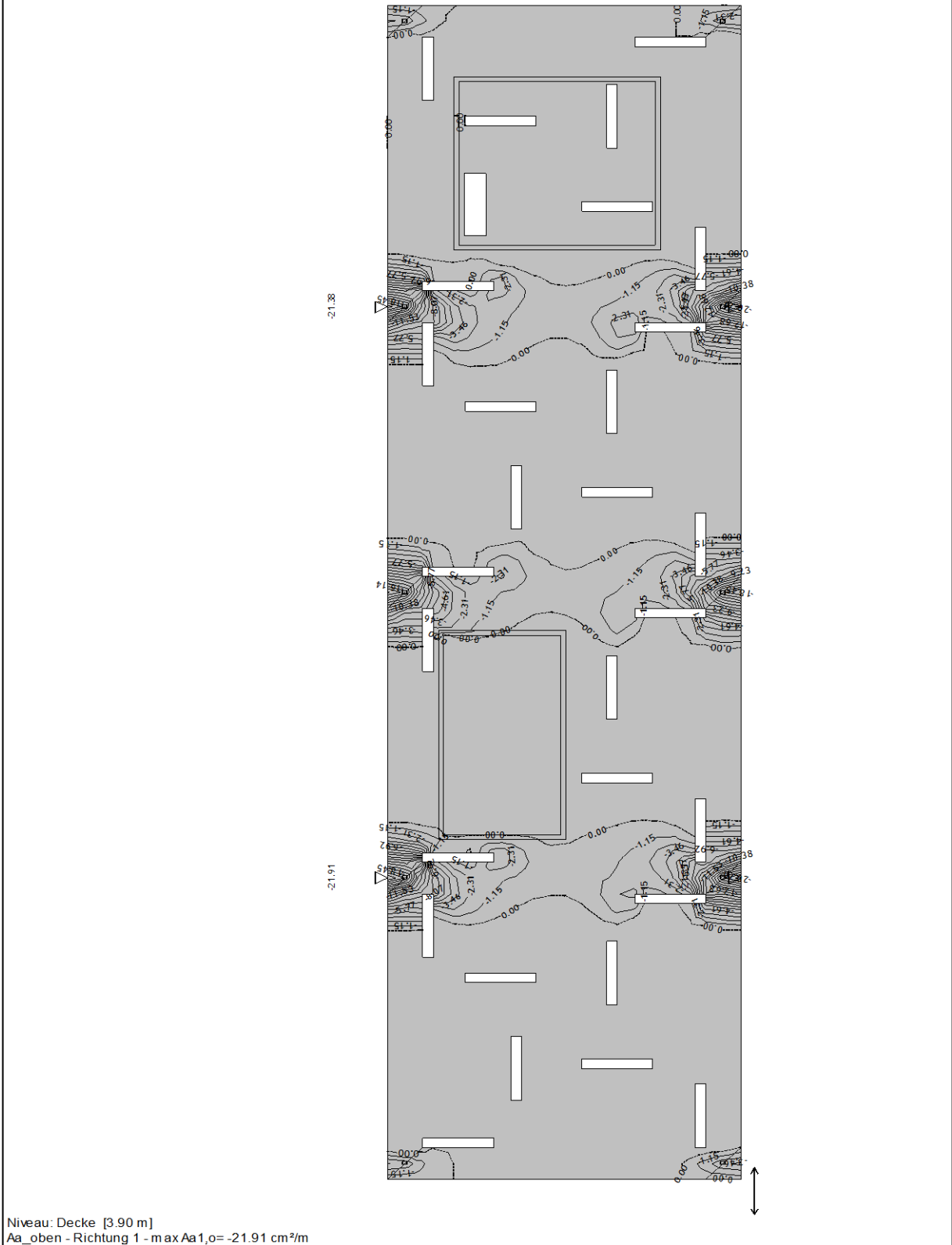
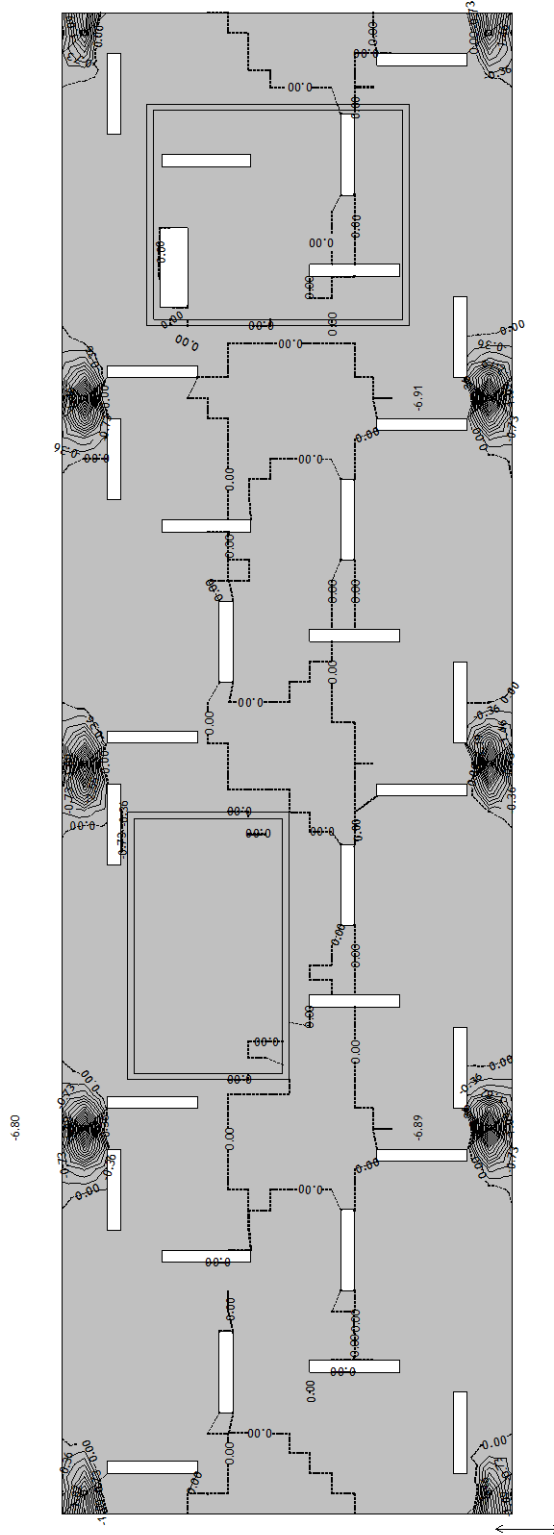


Abbildung 6: Erforderliche obere Bewehrung in X-Richtung – Dachplatte

Massgebender Lastfall: 1.20xI+1.20xII+1.50xIII
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C30/37, B500B, a=5.00 cm



Niveau: Decke [3.90 m]
Aa_oben - Richtung 2 - m ax Aa2,o= -6.91 cm²/m

Abbildung 7: Erforderliche obere Bewehrung in Y-Richtung – Dachplatte

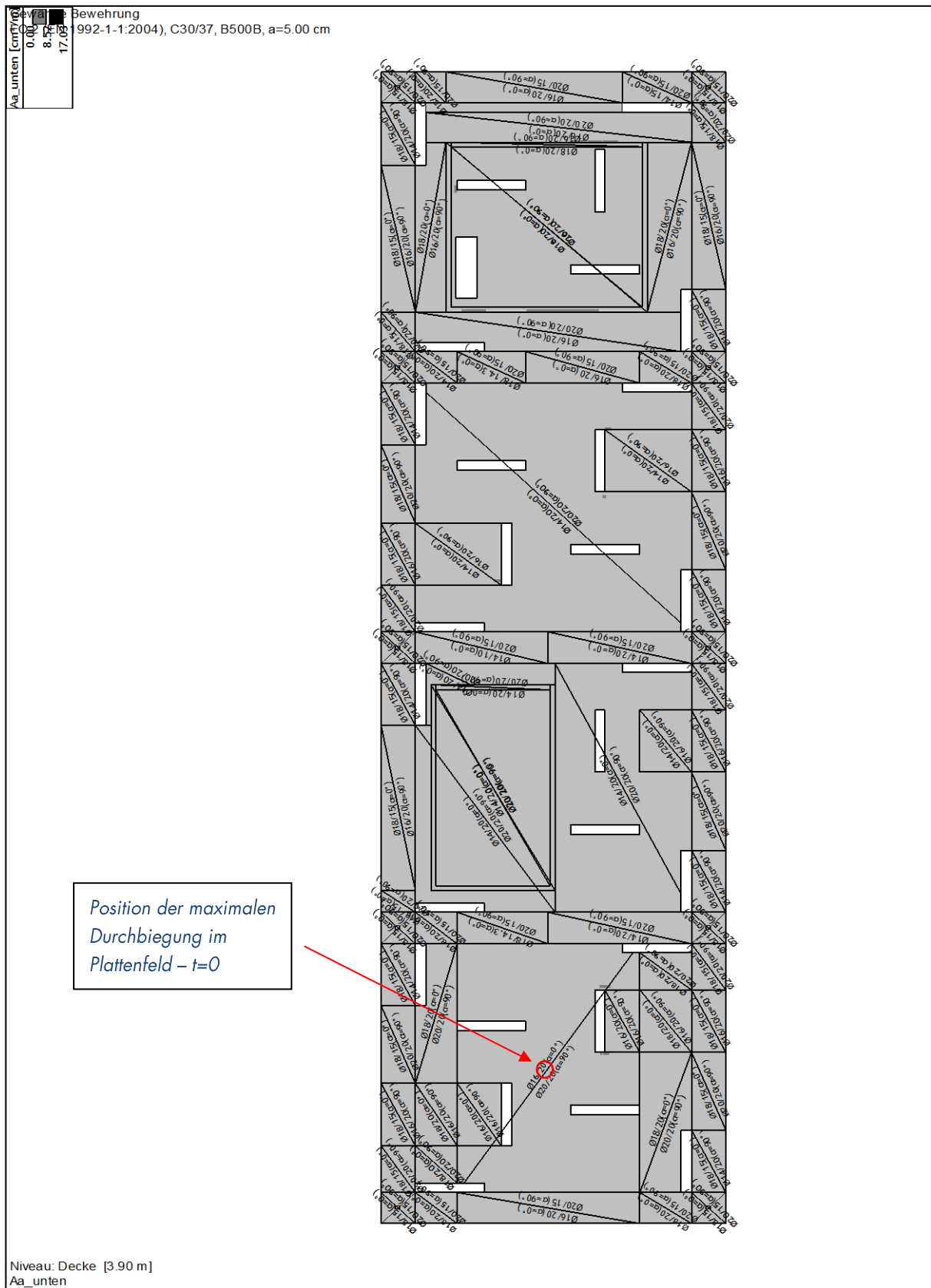


Abbildung 8: Bestehende untere Bewehrung – Dachplatte

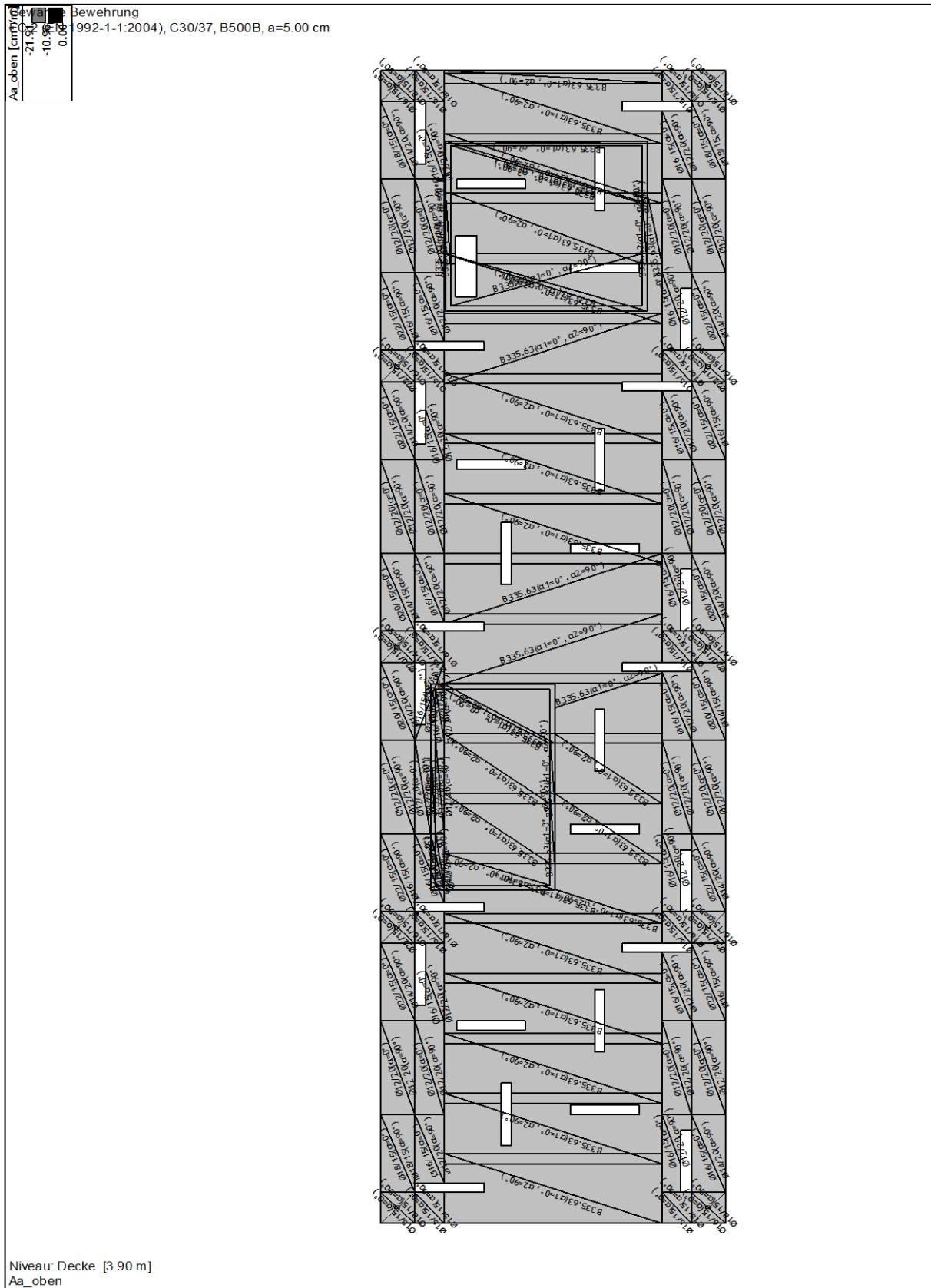


Abbildung 9: Bestehende obere Bewehrung – Dachplatte

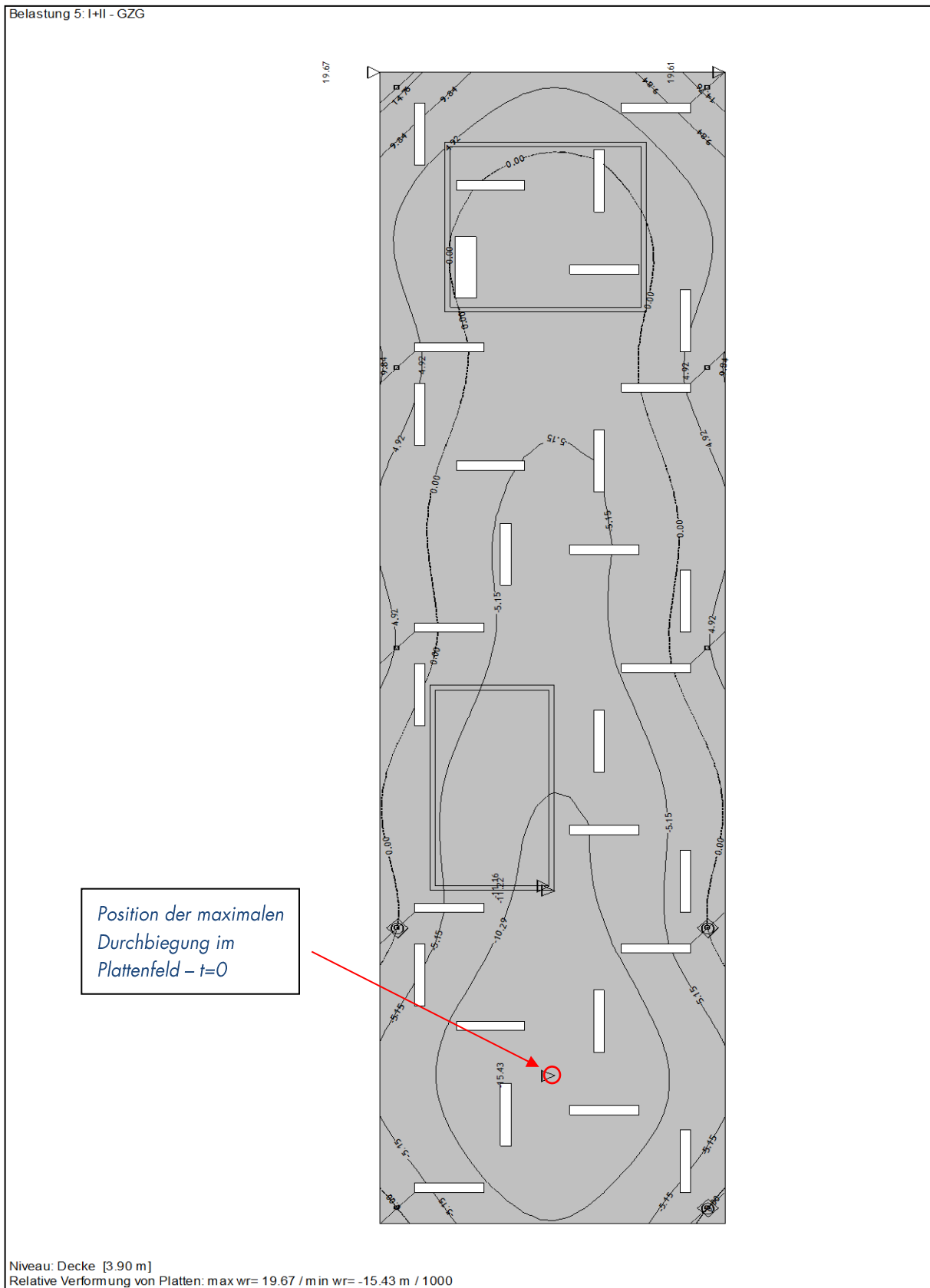


Abbildung 10: Zustand der Gebrauchstauglichkeit – Durchbiegungen t=0 – Dachplatte

Durchbiegungsberechnung $t = \infty$
 Nach SIA 262 - 4.4.3
 Für Platten

Höhe **33 cm**
 Stützweite **9 m**
 Durchbiegung (quasi-ständig) $t = 0$ **15.43 mm**
 Betondeckung **35 mm**
 Statische Höhe **28.3 cm**
 Beton **C30/37**
 $f_{ctm} = 38 \text{ N/mm}^2$

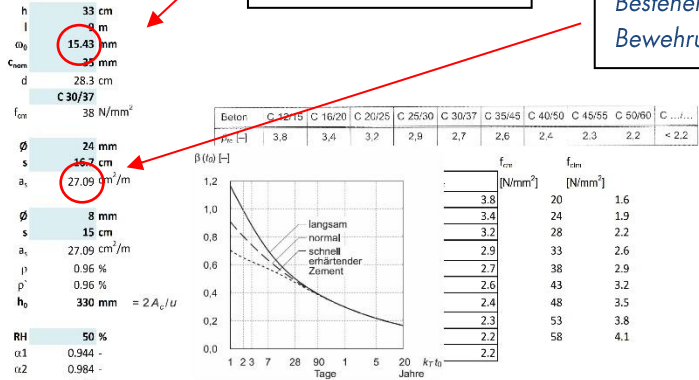
Zugbewehrung
 Stabdurchmesser **24 mm**
 Stababstand **16.7 cm**
 vorh. Stahlquerschnitt **27.09 cm²/m**
Druckbewehrung
 Stabdurchmesser **8 mm**
 Stababstand **15 cm**
 vorh. Stahlquerschnitt **27.09 cm²/m**
 Bewehrungsgehalt Zugbewehrung **0.96 %**
 Bewehrungsgehalt Druckbewehrung **0.96 %**
Bezogene Bauteildicke
RH 50 %
 $\alpha_1 = 0.944$
 $\alpha_2 = 0.984$
 $\varphi_{30} = 1.66$
 $\beta_{te} = 2.7$
 $\beta_{s10} = 0.5 - (t = 28 \text{ d})$
 $\beta_{s\infty} = 1.00 - (t = \infty)$
 $\varphi_{t,\infty} = 2.24 - \varphi(t, t_0) = \varphi_{RH} \beta_{te} \beta_{s10} \beta_{s\infty} \beta(t-t_0)$

Durchbiegung ungerissen $t = \infty$ **49.92 mm**
 Durchbiegung gerissen $t = \infty$ **49.88 mm**
 Gerissener Bereich **100 %**
 Prognostizierte Durchbiegung **49.88 mm**

Überhöhung
 Relative Durchbiegung ungerissen **180 > 300**
 Relative Durchbiegung gerissen **180 > 300**
 Relative Durchbiegung gemischt **180 > 300**

Die maximale Durchbiegung im Plattenfeld – $t=0$

Bestehende untere Bewehrung



$$\varphi_{s10} = \left[1 + \frac{1 - RH_0}{RH_0} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2 \quad \alpha_1 = \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.7} \quad \alpha_2 = \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.2}$$

$$f_{cm} \leq 35 \text{ N/mm}^2 \text{ gilt: } \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 1.0$$

49.92 mm $w_{sp} = w_c (1 + \varphi)$
 49.88 mm $w = \frac{1 - 20 \rho'}{10 \rho' \sigma'} (0.75 + 0.1 \varphi) \left(\frac{h}{d} \right)^3 w_c$
 100 %
 49.88 mm

Die zulässige Verformung überschritten!
 Die Anforderung bezüglich zulässiger Verformungen gemäss der SIA – Norm ($w_{\infty} \leq L/300$) nicht erfüllt

Abbildung 11: Zustand der Gebrauchstauglichkeit – Durchbiegungen $t = \infty$ – Dachplatte

Anhang 2 – Soll Zustand

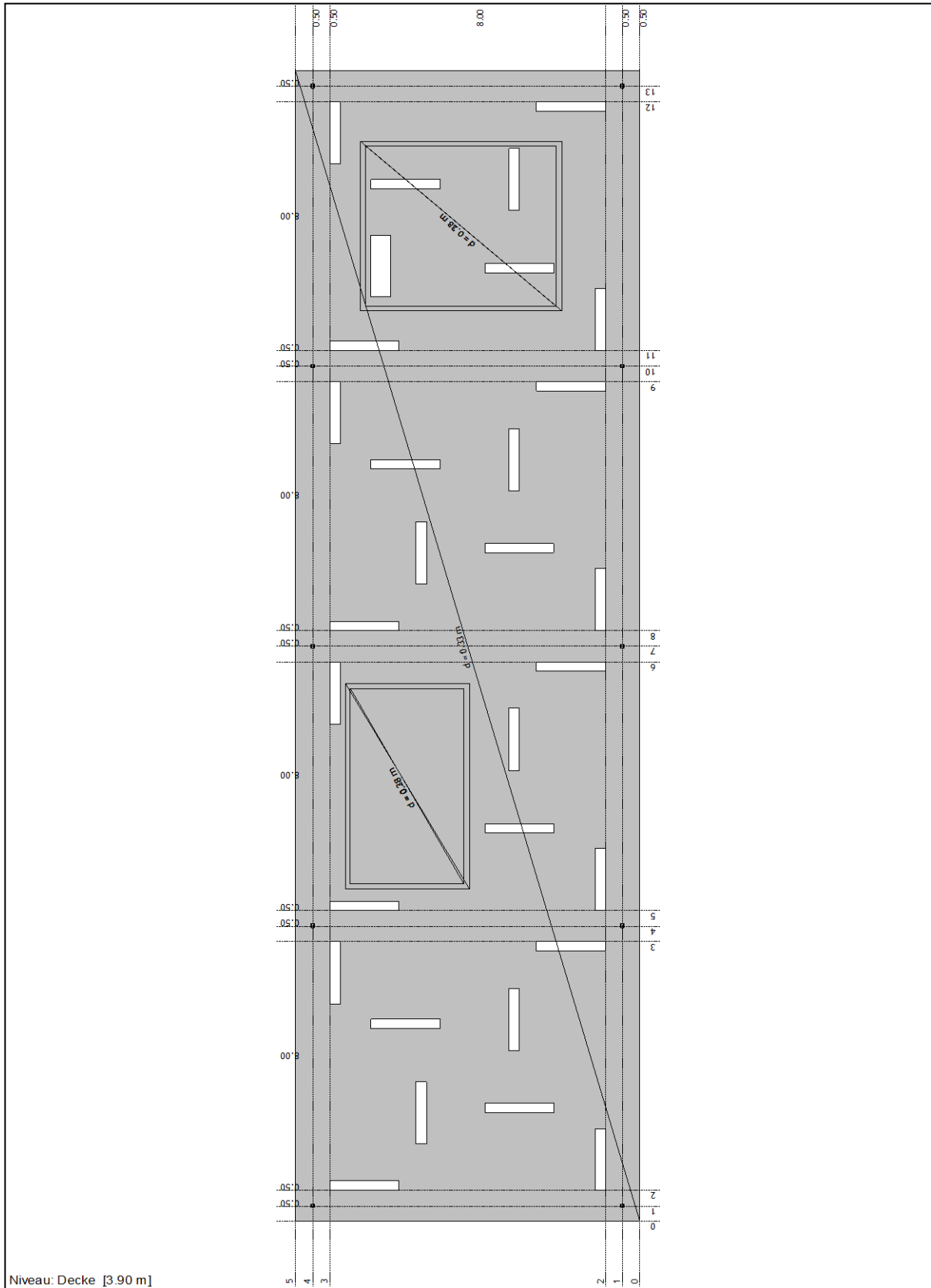
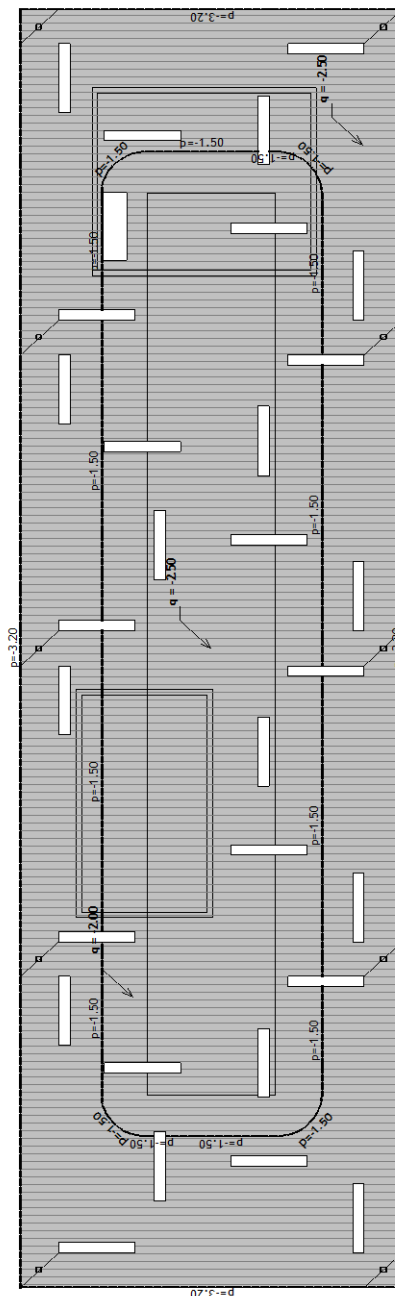


Abbildung 12: Geometrie der Decke – Dachplatte

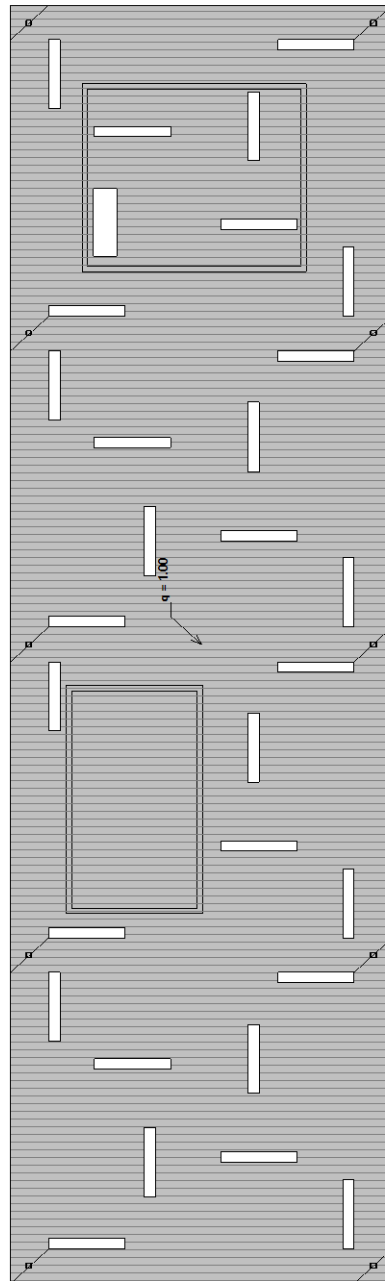
Belastung 2: Abdeckung



Niveau: Decke [3.90 m]

Abbildung 13: Gesamlast (Ständig) – Dachplatte

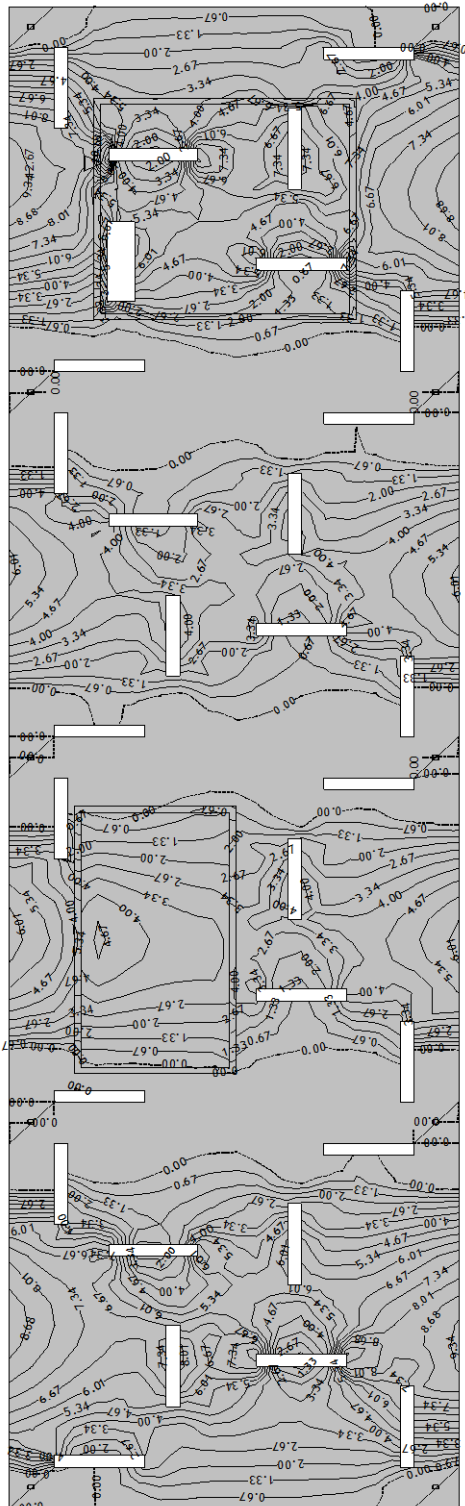
Belastung 3: Schnee



Niveau: Decke [3.90 m]

Abbildung 14: Schneelast – Dachplatte

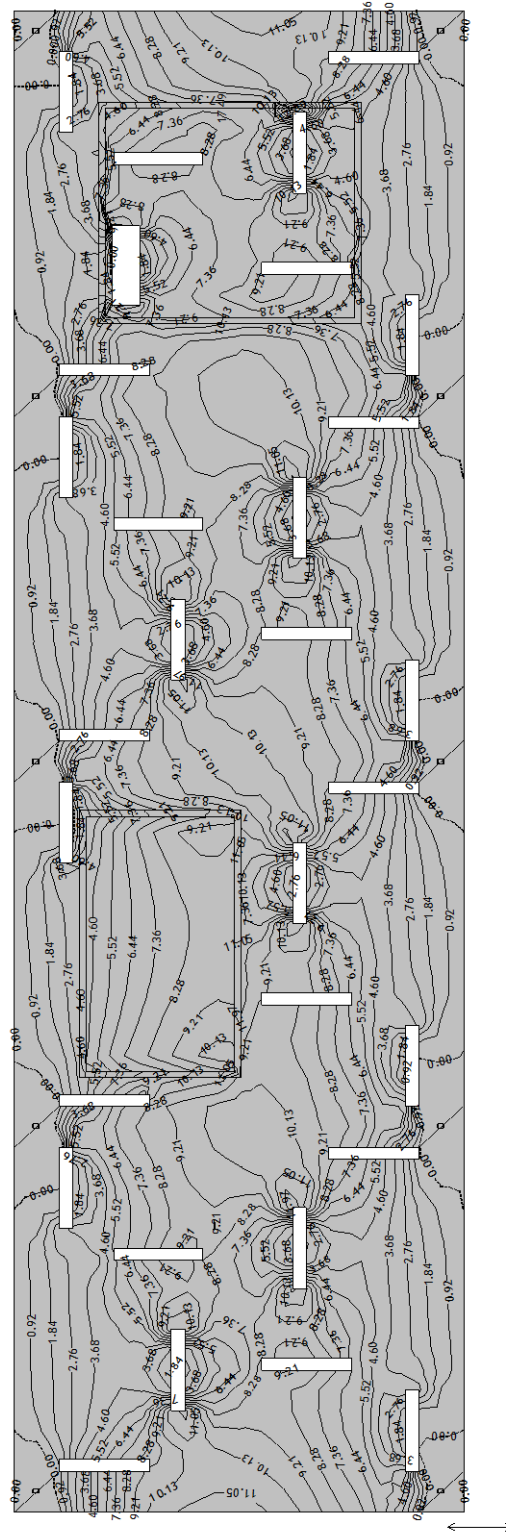
Massgebender Lastfall: 1.20xI+1.35xII+1.50xIII
 EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C30/37, B500B



Niveau: Decke [3.90 m]
 Aa_unten - Richtung 1 - max Aa1,u= 12.67 cm²/m

Abbildung 15: Erforderliche untere Bewehrung in X-Richtung – Dachplatte

Massgebender Lastfall: 1.20xI+1.35xII+1.50xIII
 EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C30/37, B500B



Niveau: Decke [3.90 m]
 Aa_unten - Richtung 2 - max Aa2,u = 17.49 cm²/m

Abbildung 16: Erforderliche untere Bewehrung in Y-Richtung – Dachplatte

Massgebender Lastfall: 1.20xI+1.35xII+1.50xIII
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C30/37, B500B

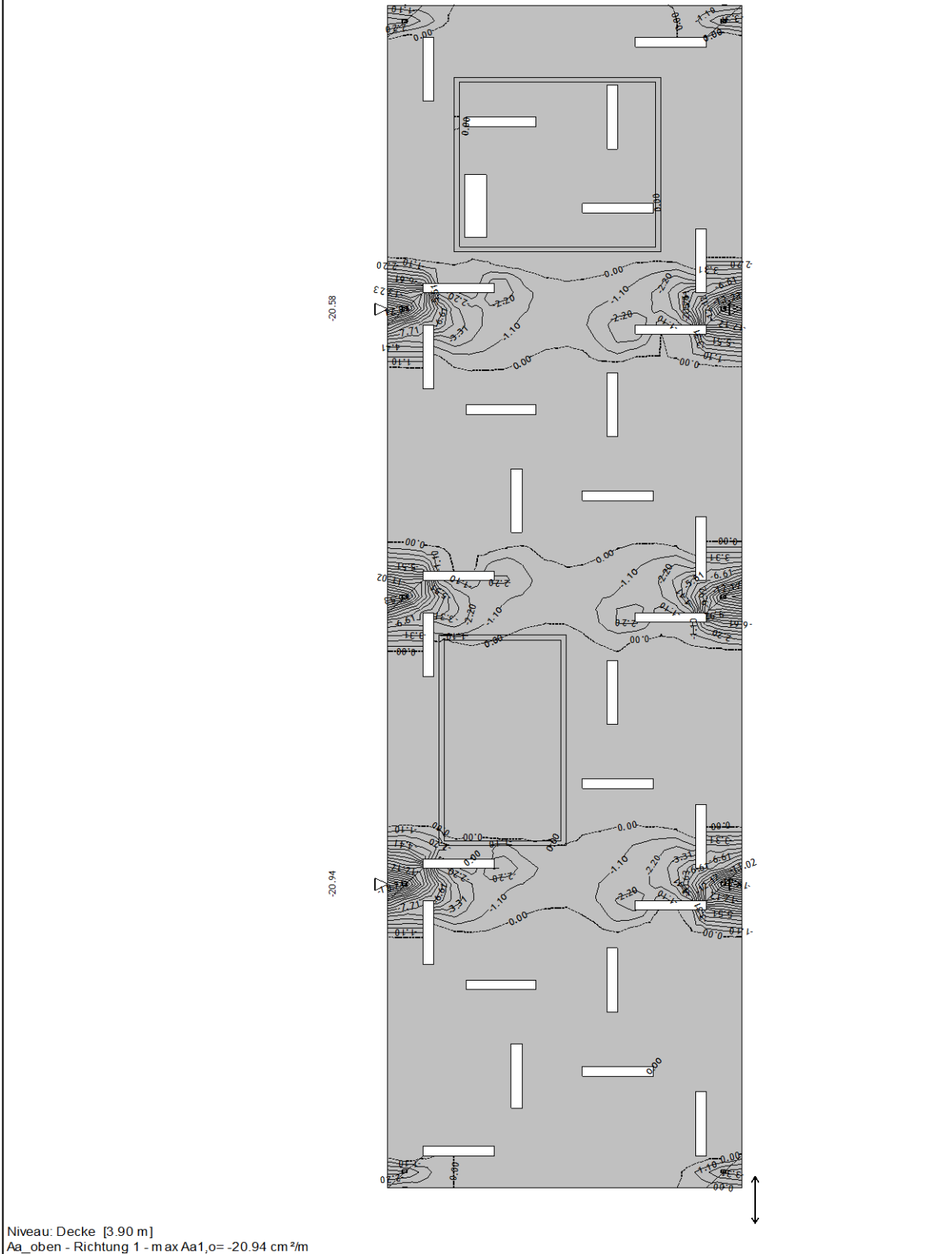
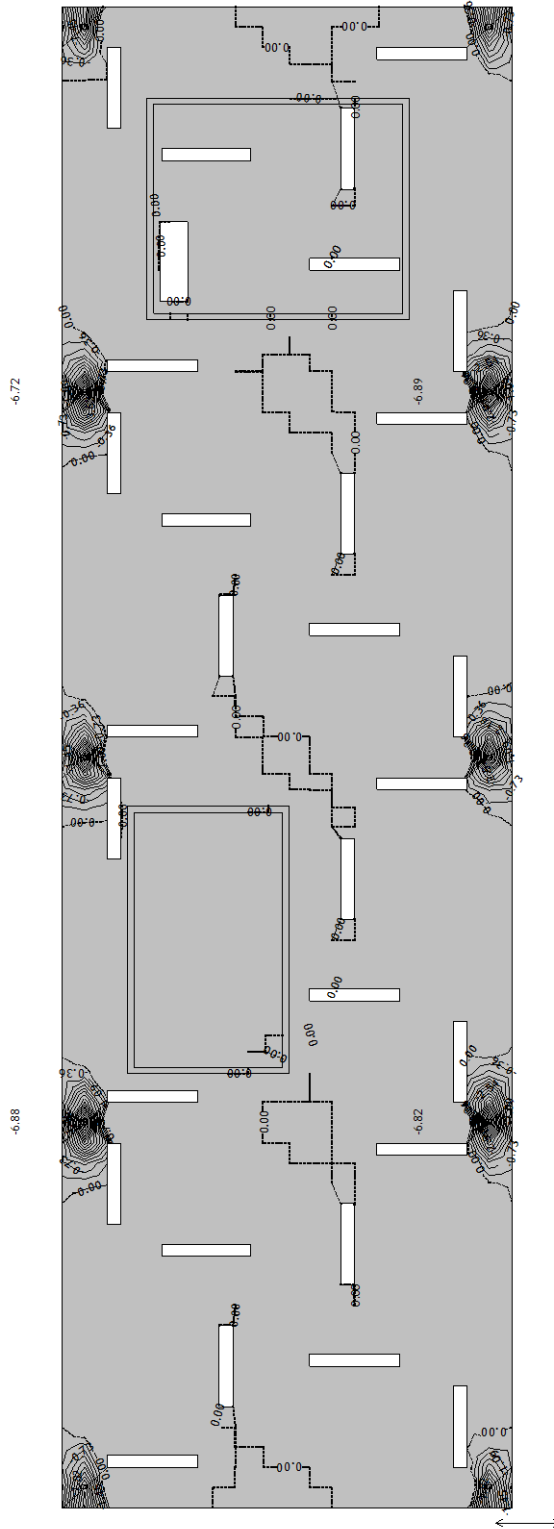


Abbildung 17: Erforderliche obere Bewehrung in X-Richtung – Dachplatte

Massgebender Lastfall: 1.20xI+1.35xII+1.50xIII
EC 2 (EN 1992-1-1:2004), C30/37, B500B



Niveau: Decke [3.90 m]
Aa_oben - Richtung 2 - m ax Aa2,o= -6.89 cm²/m

Abbildung 18: Erforderliche obere Bewehrung in Y-Richtung – Dachplatte

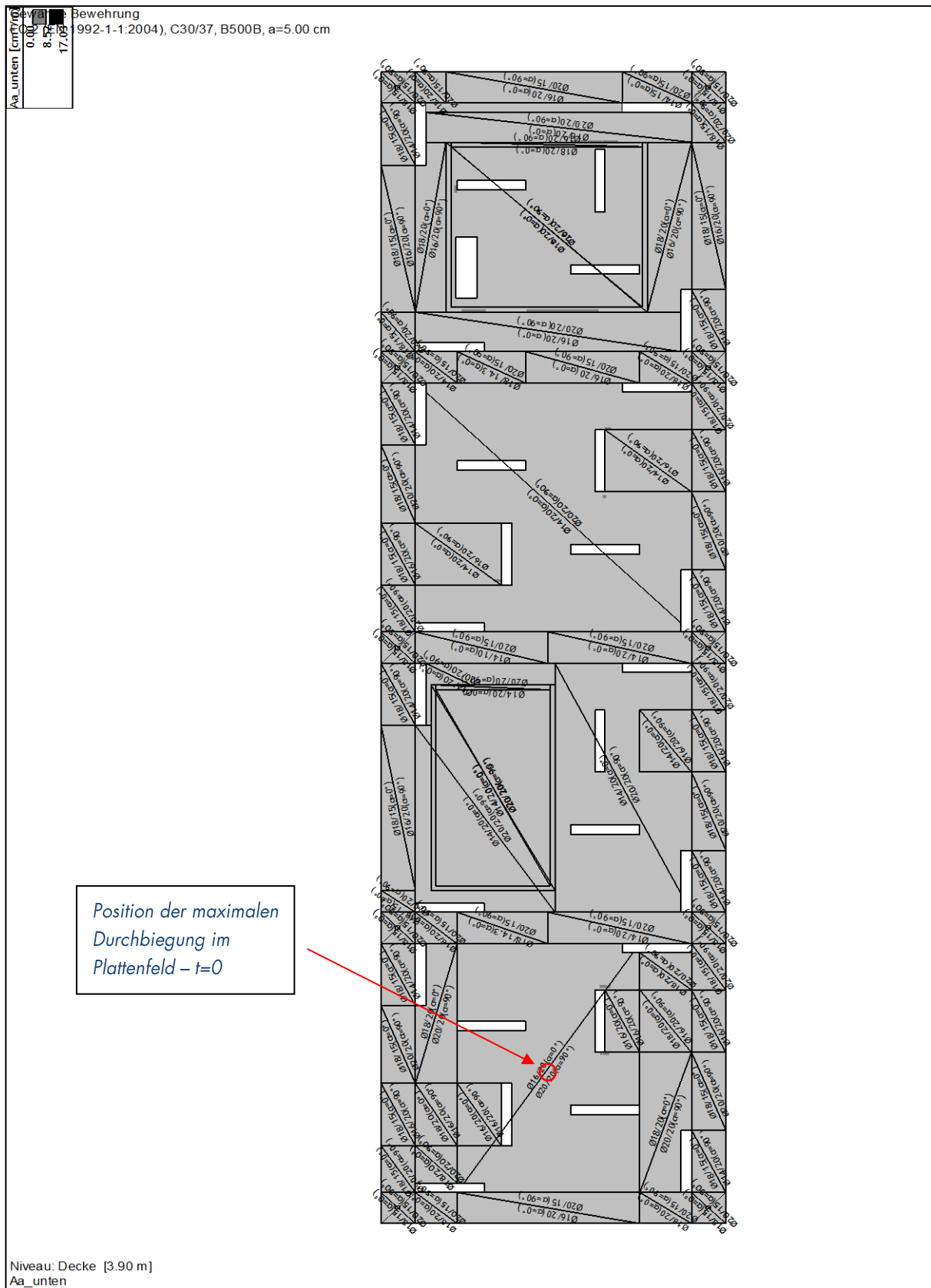


Abbildung 19: Bestehende untere Bewehrung – Dachplatte

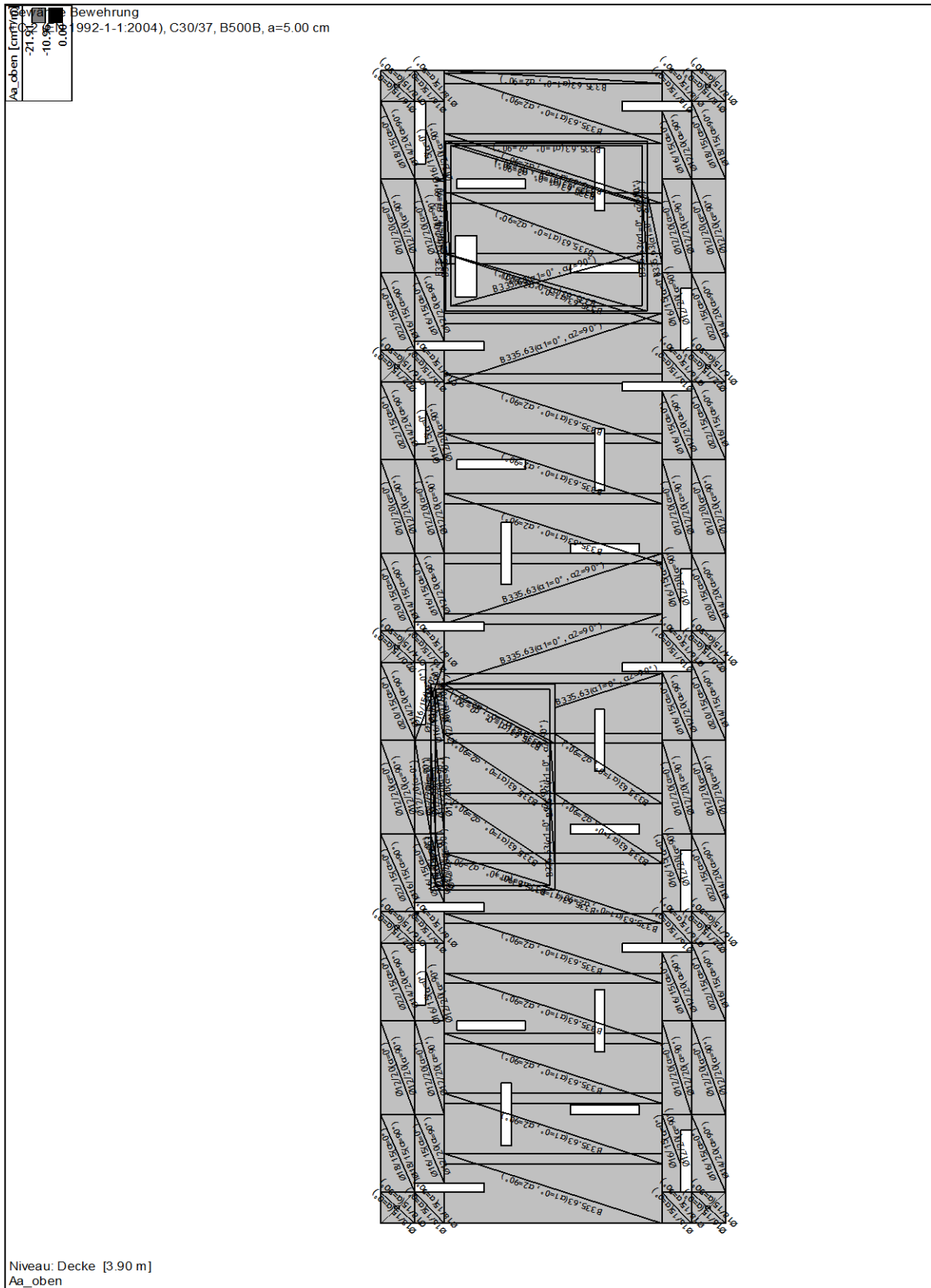


Abbildung 20: Bestehende obere Bewehrung – Dachplatte

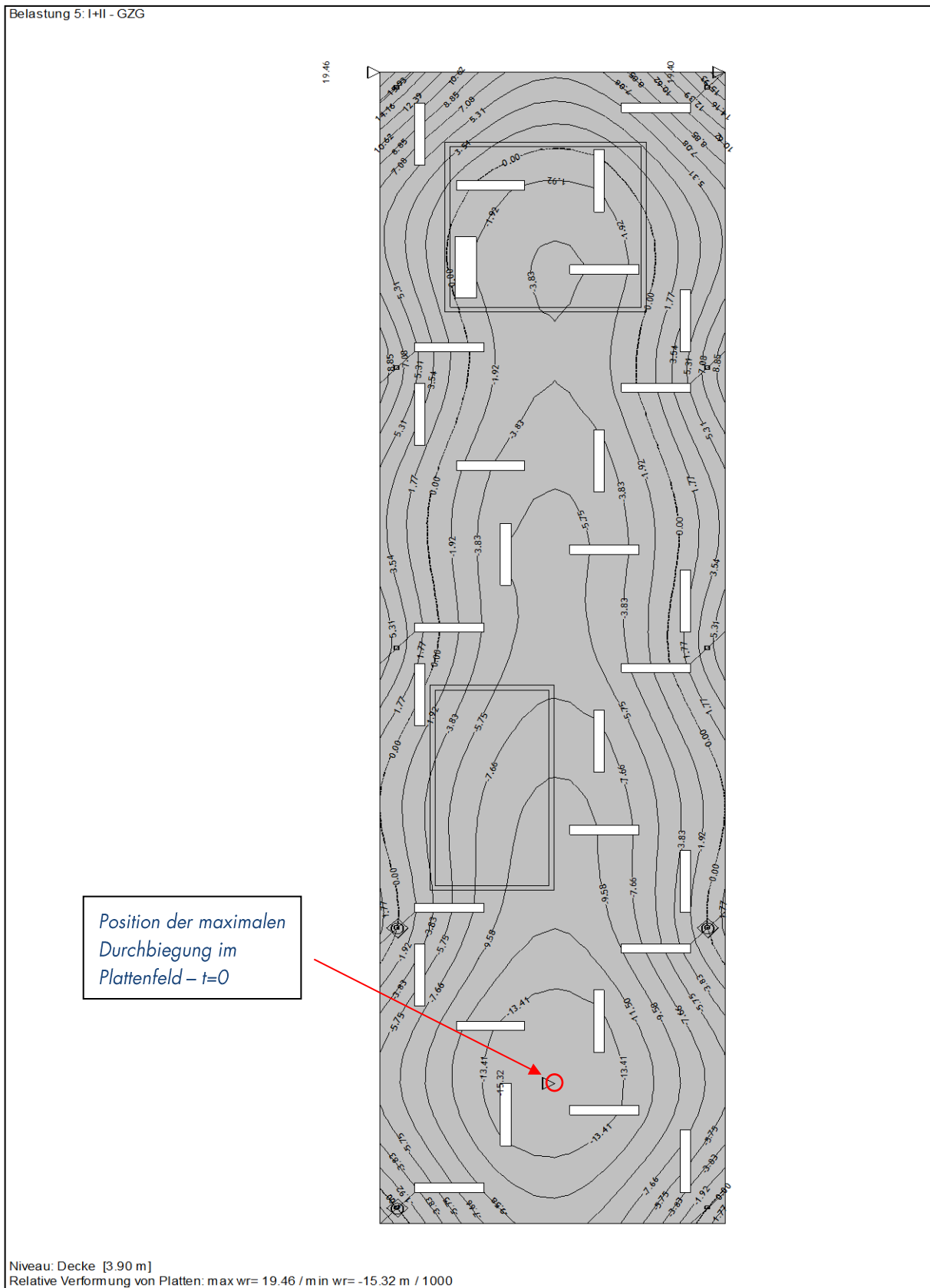


Abbildung 21: Zustand der Gebrauchstauglichkeit – Durchbiegungen t=0 – Dachplatte

Durchbiegungsberechnung $t = \infty$
 Nach SIA 262 - 4.4.3
 Für Platten

Höhe **33 cm**
 Stützweite **9 m**
 Durchbiegung (quasi-ständig) $t = 0$ **15.32 mm**
 Betondeckung **35 mm**
 Statische Höhe **28.3 cm**
 Beton **C30/37**
 $f_{ctm} = 38 \text{ N/mm}^2$

Zugbewehrung
 Stabdurchmesser **24 mm**
 Stababstand **16.7 cm**
 vorh. Stahlquerschnitt **27.09 cm²/m**
Druckbewehrung
 Stabdurchmesser **8 mm**
 Stababstand **15 cm**
 vorh. Stahlquerschnitt **27.09 cm²/m**
 Bewehrungsgehalt Zugbewehrung **0.96 %**
 Bewehrungsgehalt Druckbewehrung **0.96 %**
Bezogene Bauteildicke
330 mm = 2 A_s/u

relative Luftfeuchtigkeit

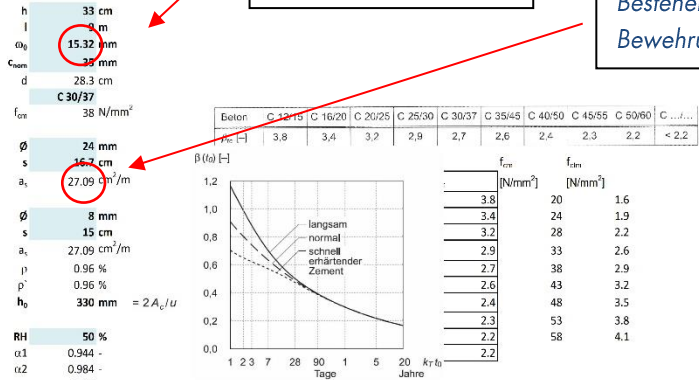
RH 50 %
 $\alpha_1 = 0.944$
 $\alpha_2 = 0.984$
 $\varphi_{RH} = 1.66$
 $\beta_{RH} = 2.7$
 $\beta_{s,t_0} = 0.5 - (t = 28 \text{ d})$
 $\beta_{s,\infty} = 1.00 - (t = \infty)$
 $\varphi_{s,\infty} = 2.24 - \varphi(t, t_0) = \varphi_{RH} \beta_{RH} \beta(t_0) \beta(t - t_0)$

Durchbiegung ungerissen $t = \infty$ **49.56 mm**
 Durchbiegung gerissen $t = \infty$ **49.52 mm**
 Gerissener Bereich **100 %**
 Prognostizierte Durchbiegung **49.52 mm**

Überhöhung
 Relative Durchbiegung ungerissen **182 > 300**
 Relative Durchbiegung gerissen **182 > 300**
 Relative Durchbiegung gemischt **182 > 300**

Die maximale Durchbiegung im Plattenfeld – $t=0$

Bestehende untere Bewehrung



$$\varphi_{s,t} = \left[1 - \frac{RH}{RH_0} \right] \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3$$

$$\alpha_1 = \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.7} \quad \alpha_2 = \left(\frac{35}{f_{cm}} \right)^{0.2}$$

$f_{cm} \leq 35 \text{ N/mm}^2$ gilt: $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 1,0$

$$w_{sp} = w_c (1 + \varphi)$$

$$w = \frac{1 - 20 \rho'}{10 \rho_c^{0.7}} (0.75 + 0.1 \varphi) \left(\frac{h}{d} \right)^3 w_c$$

Die zulässige Verformung überschritten!
 Die Anforderung bezüglich zulässiger Verformungen gemäss der SIA – Norm ($w_{\infty} \leq L/300$) nicht erfüllt

Abbildung 22: Zustand der Gebrauchstauglichkeit – Durchbiegungen $t = \infty$ – Dachplatte

Anhang 3 – Ist Zustand Bilder



