

Sessionsprüfung Stahlbeton I+II**Winter 2009**

Dienstag, 3. Februar 2009, 09.00 – 12.00 Uhr, HIL E7

Name, Vorname:

Studenten-Nr.:

Bemerkungen

1. Für die Raumlaster von Stahlbeton ist 25 kN/m^3 anzunehmen.
2. Wo nichts anderes vermerkt ist, wird von Beton C 30/37 und Stahl B500B ausgegangen.
3. Die Lastbeiwerte betragen $\gamma_G = 1.35$ und $\gamma_Q = 1.5$.
4. Alle Abmessungen sind in [m] angegeben.
5. Die erforderlichen Daten zur Vorspannung sind dem Anhang zu entnehmen.
6. Die Bewehrungsüberdeckung beträgt bei allen Aufgaben $c_{nom} = 30 \text{ mm}$.
7. Für Berechnungen ist für jede Aufgabe ein neuer Papierbogen A3 zu verwenden.
8. Für Zeichnungen sind die Lösungsvorlagen (Seiten 10 – 15) zu benutzen. Notizen in der Aufgabenstellung (Seiten 1 – 9) werden nicht bewertet.
9. Alle ausgeteilten Unterlagen (Aufgabenstellung, Integrationstabelle und alle Papierbögen A3) sind nach Prüfungsende mit dem Namen zu versehen und abzugeben.

Aufgabe 1 (14 Punkte)

Die in Bild 1.1 dargestellte Abfangkonstruktion besteht aus zwei sich durchdringenden Stahlbetonscheiben mit Wandstärken von $t_1 = 0.30$ m und $t_2 = 0.60$ m. Auf den Scheiben wirkt eine Nutzlast von $q_d = 500$ kN/m (Bemessungswert).

- Zeichnen Sie ein Fachwerkmodell für die Scheibe 2, das zum gegebenen Fachwerk für Scheibe 1 passt (Lösungsvorlage Seite 10).
- Zeichnen Sie die zugehörigen Spannungsfelder für die Scheiben 1 und 2. Zeichnen Sie die den Spannungsfeldern zugehörigen Gurtkräfte (lineare Interpolation erlaubt).
- Dimensionieren Sie die erforderliche Gurtbewehrung (nehmen Sie Bewehrungsstäbe $\varnothing 30$) und tragen Sie die zugehörigen Widerstände in den Gurtkraftdiagrammen ein. Die Bewehrung ist dabei vernünftig abzustufen.
- Dimensionieren Sie die übrige Scheibenbewehrung (nehmen Sie Bewehrungsstäbe $\varnothing 10$ und/oder $\varnothing 20$). Die einzulegende Mindestbewehrung beträgt $\varnothing 10@200$ 2-schnittig.
- Erstellen Sie den Bewehrungsplan (Übersicht 1:50 je Scheibe).
- Wo werden die ersten Risse erwartet? Welche Art Risse werden dabei entstehen?
- Wenn Sie für die Abfangkonstruktion Spannstäbe zur Verfügung hätten, wo würden Sie diese Einsetzen?

- Hinweise:**
- Die Eigenlast darf vernachlässigt werden.
 - Für die Spannungsfelder und die Fachwerkmodelle darf ein Hebelarm der inneren Kräfte von 2m angenommen werden.

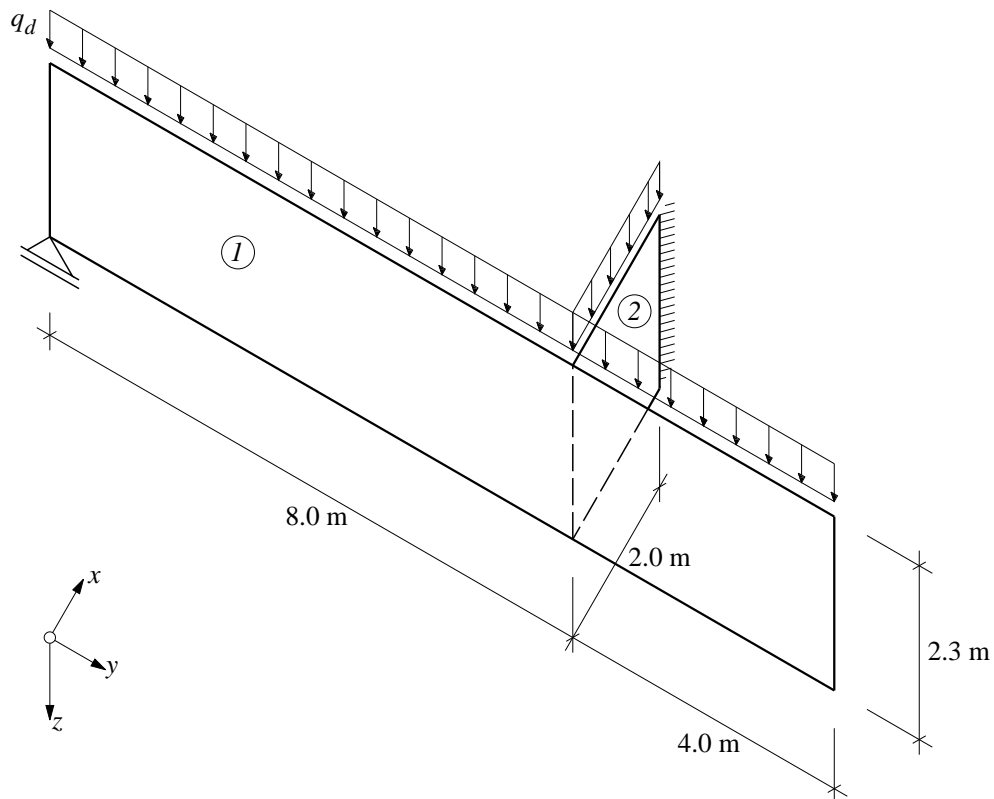


Bild 1.1 Geometrie und Belastung der in Aufgabe 1 behandelten Abfangkonstruktion (Achsmasse).

Aufgabe 2 (6 Punkte)

Die in Bild 2.1 dargestellte 4,0 m hohe Stütze aus Beton C 40/50 ist am Stützenfuss sowie am Stützenkopf gelenkig gelagert und wird durch eine Vertikalkraft von $Q_d = 5000$ kN und eine horizontale Linienlast von $q_d = 250$ kN/m beansprucht (Bemessungswerte). Die Eigenlast kann vernachlässigt werden. Der Kriecheinfluss ist mit $\varphi = 2$ in Rechnung zu stellen.

- Dimensionieren Sie die Längsbewehrung aus Betonstahl B500B in Stützenmitte bei $x = 2.0$ m. Die getroffenen Annahmen und Vereinfachungen sind klar als solche zu deklarieren.
- Stellen Sie sämtliche Bewehrung in einer Skizze des Querschnitts mit Massstab 1:10 dar.

- Hinweise:**
- Im Anhang steht ein normiertes N_{Rd} - M_{Rd} -Interaktionsdiagramm mit verschiedenen Bewehrungsgehalten und Angabe der Krümmung zur Verfügung, welches den Kriecheinfluss bereits mit $\varphi = 2$ berücksichtigt.
 - Es soll nur die Biegung um die y -Achse untersucht werden.
 - Als Exzentrizität e_{0d} infolge der Imperfektionen ist ein Wert von 12 mm anzunehmen.

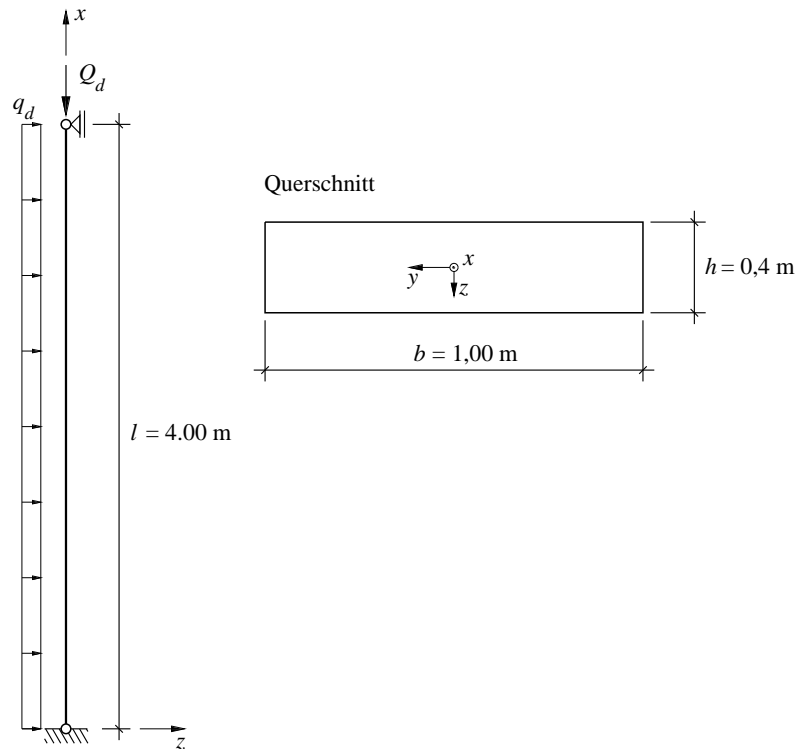


Bild 2.1 Geometrie und Belastung der in Aufgabe 2 behandelten Stütze.

Aufgabe 3 (11 Punkte)

Die in Bild 3.1 dargestellte Stahlbetonplatte wird ausser ihrer Eigenlast durch eine Auflast von 2 kN/m^2 und eine Nutzlast von 6 kN/m^2 (charakteristische Werte) belastet.

- Stellen Sie die Kraftabtragung unter Verwendung der Streifenmethode nach Hillerborg dar. Der Kraftfluss soll so gewählt werden, dass die eingelegte Mindestbewehrung ausserhalb der versteckten Unterzüge den Tragsicherheitsanforderungen nach SIA 262 genügt.
- Dimensionieren Sie die schlaffe Bewehrung (Stahl B500B) in den versteckten Unterzügen unter Verwendung der Resultate von (a) für die Tragsicherheit nach SIA 262. Benutzen Sie dafür Bewehrungsstäbe $\text{Ø}20$ und/oder $\text{Ø}10$.
- Erstellen Sie eine saubere Bewehrungsskizze für sämtliche erforderlichen Bewehrungen.
- Schätzen Sie die Traglast (charakteristischer Wert, exklusive Eigenlast und Auflast) für den Fall, dass die Stütze ausfällt.
Für diese Teilaufgabe darf mit $\gamma_G = 1.0$ und $\gamma_Q = 1.0$ gerechnet werden.

Hinweise: - Vereinfachend kann im Feld mit einer isotropen Bewehrung und den folgenden Widerständen gerechnet werden: $m_{Rd} = m_{Rd}^c = 36.0 \text{ kNm/m}^c$, $v_{Rd} = 160.5 \text{ kN/m}^c$.

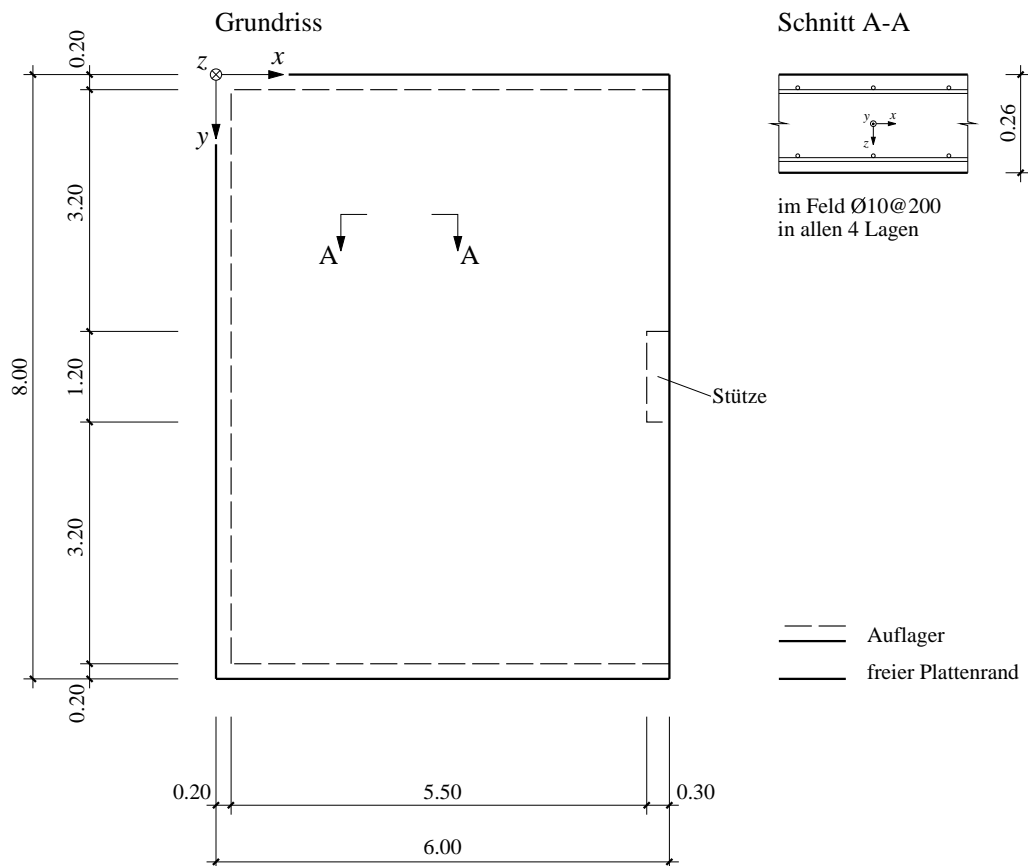


Bild 3.1 Grundriss und Detailschnitt der in Aufgabe 3 behandelten Stahlbetonplatte.

Aufgabe 4 (9 Punkte)

Die in Bild 4.1 dargestellte, in y -Richtung sehr lange Stahlbetonplatte soll in x -Richtung mit Monolitzen $\varnothing 0.6''$ in 3er-Bündeln und ohne Verbund (Spannstahl Y1770) vorgespannt werden. Die Platte erfährt ausser ihrer Eigenlast eine Auflast von 2.5 kN/m^2 und eine Nutzlast von 5 kN/m^2 (charakteristische Werte).

- Wählen Sie die Spanngliedgeometrie und dimensionieren Sie die vorgespannte Bewehrung unter der Bedingung einer formtreuen Vorspannung für ständige Lasten ($u_{\infty} = q_{st} = \text{Eigenlast} + \text{Auflast}$). Berücksichtigen Sie dafür eine Betonüberdeckung der Monolitzen von $c_{nom, litzen} = 35 \text{ mm}$.
- Bestimmen Sie die Zwängungsschnittgrössen infolge der gewählten Vorspannung.
- Führen Sie die Betonspannungskontrolle für den Zeitpunkt direkt nach dem Vorspannen durch (zu diesem Zeitpunkt wirkt nur die Eigenlast).
Wie beurteilen Sie das Resultat?
- Genügt die eingelegte Mindestbewehrung von $\varnothing 8@100$ je Seite und Richtung ($\rho = 0.17\%$) den Tragsicherheitsanforderungen? Die Horizontalkomponente der Zugkraft im Spannglied darf dabei gleich der Zugkraft im Spannglied gesetzt werden ($\cos \alpha \rightarrow 1$).

- Hinweise:**
- Reibungsverluste dürfen vernachlässigt werden.
 - Vereinfachend darf von einem Spannkraftverlust von 15% der initialen Vorspannkraft ausgegangen werden.
 - Angaben zum Vorspannsystem können dem Anhang entnommen werden.
 - Vereinfachend dürfen die Zwischenaufleger als Linienauflager und der dortige Radius R der Spannglieder zu $R = 0$ angenommen werden.
 - Der Querkraftwiderstand der Platte ohne Bügel darf als genügend vorausgesetzt werden.

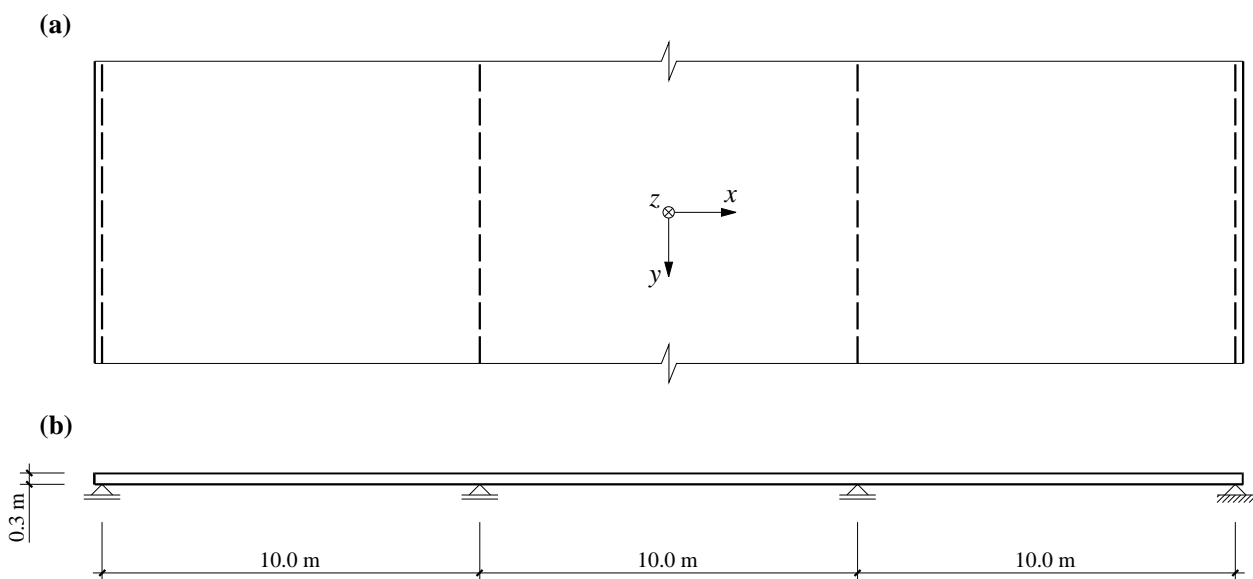


Bild 4.1 (a) Aufriss, (b) Querschnitt der in Aufgabe 4 behandelten Stahlbetonplatte.

Anhang

Querschnittsflächen der Bewehrungsstäbe

Ø [mm]	A _s [mm ²]	a _s [mm ² /m]					
		s = 100 mm	s = 125 mm	s = 150 mm	s = 200 mm	s = 250 mm	s = 300 mm
8	50	503	402	335	251	201	168
10	79	785	628	524	393	314	262
12	113	1131	905	754	565	452	377
14	154	1539	1232	1026	770	616	513
16	201	2011	1608	1340	1005	804	670
18	254	2545	2036	1696	1272	1018	848
20	314	3142	2513	2094	1571	1257	1047
22	380	3801	3041	2534	1901	1521	1267
26	531	5309	4247	3540	2655	2124	1770
30	707	7069	5655	4712	3534	2827	2356

Widerstände der Bewehrungsstäbe für Stahl B500B

Ø [mm]	F _{Rd} [kN]	f _{Rd} [kN/m] für Bügel 2-schnittig					
		s = 100 mm	s = 125 mm	s = 150 mm	s = 200 mm	s = 250 mm	s = 300 mm
8	21.9	437	350	292	219	175	146
10	34.2	683	547	456	342	273	228
12	49.2	984	787	656	492	394	328
14	67.0	1339	1071	893	670	536	446
16	87.5	1749	1399	1166	875	700	583
18	111	2214	1771	1476	1107	886	738
20	137	2733	2187	1822	1367	1093	911
22	165	3307	2646	2205	1654	1323	1102
26	231	4619	3695	3079	2310	1848	1540
30	307	6150	4920	4100	3075	2460	2050

Baustatik

(aus Schneider, K.-J.: Bautabellen für Ingenieure, 12. Auflage, 1996, Werner Verlag)

Eingespannter Einfeldträger

	$A = \frac{3}{8} ql$	$M_2 = -ql^2/8$ $\max M_{\text{Feld}} = 9ql^2/128$ bei $x = 0,375 l$
	$B = \frac{5}{8} ql$	

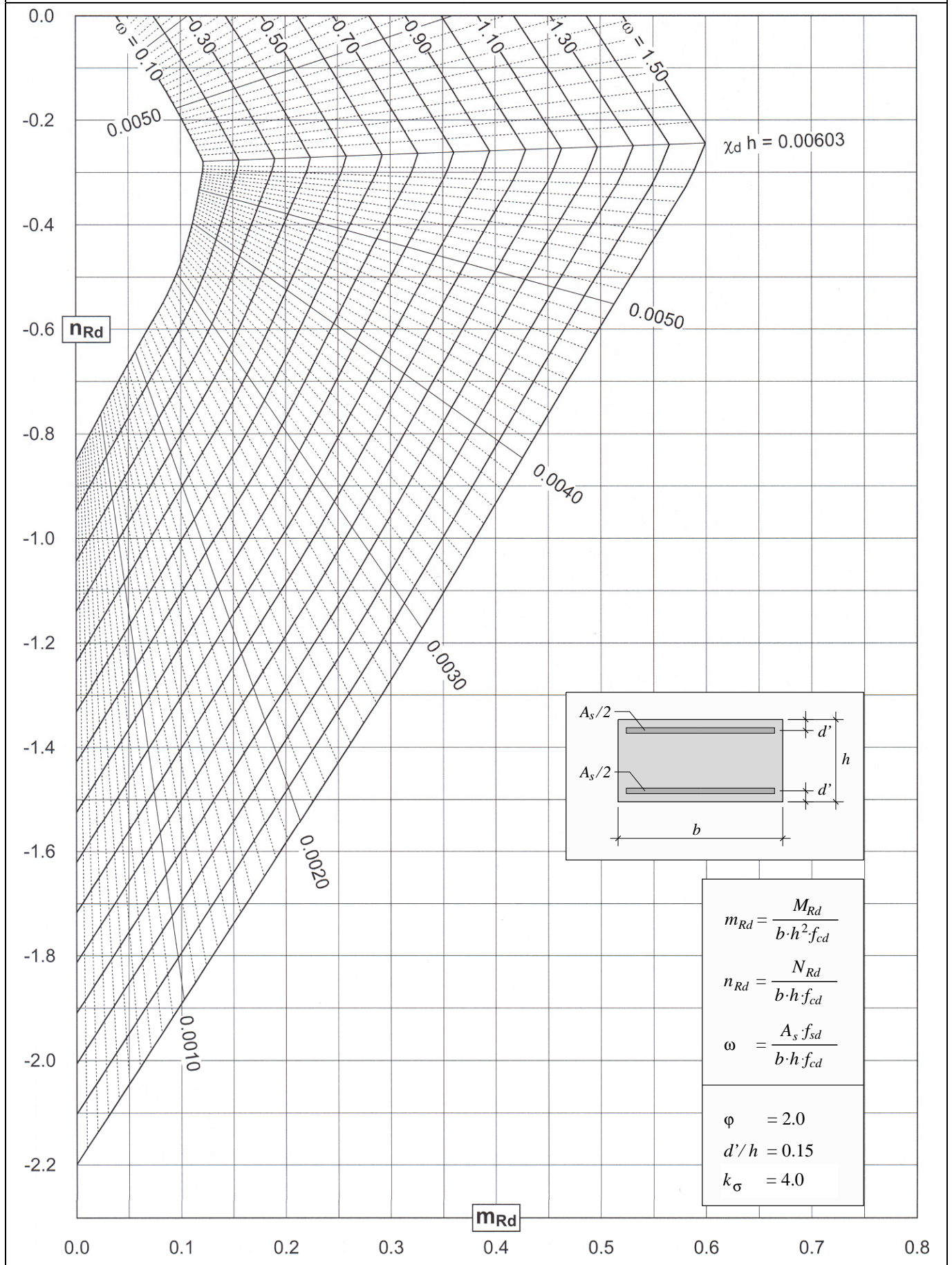
Durchlaufträger mit gleichen Stützweiten über 2 bis 3 Felder

Belastung 1	Belastung 2	Belastung 3	Belastung 4	Belastung 5	Belastung 6
Momente = Tafelwert $\cdot ql^2$ bzw. = Tafelwert $\cdot Pl$		Kräfte = Tafelwert $\cdot ql$ bzw. = Tafelwert $\cdot P$			

Die Feldmomente M_1, M_2, M_3 usw. sind die Größtwerte der Feldmomente in den Feldern 1, 2, 3 usw.

Lastfall	Kraftgrößen						
		Belastung 1	Belastung 2	Belastung 3	Belastung 4	Belastung 5	Belastung 6
	M_1	0,070	0,048	0,056	0,062	0,156	0,222
	M_b	-0,125	-0,078	-0,093	-0,106	-0,188	-0,333
	A	0,375	0,172	0,207	0,244	0,313	0,667
	B	1,250	0,656	0,786	0,911	1,375	2,667
	Q_{bl}	-0,625	-0,328	-0,393	-0,456	-0,688	-1,333
	Q_{br}						
	M_1	0,096	0,065	0,076	0,085	0,203	0,278
	M_b	-0,063	-0,039	-0,047	-0,053	-0,094	-0,167
	A	0,438	0,211	0,253	0,297	0,406	0,833
	C	-0,063	-0,039	-0,047	-0,053	-0,094	-0,167
	M_2	0,080	0,054	0,064	0,071	0,175	0,244
	M_b	0,025	0,021	0,024	0,025	0,100	0,067
	A	-0,100	-0,063	-0,074	-0,085	-0,150	-0,267
	B	0,400	0,188	0,226	0,265	0,350	0,733
	Q_{bl}	1,100	0,563	0,674	0,785	1,150	2,267
	Q_{br}	-0,600	-0,313	-0,374	-0,435	-0,650	-1,267
	M_1	0,101	0,068	0,080	0,090	0,213	0,289
	M_b	-0,050	-0,032	-0,037	-0,043	-0,075	-0,133
	A	-0,050	-0,032	-0,037	-0,043	-0,075	-0,133
	M_2	0,075	0,052	0,061	0,067	0,175	0,200
	M_b	-0,050	-0,032	-0,037	-0,043	-0,075	-0,133
	A	-0,050	-0,032	-0,037	-0,043	-0,075	-0,133
	M_c	-0,117	-0,073	-0,087	-0,099	-0,175	-0,311
	B	-0,033	-0,021	-0,025	-0,029	-0,050	-0,089
	C	1,200	0,626	0,749	0,871	1,300	2,533
	Q_{bl}	-0,617	-0,323	-0,387	-0,449	-0,675	-1,311
	Q_{br}	0,583	0,303	0,362	0,421	0,625	1,222
	M_b	0,017	0,011	0,013	0,015	0,025	0,044
	C	-0,067	-0,042	-0,050	-0,057	-0,100	-0,178
	Q_{bl}	0,017	0,011	0,013	0,015	0,025	0,044
	Q_{br}	-0,083	-0,053	-0,062	-0,071	-0,125	-0,222

Normiertes n_{Rd} - m_{Rd} -Interaktionsdiagramm

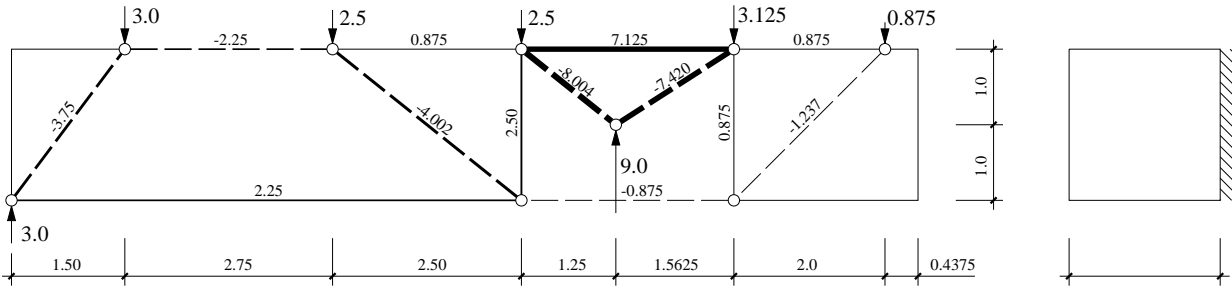


Vorspannung

Monolitzen Ø 0.6" (Spannstahl Y1770)		
Materialkennwerte	$f_{pd} = 1320 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{p0} = 1239 \text{ N/mm}^2$ $E_p = 195 \text{ kN/mm}^2$ $f_{pk} = 1770 \text{ N/mm}^2$	
Systemdaten	$A_p = 150 \text{ mm}^2$ $R_{min} = 2.5 \text{ m}$ $\varnothing_t = 18 \text{ mm}$ $e = 0$ $s_{min} = 100 \text{ mm}$... Querschnittsfläche ... Minimaler Krümmungsradius ... Aussendurchmesser des Hüllrohres ... Exzentrizität der Litze im Hüllrohr ... Minimaler Achsabstand der Monolitzen
3er-Bündelung	$b_t = 60 \text{ mm}$... Breite des Bündels (Höhe $h_t = \varnothing_t$)
Spanngliedgeometrie		
Innenfeld		
$b = \frac{4 \cdot R \cdot f}{l} \quad c = \frac{8 \cdot R \cdot f^2}{l^2} \quad u = \frac{8 \cdot P \cdot f}{l^2 - 8 \cdot R \cdot f}$		
Randfeld		
$a = \frac{f}{f-k} \cdot \left[l - \sqrt{\frac{k}{f} (l^2 + 2 \cdot R \cdot k)} - 2 \cdot R \cdot k \right] \quad b = \frac{2 \cdot R \cdot f}{a} \quad c = \frac{2 \cdot R \cdot f^2}{a^2} \quad u = \frac{2 \cdot P \cdot k}{(l-a)^2} = \frac{2 \cdot P \cdot f}{(a^2 - 2 \cdot R \cdot f)}$		
Randfeld: Parabel ohne Ausrundung		
$e = e_0 \cdot \left(1 - \frac{x}{l} \right) + e_1 \cdot \frac{x}{l} + \frac{4 \cdot f^* \cdot x \cdot (l-x)}{l^2} \quad u \cong -P \cdot e'' = \frac{8 \cdot P \cdot f^*}{l^2} \quad X_1 = P \cdot \left(\frac{e_0}{2} + e_1 + f^* \right)$		

Aufgabe 1 – Lösungsvorlage

Fachwerkmodelle [m, qm]

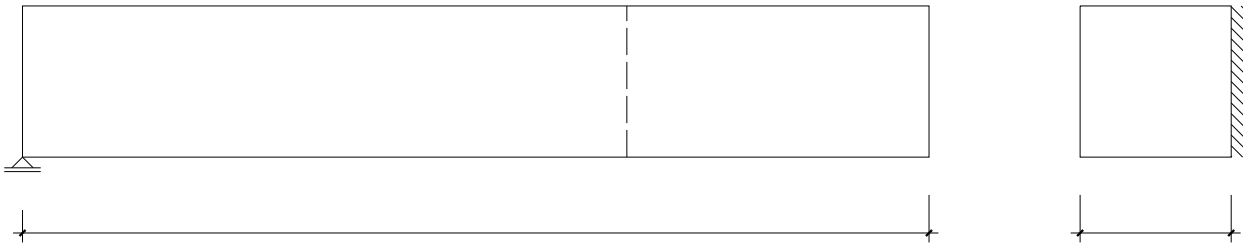


Spannungsfelder und Gurtkräfte

- 3000 kN
- 2000 kN
- 1000 kN

F_d, F_{Rd} Obergurt

- -1000 kN



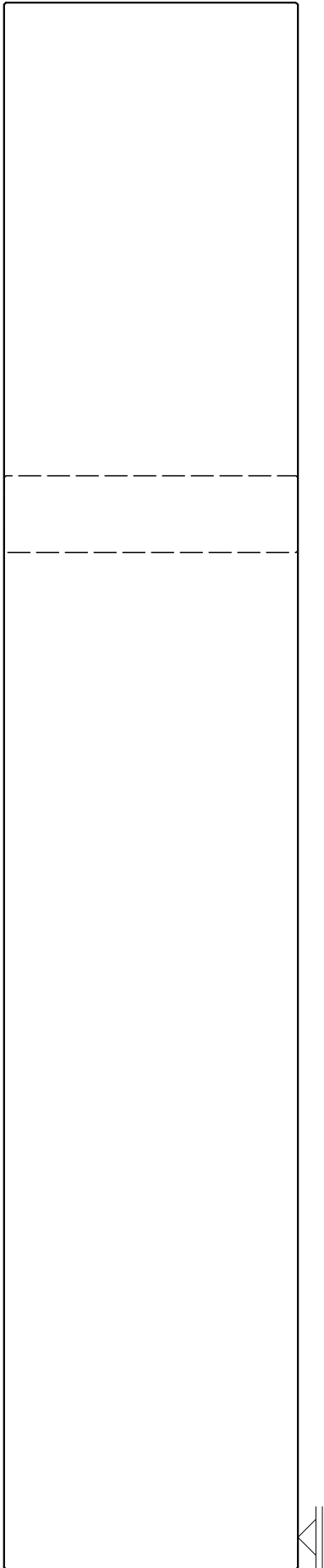
- 1000 kN

F_d, F_{Rd} Untergurt

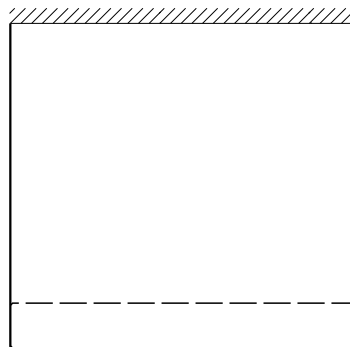
- -1000 kN
- -2000 kN

Aufgabe 1 – Lösungsvorlage (Fortsetzung)

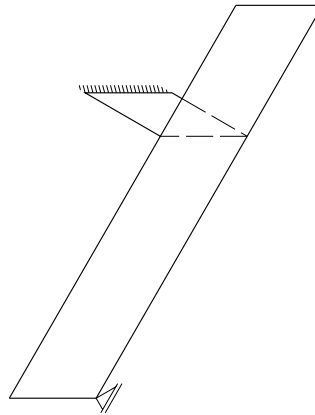
Bewehrungsplan Scheibe 1
 Maassstab 1:50



Bewehrungsplan Scheibe 2
 Maassstab 1:50

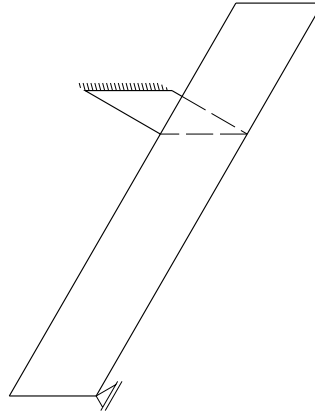


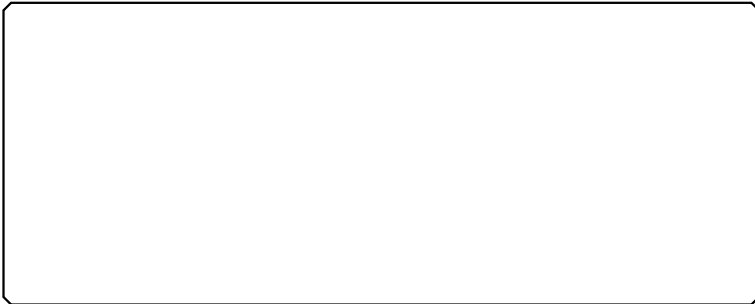
Ort der ersten Risse:



Art der ersten Risse:

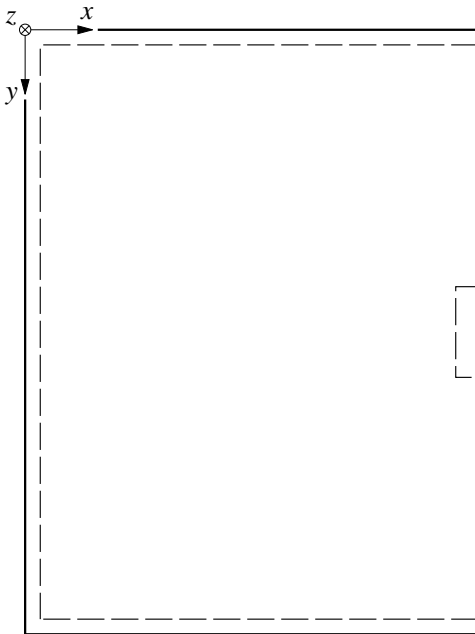
Einsatz von Spannstäben:



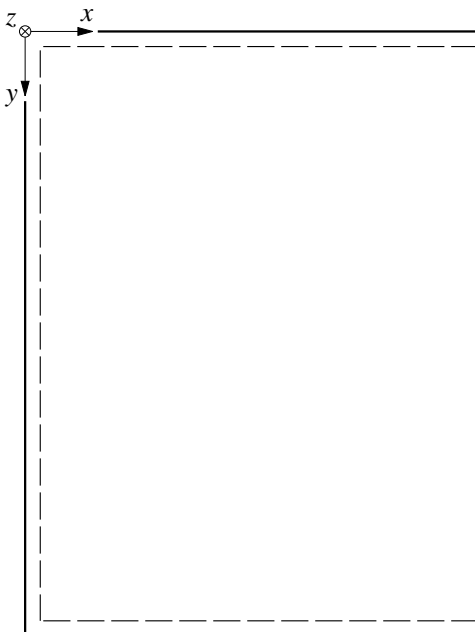
Aufgabe 2 – LösungsvorlageStützenquerschnitt
Massstab 1:10

Aufgabe 3 – Lösungsvorlage

Kraftabtragung (Streifenmethode)



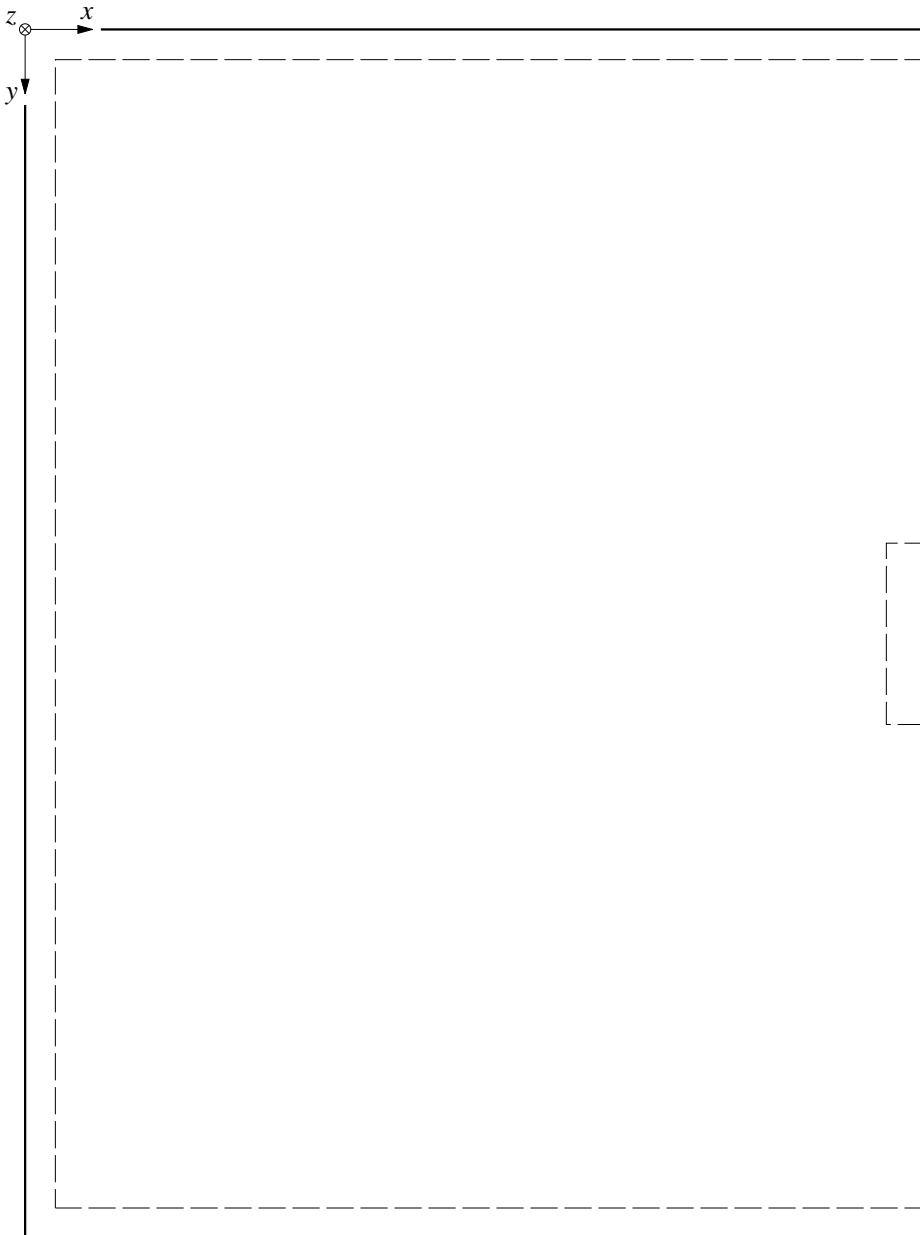
Fließgelenklinien



Aufgabe 3 – Lösungsvorlage (Fortsetzung)**Bewehrungsplan**

Massstab 1:50

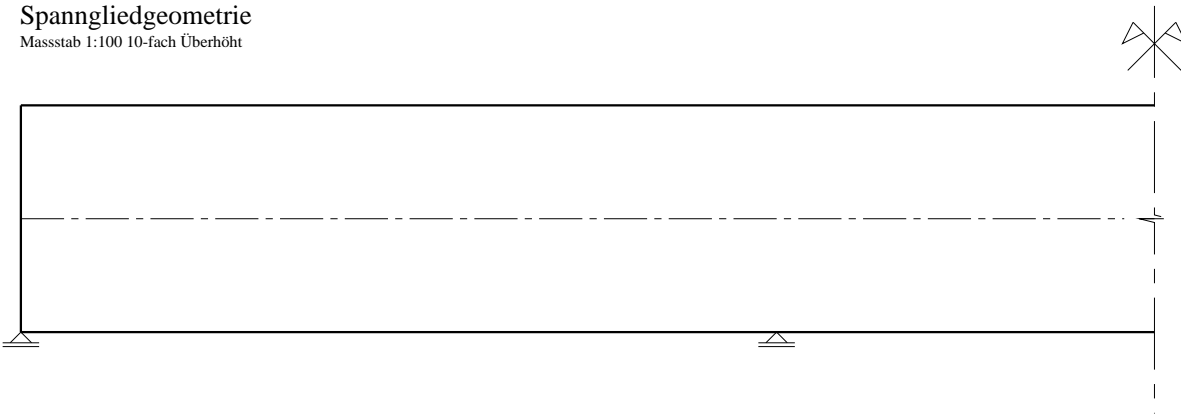
Ergänzen Sie Details / Schnitte nach Bedarf.



Aufgabe 4 – Lösungsvorlage

Spannliedgeometrie

Massstab 1:100 10-fach Überhöht



Zwängung

