

## Sessionsprüfung Stahlbeton I+II

# Winter 2012

Donnerstag, 09. Februar 2012, 09.00 – 12.00 Uhr, HIL E4

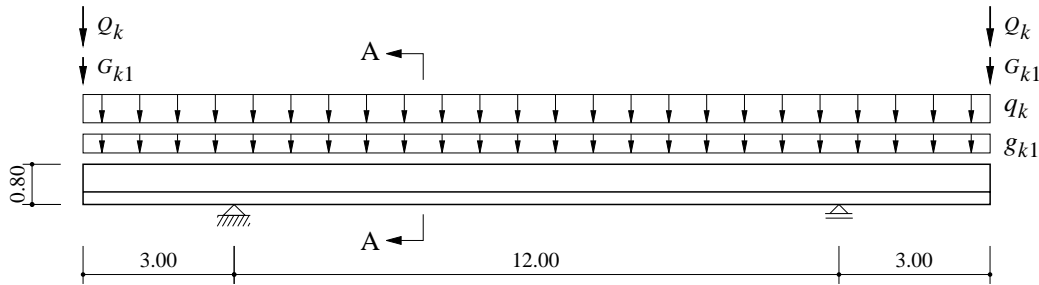
Name, Vorname : \_\_\_\_\_

Studenten-Nr. : \_\_\_\_\_

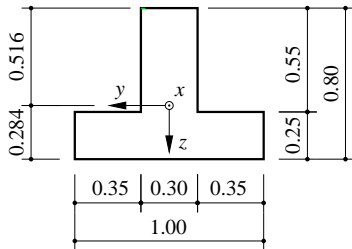
### Bemerkungen

1. Für die Raumlast von Stahlbeton ist  $25 \text{ kN/m}^3$  anzunehmen.
2. Es wird bei allen Aufgaben von Beton C 30/37 und Stahl B500B ausgegangen.
3. Die Lastbeiwerte betragen  $\gamma_G = 1.35$  und  $\gamma_Q = 1.50$ .
4. Wo nichts anderes vermerkt ist, sind Abmessungen in [m] angegeben.
6. Die minimale Bewehrungsüberdeckung beträgt für alle Aufgaben  $c_{nom} = 30 \text{ mm}$ ; dies gilt auch für Spannglieder.
7. Für Berechnungen ist für jede Aufgabe der entsprechende Papierbogen A3 zu verwenden.
8. Für Zeichnungen sind die Lösungsvorlagen auf den Papierbogen A3 zu benutzen. Notizen in der Aufgabenstellung werden nicht bewertet.
9. Alle ausgeteilten Unterlagen (Aufgabenstellung, Integrationstabelle und alle Papierbogen A3) sind nach Prüfungsende mit dem Namen und der Studenten-Nr. versehen abzugeben.

**Aufgabe 1 (10 Punkte)**



**Bild 1.1:** Ansicht Träger mit Lagerung und Belastung



**Bild 1.2:** Querschnitt A-A

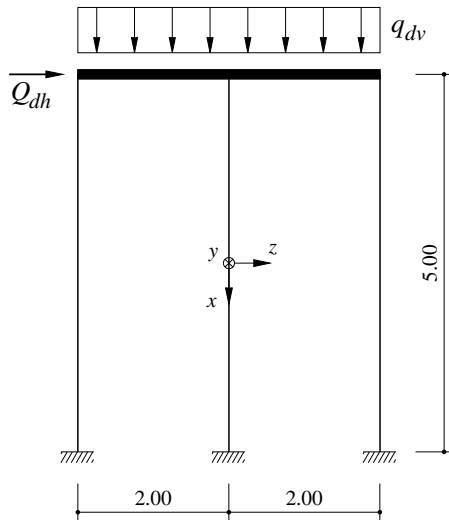
Der in Bild 1.1 dargestellte Träger weist einen umgekehrten T-Querschnitt mit den Hauptachsen  $y, z$  gemäss Bild 1.2 auf. Er wird neben seiner Eigenlast durch eine gleichmässig verteilte Auflast  $g_{k1} = 18 \text{ kN/m}$  und eine gleichmässig verteilte Nutzlast  $q_k = 27 \text{ kN/m}$  sowie durch zwei an den Trägerenden angreifende konzentrierte Auflasten  $G_{k1} = 50 \text{ kN}$  und Nutzlasten  $Q_k = 75 \text{ kN}$  belastet (charakteristische Werte).

- a) Zeichnen Sie für die Querschnitte über den Auflagern qualitativ die komplette erforderliche Bewehrung. Bezeichnen Sie die Funktion der einzelnen Bewehrungselemente.
- b) Bestimmen Sie die Minimalbewehrung, welche nötig ist, um ein sprödes Biegebruchversagen des gegebenen Querschnitts für positive Biegemomente zu vermeiden.
- c) Bemessen Sie die Biegebewehrung und erbringen Sie Biegetragsicherheitsnachweise an den massgebenden Stellen.
- d) Bestimmen Sie die Querkraftbewehrung und führen Sie die nötigen Tragsicherheitsnachweise für Querkraft gemäss SIA 262 durch. Tragen Sie den Verlauf der Zugkräfte  $T_d$  entlang der Zuggurte in ein Diagramm ein. Wählen Sie eine sinnvolle Abstufung der Biege- und Querkraftbewehrung und stellen Sie die gewählten Abstufungen dar. Stellen Sie auch die Zugkraft - Deckungslinie der von Ihnen gewählten Biegebewehrung dar.

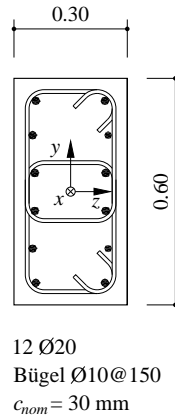
**Hinweis:** - Es genügt, den gegebenen Lastfall zu betrachten. Nutzlasten müssen nicht in ungünstigster Stellung wirkend angenommen werden.

**Aufgabe 2 (10 Punkte)**

(a)



(b)



**Bild 2:** (a) Statisches System; (b) Stützenquerschnitt

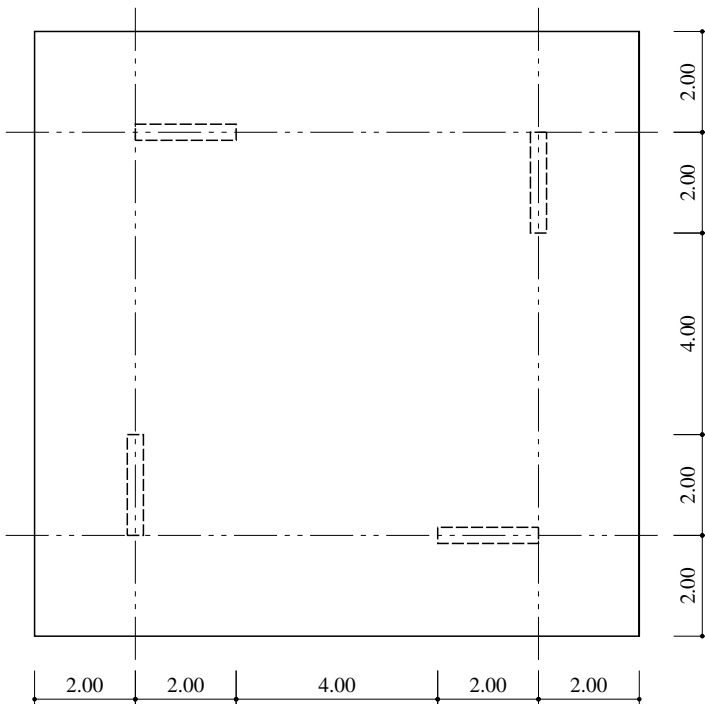
Auf den in Bild 2 dargestellten Stahlbetonrahmen mit starrem Riegel und gegebener Stützendurchbildung wirken die Kräfte  $Q_{dh} = 100 \text{ kN}$  und  $q_{dv}$  (Bemessungsniveau).

- Zeichnen Sie die eine Hälfte eines linearisierten  $M_{Rdy} - N_{Rd}$ -Interaktionsdiagramms für den Stützenquerschnitt. Berechnen Sie dazu zwei Punkte auf der  $N_{Rd}$ -Achse und den Punkt, bei welchem die Neutralachse genau in der Mitte des Querschnitts zu liegen kommt.
- Bestimmen Sie  $q_{dv,max}$  mit Hilfe des erarbeiteten Interaktionsdiagramms und den Bestimmungen der Norm SIA 262. Eigenlasten dürfen vernachlässigt werden.
- Beurteilen Sie, ob der gefundene Wert auf der sicheren oder unsicheren Seite liegt.

**Hinweise:**

- $M_{Rdy} (N = 0) = 179 \text{ kNm}$
- Der Abbiegeradius der Bügel darf zur Ermittlung von  $d$  vernachlässigt werden.
- Die Einflüsse von Kriechen und Schwinden sind näherungsweise mit  $|\epsilon_{c\infty}| = 0.8\text{‰}$  zu berücksichtigen. Vereinfachend darf für  $c = \pi^2$  angesetzt werden.
- Als Exzentrizität infolge Imperfektionen ist  $e_{od} = 11 \text{ mm}$  zu berücksichtigen.
- Der Querkraftwiderstand darf als genügend vorausgesetzt werden.
- Iterationen dürfen abgebrochen werden bei  $|(X^i - X^{i-1})/X^i| < 5\%$ .
- quadratische Gleichung:  $rx^2 + sx + t = 0 \quad x = \frac{-s \pm \sqrt{s^2 - 4rt}}{2r}$

### Aufgabe 3 (9 Punkte)

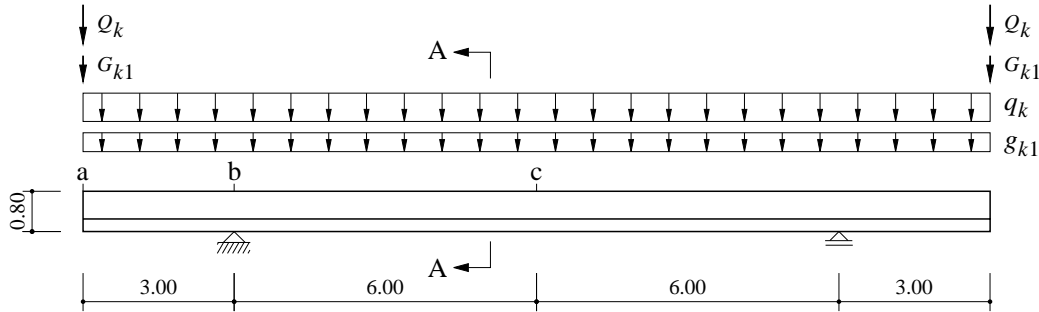


**Bild 3:** Grundriss Platte

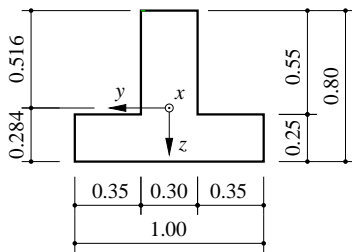
Die in Bild 3 dargestellte, schraff bewehrte Stahlbetondecke ist auf vier 2.00 m langen Wandstreifen gelagert. Platte und Wandstreifen weisen eine Bauteildicke von  $h = 0.32$  m auf. Neben ihrer Eigenlast wird die Platte durch eine gleichmässig verteilte Schneelast  $q_{sk} = 1.5$  kN/m<sup>2</sup> (charakteristischer Wert) belastet.

- Wählen Sie unter Verwendung der Streifenmethode mit versteckten Unterzügen (strong bands) eine sinnvolle Lastabtragung für die gegebene Belastung und stellen Sie Ihre Wahl dar.
- Bemessen Sie die Plattenbewehrung und führen Sie alle erforderlichen Nachweise der Tragsicherheit.
- Stellen Sie die komplette Plattenbewehrung in einer sauberen Bewehrungsskizze dar.

**Aufgabe 4 (11 Punkte)**



**Bild 4.1:** Ansicht Träger mit Lagerung und Belastung



**Bild 4.2:** Querschnitt A-A

Der in den Bildern 4.1 und 4.2 dargestellte Träger aus Aufgabe 1 soll mit einem einzelnen Spannglied im Verbund aus 0.6<sup>c</sup>-Litzen (Spannstahl Y1860) vorgespannt werden. Sämtliche Abmessungen und Belastungen sind identisch zur Aufgabe 1.

$$g_{k1} = 18 \text{ kN/m} \quad q_k = 27 \text{ kN/m}$$

$$G_{k1} = 50 \text{ kN} \quad Q_k = 75 \text{ kN}$$

- Entwickeln Sie auf der Basis einer Abschätzung für den Kabeltyp ein Vorspannkonzzept, welches verhindert, dass der Träger unter ständigen Lasten dekomprimiert wird, d.h.  $\sigma_c(g, g_1, G_1, P_\infty) < 0$ . Skizzieren Sie sowohl die Spanngliedgeometrie wie auch den Querschnitt b mit allen erforderlichen Bewehrungselementen.
- Kontrollieren Sie, ob die Bedingung  $\sigma_c(g, g_1, G_1, P_\infty) < 0$  in den Querschnitten b und c mit dem gewählten Kabeltyp erfüllt ist. Zeichnen Sie die resultierenden Spannungsverteilungen.
- Ermitteln Sie die im Querschnitt b für die Biegetragsicherheit zusätzlich erforderliche schlaffe Bewehrung und führen Sie den entsprechenden Nachweis.
- Schätzen Sie die vertikale Verschiebung beim Trägerende a infolge der ständigen Lasten und der Vorspannung ( $g, g_1, G_1, P_\infty$ ) ab.  $E_c = 34 \text{ kN/mm}^2$ .

**Hinweise:**

- Angaben zu den zur Auswahl stehenden Kabeltypen sowie zur Spanngliedgeometrie sind im Anhang zu finden. Vereinfachend darf  $R_{min} = 0$  gesetzt werden.
- Vereinfachend darf von über die Trägerlänge konstanten Spannkraftverlusten von 15 % der initialen Vorspannkraft ausgegangen werden.

## Anhang

### Vorspannung

Litzenspannglieder aus Litzen Ø 0.6" (Spannstahl Y1860)				
Materialkennwerte	$f_{pd} = 1390 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{p0} = 1302 \text{ N/mm}^2$ $E_p = 195 \text{ kN/mm}^2$ $f_{pk} = 1860 \text{ N/mm}^2$			
Systemdaten	$A_{pL} = 150 \text{ mm}^2$ $R_{min} = 125 \cdot \sqrt{A_p}$ $\varnothing_t$ $e$	... Querschnittsfläche pro Litze ... Minimaler Krümmungsradius ... Aussendurchmesser des Hüllrohres ... Exzentrizität der Litze im Hüllrohr		
Kabeltypen	Anzahl Litzen	$\varnothing_t$ [mm]	$e$ [mm]	
	2	45	9	
	4	50	7	
	7	62	7	
	12	82	11	
	19	97	12	
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				
$a = \frac{f}{f-k} \cdot \left[ l - \sqrt{\frac{k}{f} \cdot (l^2 + 2 \cdot R \cdot k)} - 2 \cdot R \cdot k \right] \quad b = \frac{2 \cdot R \cdot f}{a} \quad c = \frac{2 \cdot R \cdot f^2}{a^2} \quad u = \frac{2 \cdot P \cdot k}{(l-a)^2} = \frac{2 \cdot P \cdot f}{(a^2 - 2 \cdot R \cdot f)}$				

### Querschnittsflächen der Bewehrungsstäbe

Ø [mm]	A <sub>s</sub> [mm <sup>2</sup> ]	a <sub>s</sub> [mm <sup>2</sup> /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 <sub>Rd</sub> [kN]	f <sub>Rd</sub> [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