

**Sessionsprüfung Stahlbeton I+II****Sommer 2013**

Donnerstag, 22. August 2013, 14.00 – 17.00 Uhr, HIL F61

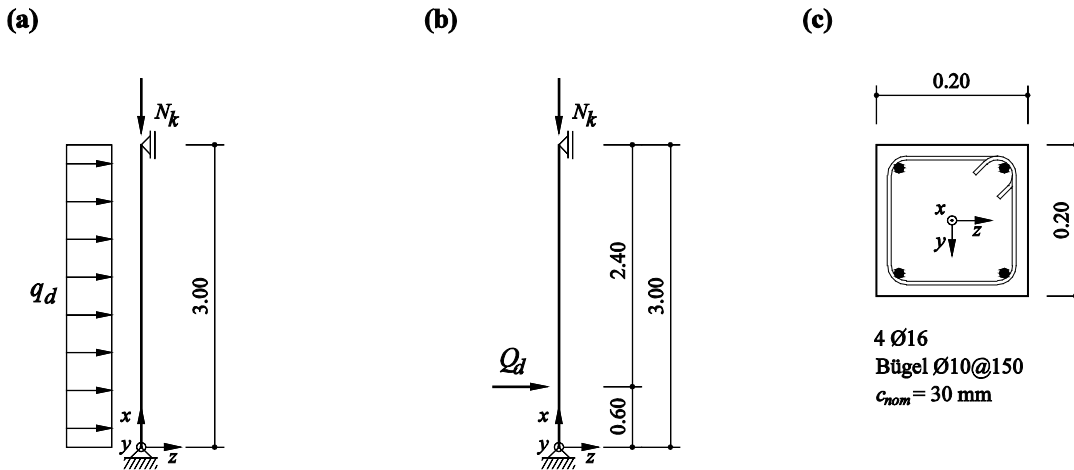
Name, Vorname : \_\_\_\_\_

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

**Bemerkungen**

1. Für die Raumlast von Stahlbeton ist  $25 \text{ kN/m}^3$  anzunehmen.
2. Es wird bei allen Aufgaben von Beton C30/37 und Betonstahl B500B ausgegangen.
3. Wo nichts anderes vermerkt ist, sind Abmessungen in [m] angegeben.
4. Sofern nichts anderes angegeben ist, beträgt die minimale Bewehrungsüberdeckung  $c_{nom} = 30 \text{ mm}$ .
5. Für Berechnungen ist für jede Aufgabe der entsprechende Papierbogen A3 zu verwenden.
6. Notizen in der Aufgabenstellung werden nicht bewertet.
7. Alle ausgeteilten Unterlagen (Aufgabenstellung, Integrationstabelle und alle Papierbogen A3) sind nach Prüfungsende mit Namen und Studenten-Nr. versehen abzugeben.

## Aufgabe 1 (10 Punkte)



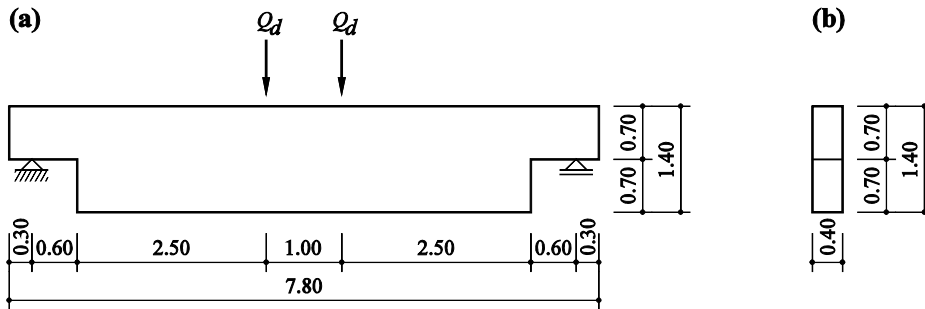
**Bild 1:** (a) Statisches System mit Belastung für Teilaufgabe b); (b) Statisches System mit Belastung für Teilaufgabe d); (c) Stützenquerschnitt.

Auf die in Bild 1 dargestellte Stahlbetonstütze mit gegebener konstruktiver Durchbildung wirkt eine am Stützenkopf angreifende Druckkraft  $N_k = 460 \text{ kN}$  (ständige Last, charakteristischer Wert) sowie eine über die gesamte Höhe gleichmässig verteilte, horizontale Streckenlast  $q_d$  (Bemessungsniveau).

- Berechnen Sie die folgenden Punkte des  $M_{Rdy} - N_{Rd}$  - Interaktionsdiagramms: zwei Punkte auf der  $N_{Rd}$  - Achse, den Punkt auf der  $M_{Rdy}$  - Achse und den Punkt, bei dem die Neutralachse mit der  $y$ -Achse zusammenfällt. Berücksichtigen Sie für den Punkt auf der  $M_{Rdy}$  - Achse nur Bewehrungsstäbe, die auf Zug fließen.
- Berechnen Sie den Biegezugwiderstand  $M_{Rdy}$  für  $N_d = \gamma_G \cdot N_k$ . Bestimmen Sie daraus den maximal zulässigen Wert für die Streckenlast  $q_d$ . Berücksichtigen Sie dabei Effekte 2. Ordnung.
- Zeichnen Sie mit den fünf in a) und b) berechneten Punkten eine Hälfte des linearisierten  $M_{Rdy} - N_{Rd}$  - Interaktionsdiagramms.
- In dieser Teilaufgabe wird der Lastfall Anprall betrachtet, siehe Bild 1 (b). Auf die Stütze wirkt nun neben der am Stützenkopf angreifenden Druckkraft  $N_k = 460 \text{ kN}$  (ständige Last, charakteristischer Wert) eine Anpralllast  $Q_d = 60 \text{ kN}$  in horizontaler Richtung auf einer Höhe von  $h_A = 0.6 \text{ m}$  über dem Stützenfuss. Die horizontale Streckenlast  $q_d$  wirkt **nicht**. Beurteilen Sie die Tragsicherheit der Stütze für diesen Lastfall. Was könnten Sie konstruktiv tun, um die Sicherheit zu erhöhen?

- Hinweis:**
- Die Querkrafttragsicherheit kann in dieser Aufgabe als genügend vorausgesetzt werden.
  - Der Abbiegeradius der Bügel und die Rippen der Bewehrungsstäbe dürfen für die Ermittlung von  $d$  vernachlässigt werden.
  - Die Einflüsse von Kriechen und Schwinden können vernachlässigt werden.
  - Vereinfachend darf für  $c = \pi^2$  angesetzt werden (SIA 262, Formel 65).
  - Das Eigengewicht der Stütze muss nicht berücksichtigt werden.

## Aufgabe 2 (10 Punkte)



**Bild 2:** Abfangträger mit Lagerung und Belastung: (a) Ansicht; (b) Querschnitt.

Der in Bild 2 dargestellte, 0.40 m breite Abfangträger mit gegebenen Betonabmessungen wird durch zwei Einzellasten  $Q_d = 500$  kN (Bemessungsniveau) belastet. Das Eigengewicht des Abfangträgers kann für diese Aufgabe vereinfachend vernachlässigt werden.

- Erstellen Sie eine Bewehrungsskizze der linken Hälfte des Trägers im Massstab 1:25. Benutzen Sie dazu die Lösungsvorlage auf dem Lösungsbogen für diese Aufgabe. Stellen Sie die statisch erforderliche und die zusätzlich konstruktiv eingelegte Bewehrung dar. Nummerieren Sie die Bewehrungspositionen entsprechend ihrer Verlegereihenfolge (erstverlegte Position = Pos. 1, usw.). Stellen Sie für jede Position schematisch die Form der Bewehrungsstäbe dar. Eine Bemessung der einzelnen Bewehrungspositionen ist in dieser Teilaufgabe **nicht** erforderlich.
- Bestimmen Sie die Schnittgrößen, bemessen Sie die Biegebewehrung in Feldmitte und führen Sie den entsprechenden Nachweis.
- Bemessen Sie die restliche Bewehrung mit Hilfe eines Fachwerkmodelles. Zeichnen Sie das Fachwerkmodell in die dafür vorgesehene Lösungsvorlage auf dem Lösungsbogen für diese Aufgabe.

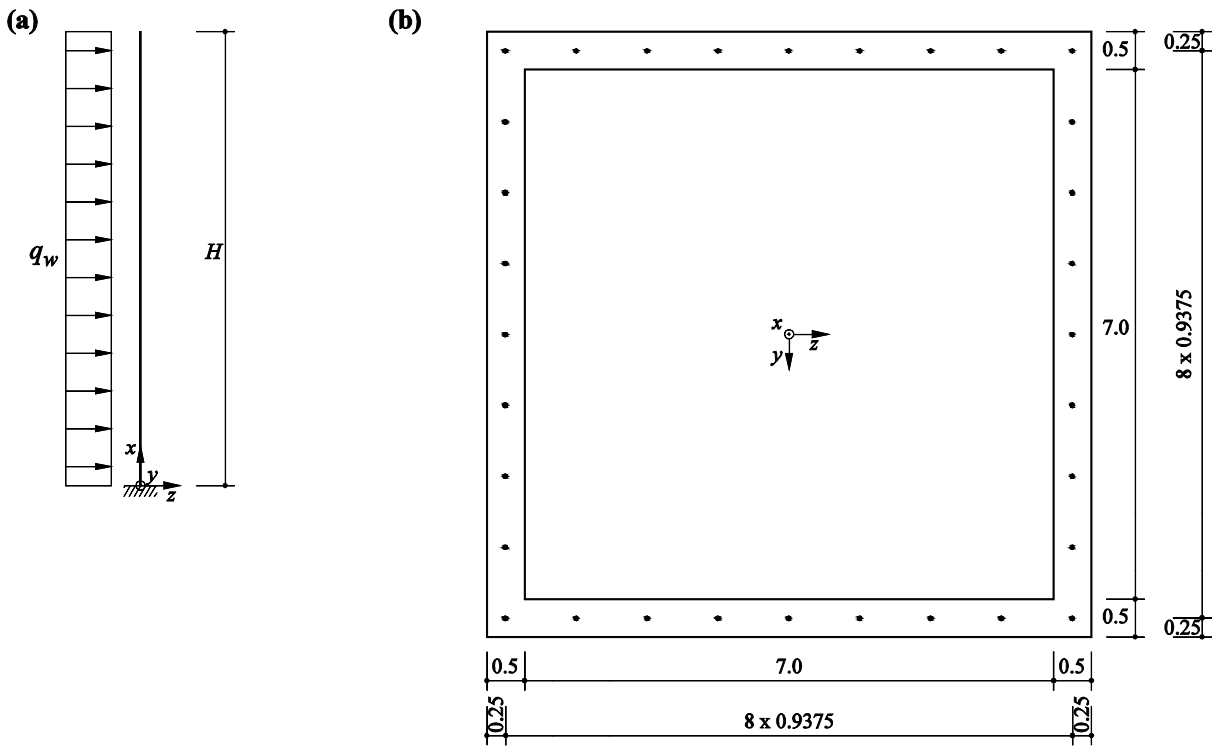
**Hinweis:** - Die Dicke der Betondruckzone kann vereinfachend als über die ganze Trägerlänge konstant angenommen werden.

**Aufgabe 3 (10 Punkte)**

Der in Bild 3 dargestellte, vorgespannte Hochkamin mit Wandstärken von 50 cm weist im Endzustand eine Gesamthöhe von  $H = 120$  m ab OK Terrain auf, ist auf der Höhe von OK Terrain in ein massives Fundament eingespannt und wird durch eine über die Höhe konstante Windlast  $q_{w,k} = 25$  kN/m (charakteristischer Wert) in  $z$ -Richtung belastet. Der Kamin wird in Etappenhöhen von  $h_E = 6$  m erstellt. Die Bewehrung auf der Höhe der Einspannung besteht aus insgesamt 32 Kabeln 6-7 Y1770 und Stäben  $\varnothing 18\text{mm} @ 150\text{mm}$  (innen und aussen; total 400 Stäbe). Die Verteilung der Vorspannkabel ist in Bild 3 (b) dargestellt. Die schlaffe Bewehrung und die Betonabmessungen bleiben über die gesamte Höhe konstant. Die Spannköpfe der Vorspannkabel sind über einen Spannkeller im Fundament zugänglich.

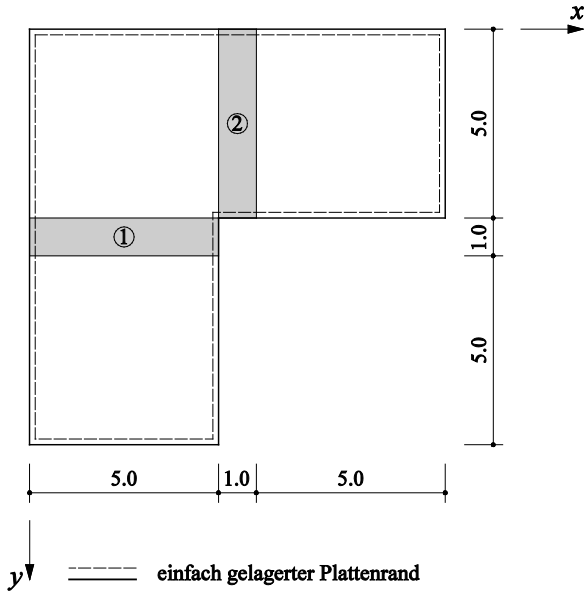
- a) Ermitteln Sie die Schnittgrößen infolge Eigenlast und Windlast im Endzustand auf Gebrauchsniveau.
- b) Schätzen Sie die maximal mögliche Bauhöhe ab für den Fall, dass der Hochkamin nicht vorgespannt wird. Vernachlässigen Sie die günstige Wirkung der Eigenlast.
- c) Stufen Sie die Anzahl Spannglieder über die Höhe des Kamins ab. Beachten Sie dabei auch die Bauzustände. Versuchen Sie dabei, möglichst wenig Laufmeter Vorspannkabel zu verwenden. Stellen Sie das Resultat im entsprechenden Diagramm auf der Lösungsvorlage dar (Anzahl Kabel / Wand bezogen auf Höhe  $x$ ).  
Zeichnen Sie zudem für die untersten 30 m schematisch für eine Wand die Geometrie der Vorspannkabel ein (Massstab 1:250). Verwenden Sie dazu die Vorlage auf dem Lösungsbogen. Begründen Sie Ihre Wahl der Kabelgeometrie.
- d) Ermitteln Sie die Spannungsverteilung (Gebrauchsniveau) infolge Eigenlast, Windlast und Vorspannung im Endzustand auf der Höhe der Einspannung ( $x = 0$ ).
- e) Schätzen Sie die Auslenkung am Kopf des Hochkamins ( $x = 120$  m) infolge Windlast ab. Rechnen Sie mit einem Elastizitätsmodul des Betons von  $E_c = 30$  kN/mm<sup>2</sup>.

**Hinweis:** - Effekte 2. Ordnung können im Rahmen dieser Aufgabe vernachlässigt werden.



**Bild 3:** (a) Ansicht schematisch; (b) Querschnitt bei  $x = 0$ . Abmessungen in [m].

**Aufgabe 4 (10 Punkte)**



**Bild 4:** Grundriss der Platte. Schraffierte Bereiche mit verstärkter Bewehrung in 1. Lage.

Die in Bild 4 dargestellte, schlaff bewehrte Stahlbetonplatte weist eine Dicke von  $h = 0,28$  m auf. Sie wird neben ihrer Eigenlast durch eine gleichmässig über die ganze Plattenfläche verteilte Nutzlast von  $q_k = 7 \text{ kN/m}^2$  (charakteristischer Wert) belastet. Die Bewehrung besteht oben und unten aus kreuzweise verlegten Stäben  $\text{Ø}10$  mm mit einem Achsabstand von 150 mm. In zwei Streifen mit einer Breite von je 1,0 m weisen die Stäbe in der ersten Lage den doppelten Durchmesser auf (Sieben  $\text{Ø}20$  mm @ 150 mm; schraffierte Bereiche in Bild 4). Diese Stäbe  $\text{Ø}20$  mm verlaufen im Bereich 1 in  $x$ -Richtung und im Bereich 2 in  $y$ -Richtung.

- a) Führen Sie den Nachweis der Tragsicherheit mit Hilfe der Streifenmethode. Wählen Sie dazu eine sinnvolle Lastabtragung.
- b) Erarbeiten Sie für den rechten, oberen Plattenteil einen Fließgelenklinienmechanismus und bestimmen Sie damit einen oberen Grenzwert der Traglast. Nehmen Sie dazu an, dass die Mitte des 1,0 m breiten Streifens mit verstärkter Bewehrung eine Einspannung darstellt. Als Biegegegenstand kann für den ganzen Plattenbereich in  $x$ - und  $y$ -Richtung jeweils der Wert für die in 2. bzw. 3. Lage angeordneten Stäbe  $\text{Ø}10$  mm @ 150 mm angesetzt werden. Wie beurteilen Sie das Resultat?

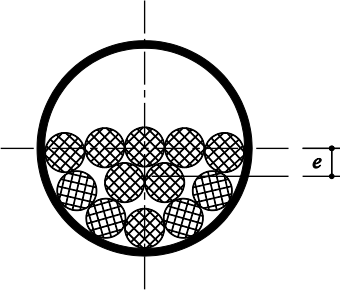
**Hinweise:**

- Die Ausrundung der Momentenlinien über den Auflagern kann für die Berechnung vereinfachend vernachlässigt werden.
- Momente und Auflagerreaktionen für Zweifeldträger mit feldweise konstanter Belastung:

	Belastung Charge	maximale Feldmomente Moment maximal en travée $\cdot q \cdot l^2$	Stützmomente Moment sur appui $\cdot q \cdot l^2$	Auflagerkräfte Réaction d'appui $\cdot q \cdot l$
1		$M_1 = 0,0703$ $M_2 = 0,0703$	$M_B = -0,125$	$A = 0,375$ $C = 0,375$ $B = 1,25$
2		$M_1 = 0,0957$	$M_B = -0,0625$	$A = 0,4375$ $C = -0,0625$ $B = 0,625$

## Anhang

### Vorspannung

Litzenspannglieder aus Litzen Ø 0.6“ (Spannstahl Y1770)				
Kennwerte	$f_{pd} = 1320 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{p0} = 1239 \text{ N/mm}^2$ $E_p = 195 \text{ kN/mm}^2$ $f_{pk} = 1770 \text{ N/mm}^2$			
Systemdaten	$A_{pL} = 150 \text{ mm}^2$ $R_{min} = 125 \cdot \sqrt{A_p}$ $\varnothing_t$ $e$	... 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	

## 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]					
		s = 100 mm	s = 125 mm	s = 150 mm	s = 200 mm	s = 250 mm	s = 300 mm
8	21.9	219	175	146	109	87	73
10	34.2	342	273	228	171	137	114
12	49.2	492	394	328	246	197	164
14	67.0	670	536	446	335	268	223
16	87.5	875	700	583	437	350	292
18	111	1107	886	738	553	443	369
20	137	1367	1093	911	683	547	456
22	165	1654	1323	1102	827	661	551
26	231	2310	1848	1540	1155	924	770
30	307	3075	2460	2050	1537	1230	1025