

Stahlbeton I+II – Sessionsprüfung

(101-0126-01J)

Beispiel-Prüfung 5

Name, Vorname: _____

Studierenden-Nr.: _____

Bemerkungen

1. Sofern nichts anderes angegeben ist, wird von Beton C30/37 ($D_{max} = 32$ mm, $E_c = 33.6$ GPa), Betonstahl B500B und einer Bewehrungsüberdeckung $c_{nom} = 35$ mm ausgegangen.
2. Der Abbiegeradius der Bügel und die Rippen der Bewehrungsstäbe dürfen für die Ermittlung der statisch wirksamen Höhe d vernachlässigt werden.
3. Für jede Aufgabe soll ein separater Papierbogen A3 verwendet werden. Notizen auf der Aufgabenstellung werden nicht berücksichtigt.
4. Sämtliche Unterlagen (Aufgabenstellung, Lösungsblätter) sind nach Prüfungsende mit Namen zu versehen und abzugeben.

Hilftabellen

\emptyset [mm]	8	10	12	14	16	18	20	22	26	30	
A_s [mm ²]	50	79	113	154	201	254	314	380	531	707	
α_s [mm ² /m]	$s = 100$ mm	503	785	1130	1540	2010	2544	3141	3801	5309	7069
	$s = 125$ mm	402	628	904	1232	1608	2036	2513	3041	4247	5655
	$s = 150$ mm	335	523	753	1027	1340	1696	2094	2534	3539	4712
	$s = 200$ mm	251	393	565	770	1005	1272	1571	1901	2655	3534

Aufgabe 1

Teil A

Der in Bild 1 (a) dargestellte Aussichtsturm weist einen variablen Kreuzquerschnitt gemäss Bild 1 (b) auf, welcher sich zur Spitze zu einem Quadrat von 2×2 m linear verjüngt. Der Turm hat eine Höhe von 80 m und ist im Fuss voll eingespannt. Am Kopf befindet sich ein Turmkorb mit einem Gewicht von 7 MN. Die Bewehrung sei mit der Anordnung gemäss Bild 1 (b) zu berücksichtigen. Infolge Erdbeben werden horizontal 10% des Gewichts in einem Winkel von 45° zur y -Achse aktiviert. Das Eigengewicht des variablen Querschnitts sei vereinfachend über die Höhe zu mitteln. Diese sei $g_k = 400$ kN/m. Da es sich um einen aussergewöhnlichen Lastfall handelt, betragen die Lastbeiwerte $\gamma_G = \gamma_Q = 1.0$.

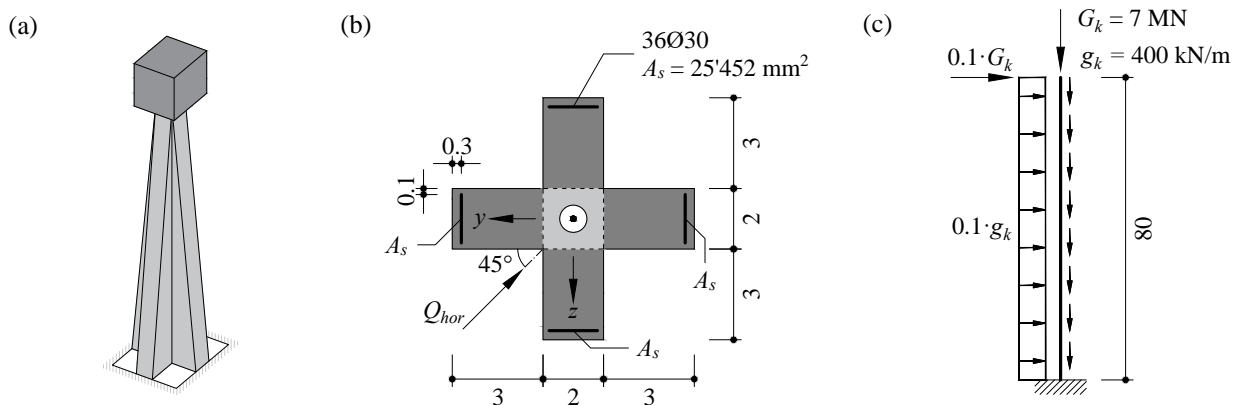


Bild 1: (a) Isometrie; (b) Querschnitt mit Bewehrung (*dunkel*: Einspann-QS, *hell*: Kopf-QS; Abmessungen in m); (c) Statisches System und Einwirkungen

- Ermitteln Sie die Normalkraft- und Momentenverläufe infolge der Einwirkungen gemäss Bild 1 (c).
- Berechnen Sie den Biegesteifigkeit um die y -Achse des Einspannquerschnitts. Berücksichtigen Sie dabei die günstige Wirkung der Normalkraft aus Teilaufgabe a). Gehen Sie davon aus, dass alle Bewehrungslagen fließen (inkl. Druckbewehrung). Kontrollieren Sie diese Annahme mithilfe der Dehnungsebene.
- Zeichnen Sie ausgehend von $M_{y,Rd}$ ein idealisiertes $M_{y,Rd}-M_{z,Rd}$ -Interaktionsdiagramm des Einspannquerschnitts unter der gegebenen Normalkraft. Führen Sie damit den Nachweis der Tragsicherheit infolge der Schnittkräfte aus Teilaufgabe a). Es sind keine Effekte 2. Ordnung zu berücksichtigen.

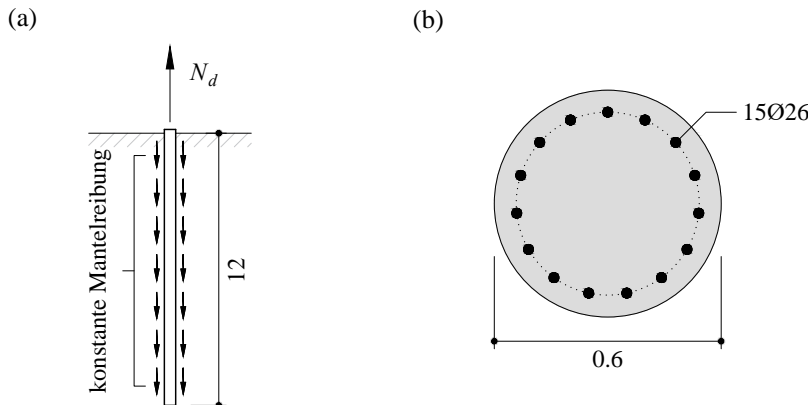
Teil B


Bild 2: (a) Statisches System und Einwirkungen; (b) Querschnitt mit Bewehrung (Abmessungen in m)

Der Turm ist über ein Pfahlbankett im Erdreich fundiert. Die maximale Zugkraft auf einen Pfahl infolge Normalkraft und Moment sei $N_d = 2.4 \text{ MN}$. Das Eigengewicht des Pfahls kann vernachlässigt werden. Entlang des Pfahls werden die Kräfte über eine konstante Mantelreibung gemäss Bild 2 (a) in den Baugrund übertragen, so dass am Fuss des Pfahls $N_d = 0$ ist. Die Bewehrung des Pfahls ist in Bild 2 (b) ersichtlich.

d) Ermitteln Sie den Normalkraftverlauf im Pfahl. Auf welcher Länge ist dieser gerissen?

Für die folgenden Teilaufgaben dürfen Sie vereinfachend annehmen, dass die Spannung im Beton über eine konstante Verbundspannung $\tau_{b0} = 2 \cdot f_{ctm}$ auf den Bewehrungsstahl übertragen wird.

e) Berechnen Sie die Verlängerung des Pfahls infolge der gegebenen Normalkraft unter Berücksichtigung der Zuggurtversteifung und bestimmen Sie die mittlere Rissbreite. Gehen Sie davon aus, dass die Risse im maximalen Abstand s_{r0} auftreten und rechnen sie im gerissenen Bereich mit einer mittleren Normalkraft.

- Hinweise:**
- Die Querkrafttragsicherheit der Stütze kann als genügend vorausgesetzt werden.
 - Effekte 2. Ordnung müssen nicht berücksichtigt werden.
 - Die Neigung der Bewehrung infolge des sich verjüngenden Querschnitts darf vernachlässigt werden.
 - Die Einflüsse von Kriechen und Schwinden können vernachlässigt werden.

Aufgabe 2

Der in Bild 3 (a) dargestellte einfache Balken überspannt eine Länge von 9 m. Die Abmessungen des Querschnitts sind in Bild 3 (b) ersichtlich. Der Träger wird durch zwei Einzellasten in den Viertelpunkten gemäss Bild 3 (a) belastet (Bemessungsniveau). Das Eigengewicht des Trägers dürfen Sie vernachlässigen. Die Schnittkräfte sind gegeben in Bild 1 (c).

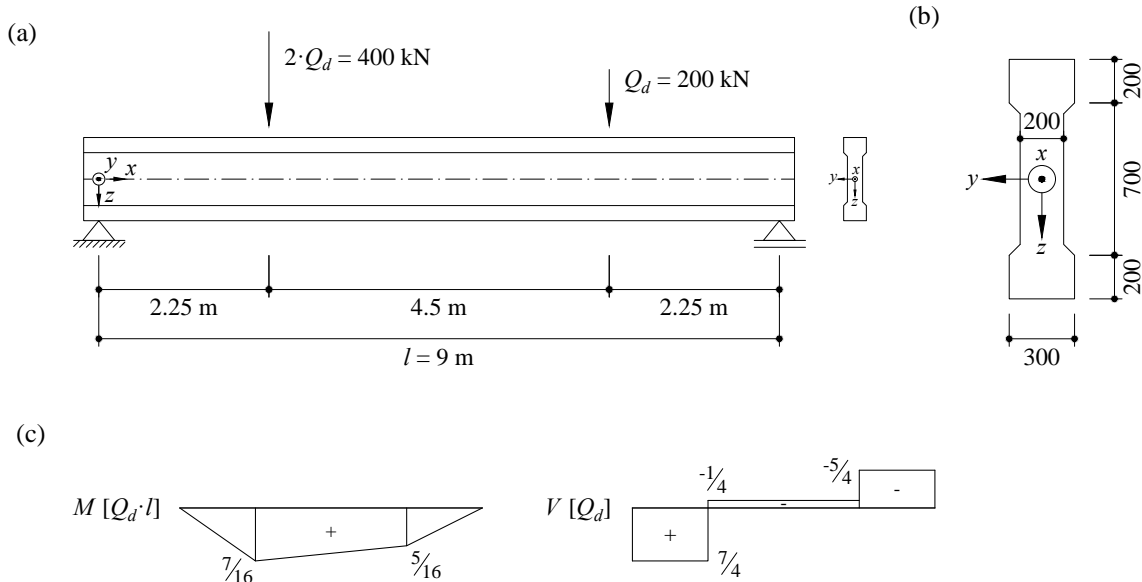


Bild 3: (a) Statisches System und Einwirkungen; (b) Trägerquerschnitt (Abmessungen in mm); (c) Schnittkräfte infolge Q_d

Teil A

- Bemessen Sie die Biegebewehrung im massgebenden Schnitt und führen Sie den Nachweis der Tragsicherheit.
- Stellen Sie den Kraftfluss im Träger qualitativ mithilfe eines Fachwerkmodells sowie dem zugehörigen Spannungsfeld dar (zwei separate Skizzen). Wählen Sie bei den Trägerenden eine indirekte Auflagerung; die Längszugkraft aus der Druckdiagonalen soll mit einer über den Steg gleichmässig verteilten Längsbewehrung aufgenommen werden.
Hinweis: Die Knotenbereiche bei der Einleitung der Einzellasten müssen nicht dimensioniert werden (punktförmige Krafteinleitung im Spannungsfeld).
- Bemessen Sie die Bewehrung im Steg mithilfe des in Teilaufgabe b) hergeleiteten Fachwerkmodells und führen Sie den Nachweis der Tragsicherheit.
- Stellen Sie die Membrankräfte $\{n_x, n_z \text{ und } n_{xz}\}$ der Stegscheibe gerade neben dem linken Auflager im Mohrschen Kreis dar. Es sind die Einwirkung sowie die Kräfte in der Bewehrung und im Beton darzustellen.

Hinweise: - Es ist keine Abstufung der Bewehrung notwendig.

Aufgabe 3

Der in Bild 4 (a) dargestellte einfache Balken weist eine Spannweite von 15 m auf. Es wirken die Einwirkungen gemäss Bild 4 (a) (g und G_k seien ständige Lasten, q sei eine veränderliche Last; charakteristisches Niveau).

Als Vorspannung kommt ein Kabel vom Typ VSL 6-12 mit Spannstahl Y1860 und vollem Verbund mit den Eigenschaften gemäss Tabelle 1 zum Einsatz. Die schlaffe Bewehrung sei zu vernachlässigen.

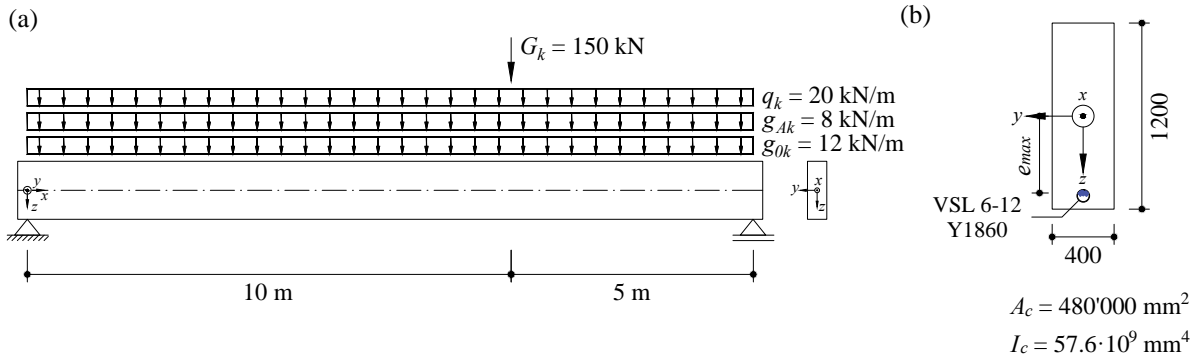


Bild 4: (a) Statisches System und Einwirkungen; (b) Querschnitt mit Abmessungen und Bewehrung

Tabelle 1: Eigenschaften der Vorspannung vom Typ VSL

Typ	Anzahl Litzen [-]	Fläche pro Litze [mm ²]	max. Exzentrizität des Spannglieds e_{max} [mm]
6-12	12	150	503

- Bestimmen Sie die Spanngliedgeometrie sowie die dafür nötige Vorspannkraft P_∞ , so dass langfristig die ständigen Einwirkungen $\{g_k, G_k\}$ durch die Umlenkkräfte kompensiert werden und der Träger über seine ganze Länge keine Deformationen erfährt („load balancing“).
- Auf welcher Länge des Trägers ist der Querschnitt für den Zeitpunkt $t \rightarrow \infty$ dekomprimiert? Rechnen Sie mit allen Einwirkungen $\{g_k, G_k, q_k\}$ auf charakteristischem Niveau.
- Ermitteln Sie die Krümmung des gerissenen Querschnitts sowie das zugehörige Moment an der Stelle der maximalen Spanngliedexzentrizität unter der Annahme, dass das Vorspannkabel gerade die Fließspannung f_{pd} erreicht. Gehen Sie von linear elastischem Verhalten des Betons aus.
- Bestimmen Sie den Biege­widerstand an der Stelle der maximalen Spanngliedexzentrizität auf Bemessungsniveau. Berechnen Sie die Dehnungen im Vorspannkabel sowie die Krümmung des Querschnitts.
- Zeichnen Sie ein linearisiertes Momenten-Krümmungs-Diagramm für den Querschnitt an der Stelle der maximalen Spanngliedexzentrizität zum Zeitpunkt $t \rightarrow \infty$. Benutzen Sie dafür die Resultate aus den Teilaufgaben b), c) und d). Bezeichnen Sie die Punkte bei „Vorspannen“, „zentrischer Druck“, „Dekompression“, „Fließen der Bewehrung“ sowie „Versagen“.

- Hinweise:**
- Die Querschnittswerte im Zustand I (ungerissen) dürfen am Beton-Bruttoquerschnitt ermittelt werden.
 - Als minimaler Krümmungsradius darf $R_{min} = 0$ verwendet werden.
 - Die Spannung im Spannstahl ist über die gesamte Trägerlänge als konstant anzunehmen. Verluste aus Reibungseffekten und Verankerungsschlupf können Sie vernachlässigen.
 - Die Langzeitverluste der Vorspannkraft dürfen als 15% der initialen Vorspannkraft und als über die Trägerlänge konstant angenommen werden.
 - Für die initiale Dehnung des Spannglieds nach dem Vorspannen darf näherungsweise mit $\Delta\varepsilon = 6.5 \cdot 10^{-3}$ gerechnet werden.

Aufgabe 4

Die in Bild 5 im Grundriss dargestellte 0.26 m dicke Stahlbetonplatte wird durch eine gleichmässig über die ganze Plattenfläche verteilte Last $q_d = 18 \text{ kN/m}^2$ (Bemessungsniveau, inkl. Eigengewicht) belastet. Die Platte ist an vier Seiten einfach gelagert; zwei Seiten sind freie Plattenränder (gemäss Bild 5).

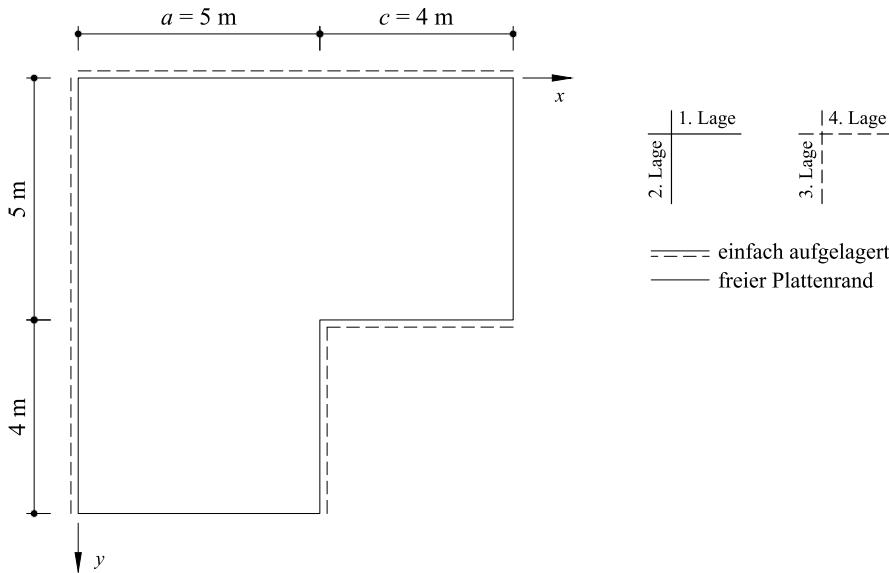


Bild 5: Grundriss der Platte

Teil A

- a) Wählen Sie mithilfe der Streifenmethode eine sinnvolle Lastabtragung und stellen Sie diese im Grundriss dar. Zeichnen Sie für die massgebenden Schnitte die statischen Systeme mitsamt ihrer Belastung und bestimmen Sie die Schnittgrössenverläufe. Bemessen Sie die Bewehrung in der Platte und führen Sie die Nachweise der Biege- und Querkrafttragsicherheit.

Hinweis: Vereinfacht dürfen Sie für alle Widerstände die mittlere statische Höhe der Mindestbewehrung annehmen. Es ist kein Nachweis der Durchstanzsicherheit durchzuführen.

Teil B

In der Platte sei nun überall ein orthogonales Netz von $\varnothing 12$ mm-Stäben im Abstand von 150 mm angeordnet. Der daraus resultierende Biegewiderstand beträgt $m_u = m_{xu} = m'_{xu} = m_{yu} = m'_{yu} = 67 \text{ kNm/m}$.

- b) Zeigen Sie mithilfe eines Fließgelenklinienmechanismus, dass die Traglast unter $q_u = 30 \text{ kN/m}^2$ liegt.

Hinweis: Der massgebende Fließgelenklinienmechanismus aktiviert alle Plattenteile. Lokale Mechanismen – wie beispielsweise in Bild 6 illustriert – werden nicht massgebend.

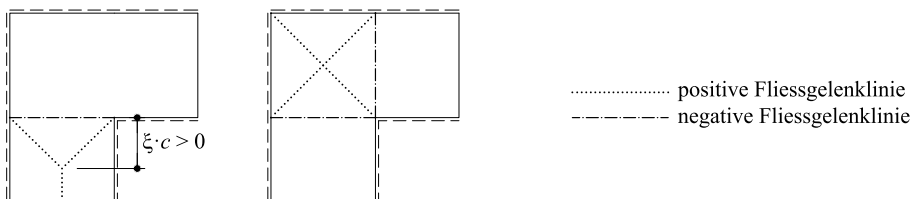


Bild 6: Lokale Mechanismen, welche nicht massgebend werden