

Sessionsprüfung Stahlbeton I+II**Sommer 2010**

Donnerstag, 19. August 2010, 09.00 – 12.00 Uhr, HIL C15

Name, Vorname:

Studenten-Nr.:

Bemerkungen

1. Für die Raumlaster von Stahlbeton ist 25 kN/m^3 anzunehmen.
2. Es wird bei allen Aufgaben von Beton C 30/37 und Stahl B500B ausgegangen.
3. Wo nichts anderes vermerkt ist, betragen die Lastbeiwerte $\gamma_G = 1.35$ und $\gamma_Q = 1.50$.
4. Wo nichts anderes vermerkt ist, sind Abmessungen in [m] angegeben.
5. Die erforderlichen Daten zur Vorspannung sind dem Anhang zu entnehmen.
6. Wo nichts anderes vermerkt ist, beträgt die Bewehrungsüberdeckung $c_{nom} = 30 \text{ mm}$; 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 Papierbögen A3 zu benutzen. Notizen in der Aufgabenstellung werden nicht bewertet.
9. Alle ausgeteilten Unterlagen (Aufgabenstellung, Integrationstabelle und alle Papierbögen A3) sind nach Prüfungsende mit dem Namen versehen abzugeben.

Aufgabe 1 (9 Punkte)

Der in den Bildern 1.1 und 1.2 dargestellte Einfeldträger mit einseitiger Auskrägung weist einen T-Querschnitt auf. Er wird neben seiner Eigenlast durch eine Auflast von $g_{kl} = 5 \text{ kN/m}$ und eine Nutzlast von $q_k = 15 \text{ kN/m}$ belastet.

- Bestimmen Sie eine sinnvolle Trägerhöhe h . Berechnen Sie anschliessend die Schnittgrössen auf Bemessungsniveau.
- Stellen Sie die komplette erforderliche Bewehrung für den Querschnitt mit dem grössten positiven Biegemoment dar. Schätzen Sie die notwendigen Bewehrungsquerschnitte mit überschlägigen Berechnungen ab (Genauigkeit $\pm 15\%$).
- Führen Sie die Biegetragsicherheitsnachweise im Feld und über dem Auflager B durch. Bestimmen Sie dazu die Biegebewehrung über dem Auflager B und optimieren Sie gegebenenfalls Ihre Biegebewehrung aus Aufgabe 1b).
- Bestimmen Sie die Querkraftbewehrung und führen Sie die nötigen Tragsicherheitsnachweise für Querkraft gemäss SIA 262 durch. Wählen Sie eine sinnvolle Abstufung der Biege- und Querkraftbewehrung und stellen Sie die gewählten Abstufungen dar. Tragen Sie den Verlauf der Zugkräfte T_d entlang der Zuggurte in ein Diagramm ein. Stellen Sie die zugehörige Zugkraftdeckungsline ebenfalls dar.

Hinweis: - Verwenden Sie für die Querkraftbemessung die Querschnittsbetrachtungen gemäss SIA 262.

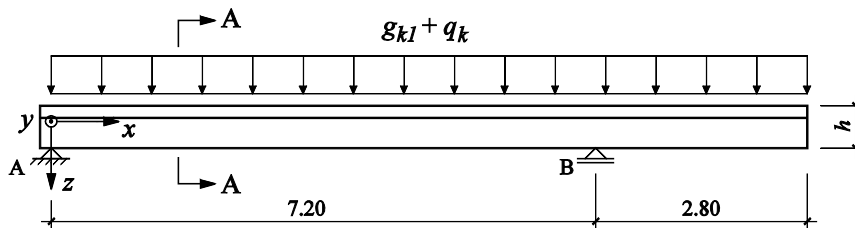


Bild 1.1: Ansicht Einfeldträger, 1:100.

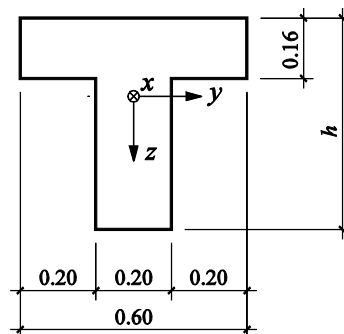


Bild 1.2: Querschnitt A-A, 1:20.

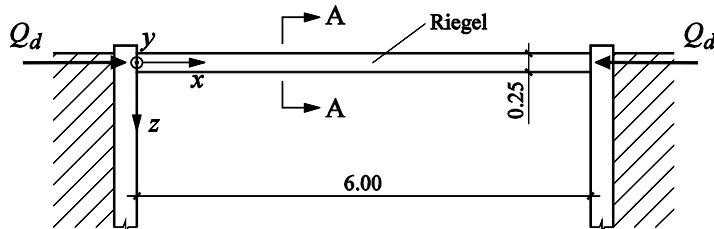
Aufgabe 2, Teil 1 (8 Punkte)

Zwei Aussenwände eines Lichthofs werden am Wandkopf durch den in Bild 2.1 dargestellten Stahlbetonriegel gegenseitig gestützt. Der Anschluss an die Wände kann als gelenkig betrachtet werden. Der Riegel weist einen quadratischen Querschnitt auf; die Bewehrung besteht aus 4 Längsstäben $\text{Ø}20$ und Bügeln $\text{Ø}10@200$.

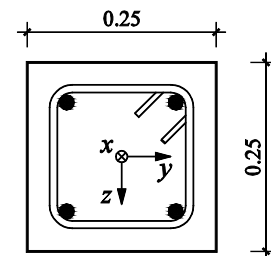
- Berechnen Sie für den Riegelquerschnitt den $M_{Rd}-N_{Rd}$ -Interaktionspunkt, bei welchem die Neutralachse genau in der Mitte des Querschnitts zu liegen kommt. Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit dem Wert m_{Rd} , den Sie für Ihr berechnetes n_{Rd} aus dem normierten $m_{Rd}-n_{Rd}$ -Interaktionsdiagramm im Anhang herauslesen können. Was sagen Sie dazu?
- Bestimmen Sie mit Hilfe des normierten $m_{Rd}-n_{Rd}$ -Interaktionsdiagramms im Anhang die maximale Horizontalkraft $Q_{d,max}$, welche vom Riegel aufgenommen werden kann. Der Einfluss des Kriechens ist im Diagramm mit $\varphi = 2$ bereits berücksichtigt.

- Hinweise:**
- Der Abbiegeradius der Bügel darf zur Ermittlung von d vernachlässigt werden.
 - Als Exzentrizität infolge Imperfektionen ist $e_{od} = 12.2$ mm zu berücksichtigen.
 - Iterationen dürfen abgebrochen werden bei $|(X^i - X^{i-1})/X^i| < 5\%$.

(a)



(b)



4 $\text{Ø}20$
Bügel $\text{Ø}10@200$
 $c_{nom} = 30$ mm

Bild 2.1: (a) Querschnitt Lichthof 1:100; (b) Schnitt A-A, 1:10.

Aufgabe 2, Teil 2 (3 Punkte)

Die in Bild 2.2 dargestellte Stahlbetonscheibe wird lediglich durch die eingezeichnete Kraft F beansprucht. Entwickeln Sie ein Fachwerkmodell, welches zur Bemessung dieser Scheibe verwendet werden könnte. Stellen Sie das Fachwerk und die (in F ausgedrückten) Stabkräfte dar.

Hinweis: - Die Knoten des Fachwerks sollen auf dem vordefinierten und mit Punkten dargestellten Raster zu liegen kommen.

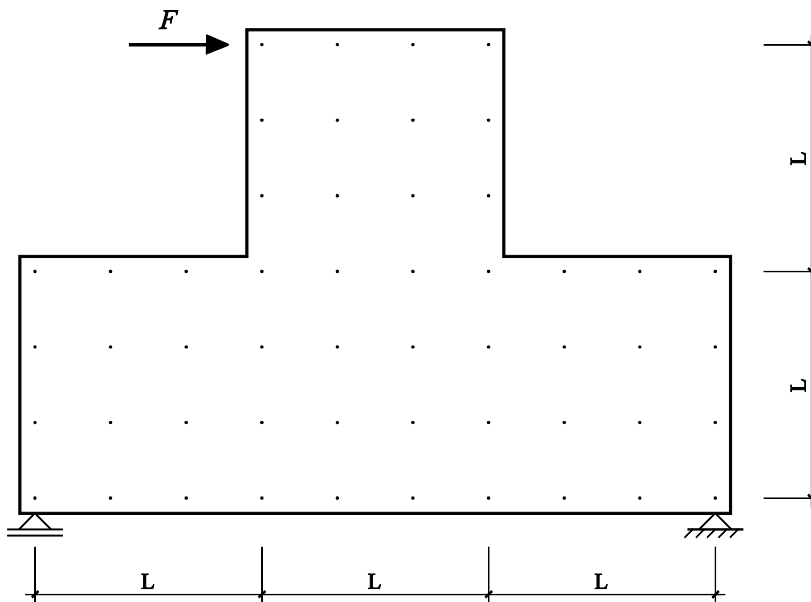


Bild 2.2: Stahlbetonscheibe mit Kraft F .

Aufgabe 3 (10 Punkte)

Die in Bild 3 dargestellte Tragkonstruktion besteht aus zwei sich in der Mitte durchdringenden Stahlbetonträgern mit identischen Rechteckquerschnitten. Der Träger AC wird zusätzlich zu seiner Eigenlast durch eine Auflast von $g_{kl} = 9 \text{ kN/m}$ und eine Nutzlast von $q_k = 12 \text{ kN/m}$ belastet; der Träger DE ist unbelastet. Die beiden Träger sollen mit im Verbund wirkenden Spanngliedern aus Spannstahl Y1770 vorgespannt werden.

- Stellen Sie für beide Träger alle nötigen Bewehrungselemente in den Querschnitten unmittelbar neben dem Kreuzungsbereich dar. Schätzen Sie die Bewehrungsquerschnitte mit überschlägigen Rechnungen ab (Genauigkeit $\pm 15\%$). Die Längszugkräfte sollen zu ca. $2/3$ durch Spannstahl aufgenommen werden.
- Bestimmen Sie die Schnittgrößen für ständige Lasten (auf charakteristischem Niveau). Setzen Sie dazu die Mittendurchbiegungen der beiden Träger für ungerissenes Verhalten gleich. Zwängungen aus Vorspannung müssen nicht berücksichtigt werden.
- Bestimmen Sie die Vorspannung für den Träger DE so, dass die Umlenkraft U_∞ die ständigen Einwirkungen gerade kompensiert. Zeichnen Sie die Spanngliedgeometrie. Vereinfachend darf für diese Teilaufgabe $R_{min} = 0$ gesetzt werden.
- Bestimmen Sie unter Verwendung des identischen Spanngliedtyps wie in Aufgabe 3c) eine sinnvolle Spanngliedgeometrie für den Träger AC. Falls Aufgabe 3c) nicht gelöst wurde, kann ein Spannglied mit 12 Litzen $\varnothing 0.6''$ gewählt werden.
- Kontrollieren Sie die Betonspannungen in der Mitte des Trägers AC unter sämtlichen ständigen Lasten zum Zeitpunkt $t = \infty$. Nehmen Sie an, das Zwängungsmoment aus Vorspannung betrage an dieser Stelle $M_{Z\infty} = 148 \text{ kNm}$. Es ist nur die x-Richtung zu betrachten. Wie beurteilen Sie das Resultat?

- Hinweise:**
- Das Eigengewicht des Trägers DE darf vernachlässigt werden.
 - Vereinfachend darf von einem Spannkraftverlust von 15% der initialen Vorspannkraft ausgegangen werden. Reibungsverluste dürfen vernachlässigt werden
 - Angaben zur Durchbiegungsberechnung und zum Vorspannsystem können dem Anhang entnommen werden.

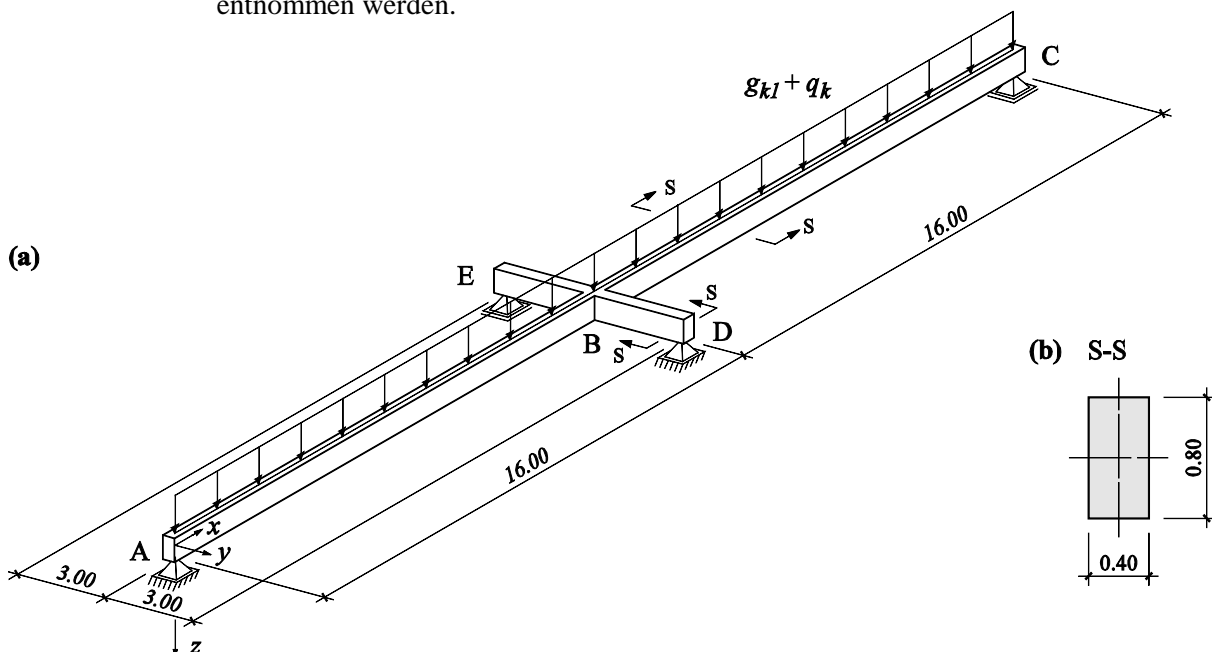


Bild 3: (a) Isometrie Trägerkreuz; (b) Schnitt S-S, 1:50

Aufgabe 4 (10 Punkte)

Mit dem in Bild 4.1 dargestellten Hubschütz kann der Grundablass eines Stauwehrs verschlossen werden. Der Schütz ist als über mehrere Ablassöffnungen durchlaufende, konstant 440 mm dicke Stahlbetonplatte ausgebildet. Die für die Bemessung massgebende, bis Mitte Öffnung gemessene Einstauhöhe beträgt $h_{wd} = 15$ m. Der Lastbeiwert für den Wasserdruck ist $\gamma_Q = 1.20$. Die erforderliche Bewehrungsüberdeckung beträgt $c_{nom} = 40$ mm. Es darf angenommen werden, dass der Querkraftwiderstand für alle Plattenbereiche ausreichend gross ist. Es werden nur Innenfelder betrachtet.

- Die für die Bemessung massgebende Stellung des Hubschützes wird unmittelbar vor dem vollständigen Schliessen erreicht (Bild 4.2). Stellen Sie für diesen Fall die Lastabtragung unter Verwendung der Streifenmethode dar und bestimmen Sie die zugehörigen Schnittkräfte. Es sollen dabei Lasten sowohl in x - als auch in y -Richtung abgetragen werden.
- Dimensionieren Sie unter Verwendung der Resultate aus Aufgabe 4a) die komplette Biegebewehrung so, dass sie die Tragsicherheitsanforderungen gemäss SIA 262 erfüllt.
- Erstellen Sie für zwei Innenfelder und die Fortsetzung in die zwei benachbarten Innenfelder eine saubere Bewehrungsskizze. Ordnen Sie die Bewehrungsstösse so an, dass kein Bewehrungsstab länger als 12 m wird. Es ist vorgesehen, die ganze Platte in einem Arbeitsgang zu betonieren.
- Bei vollständig geschlossenem Schütz ist die Platte allseitig einfach aufgelagert (Bild 4.3). Schätzen Sie für diesen Zustand mit der in Aufgabe 4b) bestimmten Bewehrung die theoretische Einstauhöhe h_{wt} ab, welche beim Biegekollaps eines Innenfeldes der Platte erreicht wird. Rechnen Sie mit $\gamma_Q = 1.00$ und $m_{it} = 1.15 m_{Rd}$. Erhöhte Biege widerstände im Bereich versteckter Unterzüge dürfen vernachlässigt werden.

- Hinweise:**
- Eigengewicht und Strömungsdrücke dürfen vernachlässigt werden.
 - Vereinfachend darf von einem über den Schütz gleichmässig verteilten Wasserdruck ausgegangen werden.

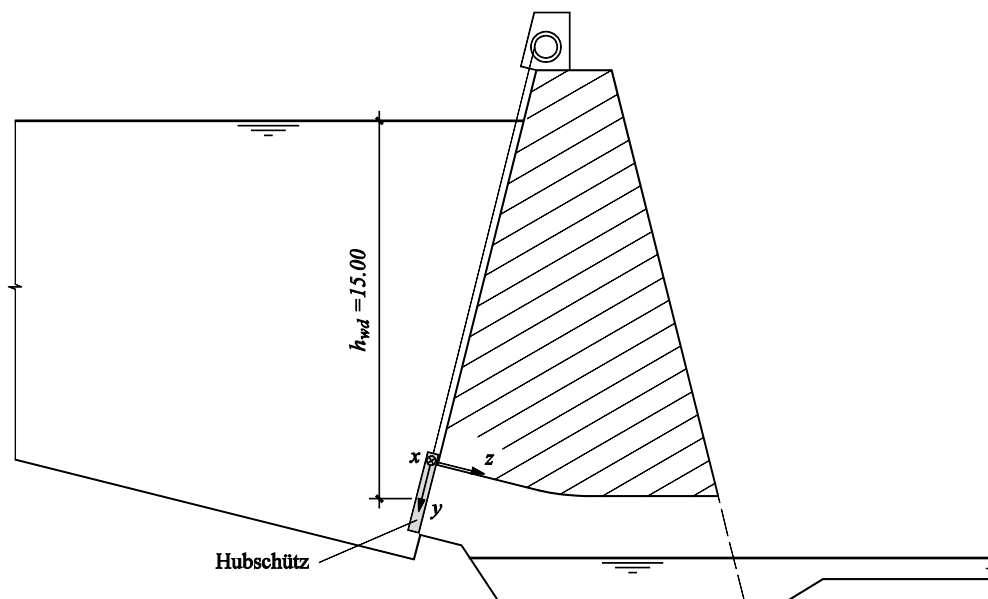


Bild 4.1: Schnitt Stauwehr, 1:300.

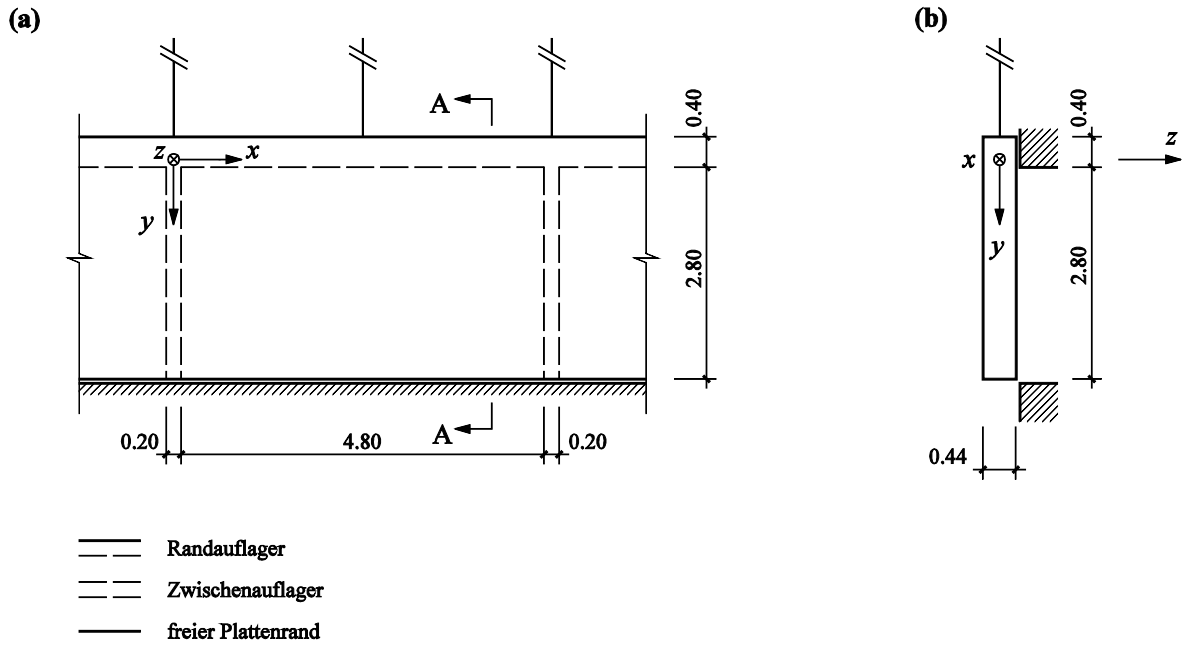


Bild 4.2: Schütz unvollständig geschlossen: (a) Ansicht 1:100; (b) Schnitt A-A 1:100.

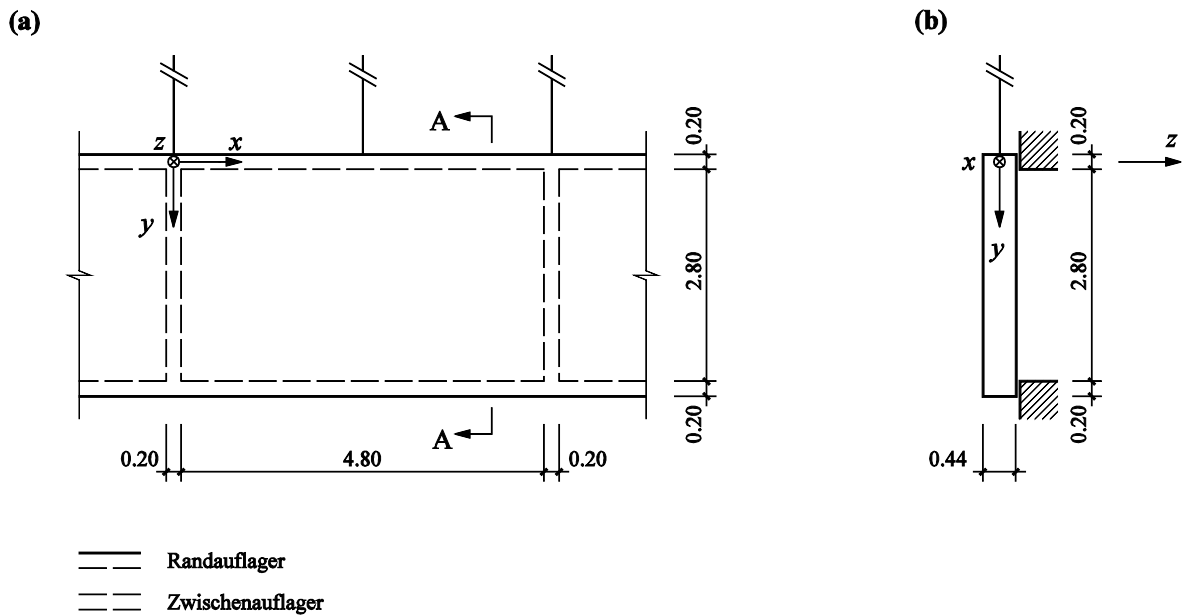


Bild 4.3: Schütz vollständig geschlossen: (a) Ansicht 1:100; (b) Schnitt A-A 1:100.

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

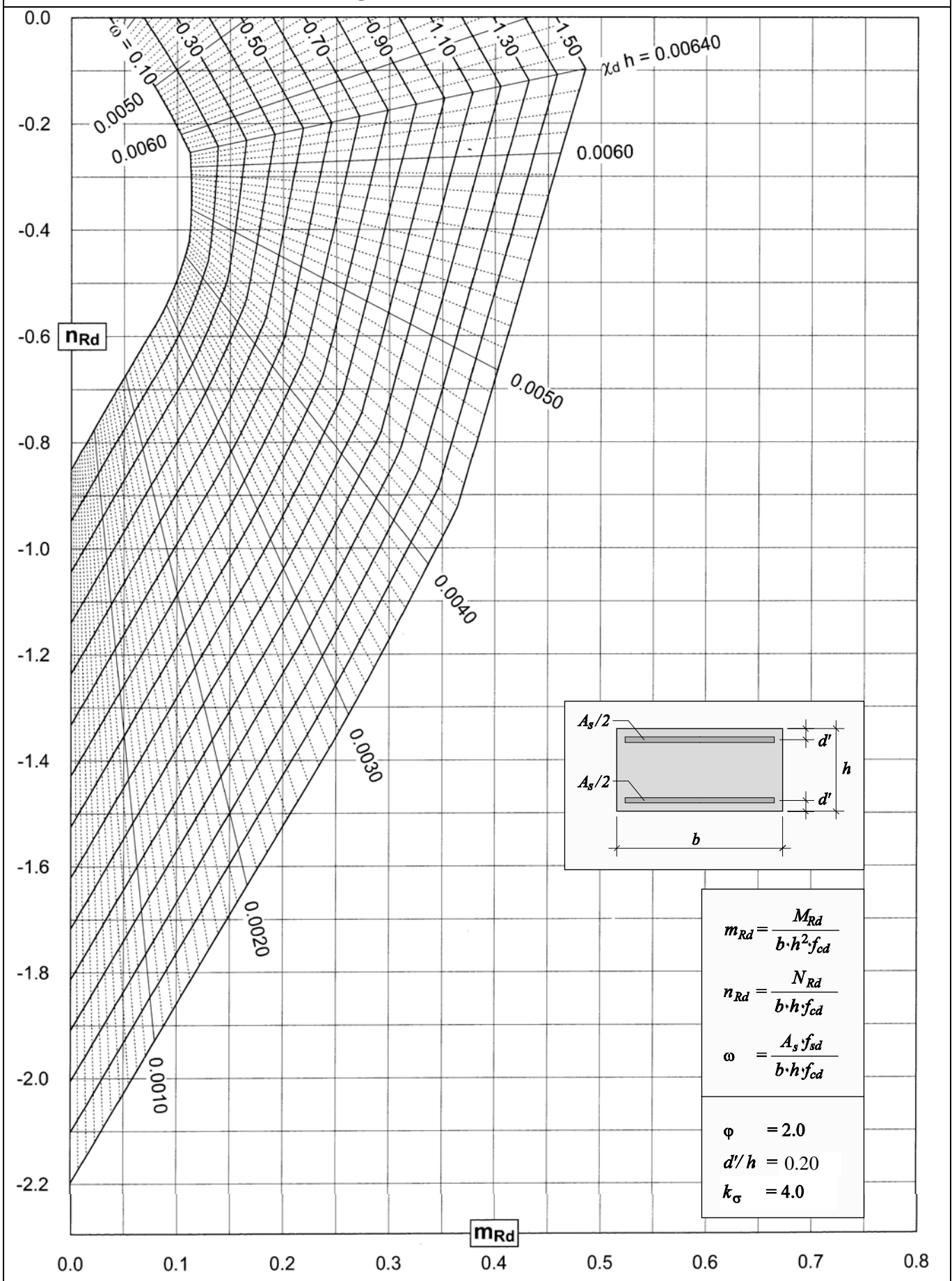
Baustatik

(aus C4/06, Bemessungstabellen, 2006, Verlag Stahlbau Zentrum Schweiz)

Mittendurchbiegung Einfeldträger

		$E I \cdot w$ [E I = const.] [Trägermitte / mi-travée]
1		$\frac{5}{384} q l^4$
11		$\frac{1}{48} P l^3$

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



Vorspannung

Litzenspannglieder aus Litzen 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	$A_{pL} = 150 \text{ mm}^2$ $R_{min} = 125 \cdot \sqrt{A_p}$ \varnothing_t e	... Querschnittsfläche pro Litze ... Minimaler Krümmungsradius ... Aussendurchmesser des Hüllrohres ... Exzentrizität der Litze im Hüllrohr		
Kabeleinheiten	Anzahl Litzen	\varnothing_t [mm]	e [mm]	
	1	30	5	
	2	47	9	
	3	47	6	
	4	50	7	
	5	57	8	
	7	62	7	
	10	77	11	
	12	82	11	
	15	87	10	
	19	97	12	
Spanngliedgeometrie				
Innenfeld				
$b = \frac{4 \cdot R \cdot f}{l}$ $c = \frac{8 \cdot R \cdot f^2}{l^2}$ $u = \frac{8 \cdot P \cdot f}{l^2 - 8 \cdot R \cdot f}$				
Randfeld				
$a = \frac{f}{f-k} \cdot \left[l - \sqrt{\frac{k}{f} (l^2 + 2 \cdot R \cdot k)} - 2 \cdot R \cdot k \right]$ $b = \frac{2 \cdot R \cdot f}{a}$ $c = \frac{2 \cdot R \cdot f^2}{a^2}$ $u = \frac{2 \cdot P \cdot k}{(l-a)^2} = \frac{2 \cdot P \cdot f}{(a^2 - 2 \cdot R \cdot f)}$				