Konstruktive Hinweise

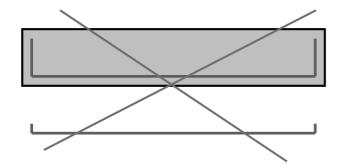
Konstruktive Durchbildung – Grundsätze

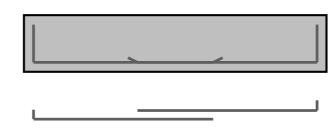
Grundsätze

- Qualitativ einwandfreies Einbringen und Verdichten des Betons sicherstellen
- Dem Montagevorgang und den Ausführungsbedingungen sind spezielle Beachtung zu schenken
- Die konstruktive Durchbildung muss dem der Tragwerksanalyse zugrunde gelegten Tragwerksmodell entsprechen
- Die Bestimmungen gelten für Bewehrungsstäbe mit Durchmesser Ø ≤ 40 mm, Stabdurchmesser über
 Ø 30 mm sollen nur ausnahmsweise verwendet werden

Bewehrungsüberdeckung

- Die Bewehrungsüberdeckung bezeichnet planmässige Werte, die einzuhalten sind, falls keine besonderen Schutzmassnahmen getroffen werden oder keine besonderen Verhältnisse vorliegen
- Die gewählte Bewehrungsüberdeckung ist auf den Plänen anzugeben
- Zwangslängen wenn möglich vermeiden («Passeisen»)





- Bei stark beanspruchten Bauteilen soll $c_{nom} \ge D_{max}$ sein
- Planmässige Bewehrungsüberdeckung nach Expositionsklassen («deemed to satisfy»):

Bewehrungsüberdeckung c_{nom} [mm] $^{1)}$	Bewehrungskorrosion in karbonatisiertem Beton				Bewehrungskorrosion induziert durch Chloride			
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2a	XD2b	XD3
Betonstahl	20	35		40	40		55	
Spannstahl bzw. Spannglied	30	45		50	50		65	

¹⁾ Die tabellierten Werte der Bewehrungsüberdeckung dürfen bei der Ausführung maximal um die Abweichungen gemäss Ziffer A.3.5 unter- oder überschritten werden.

- Minimale Bewehrungsüberdeckung nach Feuerwiderstandsklassen: bis R60: $c_{nom} \ge 20$ mm, bis R120: $c_{nom} \ge 30$ mm, bis R180: $c_{nom} \ge 40$ mm Ausserdem sind minimale Bauteilabmessungen einzuhalten
- Bei Bauteilen, bei denen Beton direkt gegen das Erdreich eingebracht wird, beträgt die minimale Bewehrungsüberdeckung
 90 mm, resp. 50 mm bei vorbereitetem Untergrund

Konstruktive Durchbildung – Grundsätze



Deckenbewehrung - Kunststoffleisten für Einhaltung der Bewehrungsüberdeckung (nur im Hochbau)



Wandbewehrung - Zementklötze für Einhaltung der Bewehrungsüberdeckung (Hoch- und Tiefbau)

Konstruktive Durchbildung – Grundsätze



Bewehrung einer Brückenplatte – Zementklötze und «rostfreie» Bewehrung für Einhaltung der Bewehrungsüberdeckung



Vorspannung – Fester Anker mit Injektionsanschluss, Kunststoffhüllrohre mit Kabelhaltern und Halbschalen zur Vermeidung von Knicken Distanzklötze unter innerer Schalung

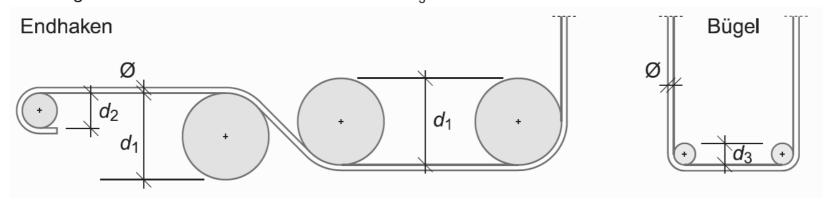
Mindestabstände

- Gegenseitigen Abstand von Bewehrungsstäben und Spanngliedern so gross wählen, dass ein einwandfreies Verdichten des Betons möglich ist (a ≥ D_{max})
- Bei dichter Bewehrungsanordnung Stabbündel mit maximal drei sich berührenden Stäben zulässig

Formen und Abbiegungen

 Einhaltung der minimalen Biegerollendurchmesser verhindert unzulässig grosse Spreizkräfte sowie Beeinträchtigung der Duktilität (und im Extremfall Biegerisse) im Betonstahl

für Abbiegungen	$d_1 = 15 \emptyset$	
 für Endhaken, Winkelhaken und Schlaufen 	$d_2 = 6\emptyset$	für Stäbe ≤ 20 mm
	$d_2 = 8\emptyset$	für Stäbe > 20 mm und ≤ 30 mm
	$d_2 = 10 \emptyset$	für Stäbe > 30 mm und ≤ 40 mm
für Bügel	$d_3 = 4\emptyset$	für Stäbe ≤ 16 mm.



Verankerungen

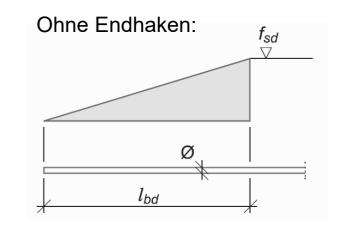
• Es wird von einer entlang des zu verankernden Stabs konstanten Verbundspannung ausgegangen. Der Bemessungswert der Verbundspannung beträgt:

$$f_{bd} = \frac{1.4 \cdot f_{ctm}}{\gamma_c}$$

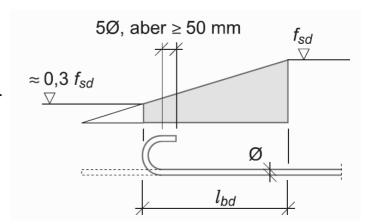
Der Grundwert der Verankerungslänge für Verankerungen in der Zugzone beträgt:

$$l_{bd,net} = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{f_{sd}}{f_{bd}} \ge 25\emptyset$$

- Innerhalb der Verankerungslänge darf die Kraftzunahme linear angenommen werden.
- Im Falle von Querdruck, z.B. über Auflagern, sowie bei Verwendung von Endhaken darf die Verankerungslänge um 30% reduziert werden, sie soll jedoch nicht weniger als 15Ø betragen.



Mit Endhaken:



Grundwerte der Verankerungslängen

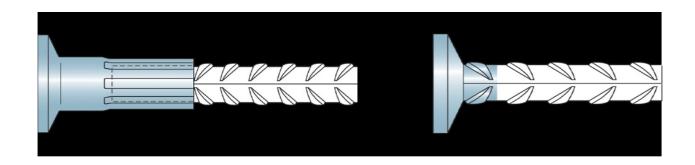
Beton C	12/15	16/20	20/25	25/30	30/37	35/45	40/50	45/55	50/60	
f_{bd} [N/mm ²]	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,8	
l _{bd,net} /Ø [–] vereinfacht	60	60 ¹⁾		50 ¹⁾		40 ¹⁾				
1) $f \ddot{u} r f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$										

- Die Verankerungslängen von Stabbündeln mit zwei oder mehr Stäben müssen erhöht werden.
- Bei engen Platzverhältnissen müssen andere Verankerungselemente, wie z.B. Schlaufen oder verschraubte bzw. verschweisste Ankerköpfe (d ≥ 3Ø), verwendet werden.

Stösse

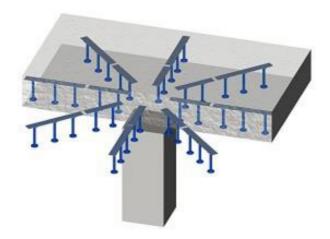
- Stossverbindungen sind nach Möglichkeit in Zonen geringer Beanspruchung anzuordnen
- Für Stabdurchmesser > 12 mm sind Übergreifungsstösse nach Möglichkeit versetzt anzuordnen
- Übergreifungsstösse von Stabbewehrungen erfordern eine Übergreifungslänge, die mindestens der Verankerungslänge I_{bd,net} entspricht
- Wo Unfallgefahr besteht, sind bei stehenden Anschlussstäben Haken anzuordnen oder andere Schutzmassnahmen zu treffen

Spezielle Verankerungen sind auf dem Markt erhältlich. Querzug muss aufgenommen werden können.

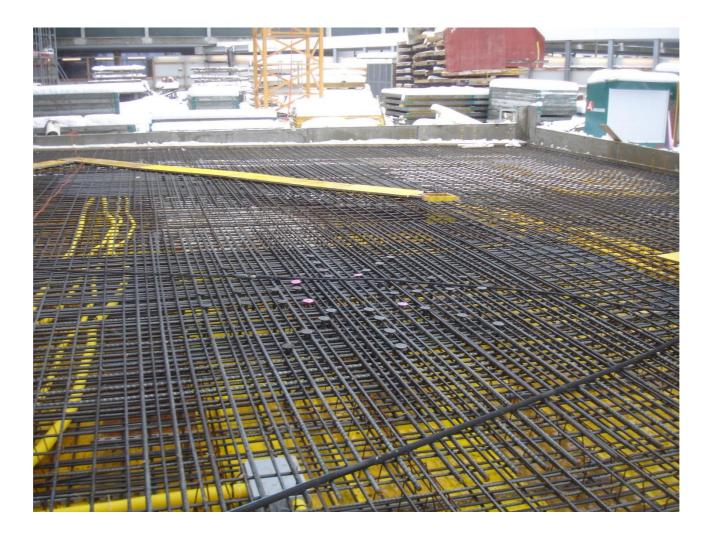


$$l_{bd,net} = 10\emptyset$$

Tellerförmige Endverankerungen werden auch für Durchstanz-/Querkraftbewehrung in Platten verwendet («Dübelleisten»):



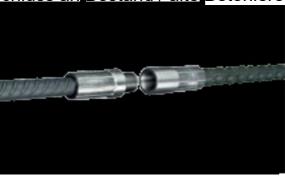
Durchstanzbewehrung mit Tellerverankerung (Tiefgaragendecke Triemlispital)



Stösse

• Schraubbewehrung → gute Produkte teuer, aber effizient (Bruch im Bewehrungsstab, nicht im Gewindebereich); Achtung bei dynamischer Beanspruchung, nicht alle Produkte sind gleich gut geeignet, ausserdem sehr tiefe Ermüdungsfestigkeiten insbesondere bei Bahnbrücken (SBB).

Verwendet bei Anschluss an Bestand / alter Betonieretappe und wenn keine Bewehrungsdurchdringung ausgeführt werden kann







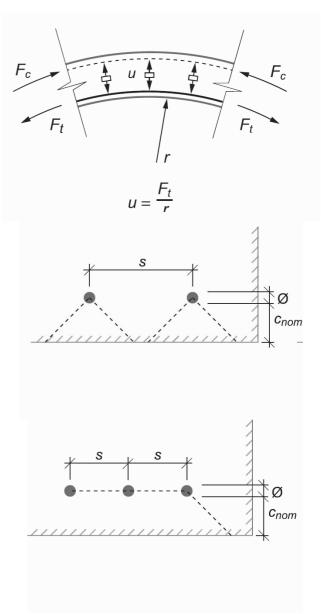
Umlenkungen und Krümmungen

- Bei gekrümmten oder geknickten Zug- und Druckgurten sind die Auswirkungen der Umlenkkräfte zu untersuchen
- Wo keine zusätzliche Verbügelung zur Aufnahme der Umlenkkräfte vorgesehen wird, muss sichergestellt werden, dass die Umlenkkräfte aufgrund der Fliesszugkraft $(1.2 \cdot f_{sk})$ in der gekrümmten Bewehrung vom Überdeckungsbeton aufgenommen werden können. Die Betonzugfestigkeit darf dabei höchstens mit einem vorsichtig angesetzten Bemessungswert in Rechnung gestellt werden:

$$f_{ctd} = \frac{1}{3} \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_c}$$

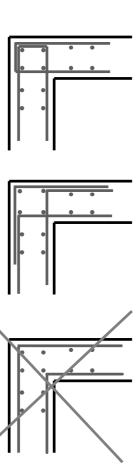
• Die Betonzugspannungen können unter Annahme folgender mitwirkenden Breite ermittelt werden:

$$b_{u} = s - \emptyset \le 2\sqrt{3} \left(c_{nom} + \frac{\emptyset}{2} \right)$$



Grundsatz: «Bewehrung nicht um hohle Ecken führen»!





Unbewehrte Bauteile

- Unbewehrter Beton wir für vorwiegend auf Druck beanspruchte, massive Bauteile verwendet (keine dynamischen Beanspruchungen oder aufgezwungene Verformungen!)
- Für den Nachweis der Tragsicherheit von unbewehrten Bauteilen ist f_{cd} um 20% abzumindern.
- Für unbedeutende Bauteile kann die Tragsicherheit unter Berücksichtigung der Betonzugfestigkeit (vorsichtiger Bemessungswert, siehe Folie 12) nachgewiesen werden. Zudem muss gewährleistet werden, dass die Rissbildung kein Versagen des Bauteils zur Folge hat.

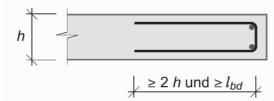
Balken und Plattenbalken

- Die Tragelemente sind gegen die Auswirkungen der in der Tragwerksanalyse nicht berücksichtigten Einspannungen konstruktiv ausreichend zu bewehren.
- Balken sind stets zu verbügeln: $\rho_w = \frac{A_{sw}}{sb_w} \ge 0.1\% \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{30}} \frac{500}{f_{sk}}$ wobei in der Regel sinnvoll ist: $\rho_w \ge 0.2\%$
 - $s \le 25\emptyset$ \rightarrow z.Bsp. $2\emptyset 8@250$ mm nicht zulässig!
- Bei breiten Stegen ($b_w > 500$ mm) sind mehrschnittige Bügel anzuordnen (3 oder mehr Schenkel)
- Die Bügel sollen die Längszugbewehrung umfassen
- In den Auflagerbereichen sind mindestens 25% der im Feld erforderlichen Gurtbewehrung zu verankern

- Im Bereich negativer Momente von Plattenbalken ist ein wesentlicher Teil der Zugbewehrung über dem Steg zu konzentrieren. Die Wirksamkeit der ausserhalb des Stegs verteilten Längsbewehrung ist durch eine Querbewehrung zu Gewährleistung des Schubanschlusses sicherzustellen.
- In der Druckplatte ist immer eine ausreichende Querbewehrung anzuordnen, deren Querschnitt mindestens 0.2% des Plattenquerschnitts beträgt

Platten

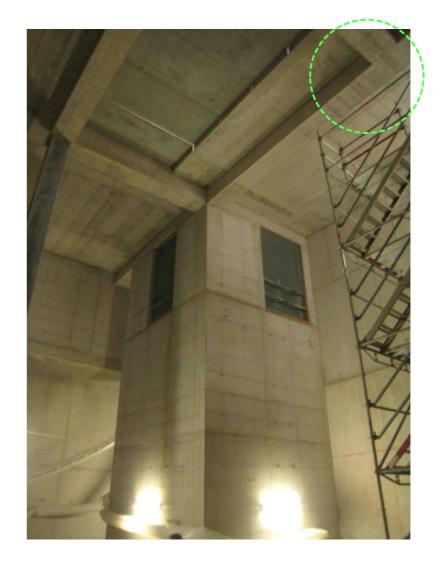
- In Zonen grösster Beanspruchung muss gelten $s \le 1.2 \cdot h$ resp. $s \le 300$ mm
- Die Mindestbewehrung von Platten ist gemäss den Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit festzulegen. Die Querbewehrung soll nicht weniger als 20% der Hauptbewehrung betragen
- Bei Platten ohne Querkraftbewehrung ist mindestens die Hälfte der an den Stellen maximaler Biegebeanspruchung erforderlichen Biegebewehrung bis über die Auflager zu führen und zu verankern
- Freie Plattenränder sind mit einer aufgebogenen Längsbewehrung oder eine Bügelbewehrung zu umschliessen



 Beidseitig von einbetonierten Leitungen, Leitungsbündeln und Deckeneinlagen mit bedeutenden Abmessungen wird empfohlen, eine Querkraftbewehrung einzulegen

Plattenbalken (Decke Heizzentrale Triemlispital)

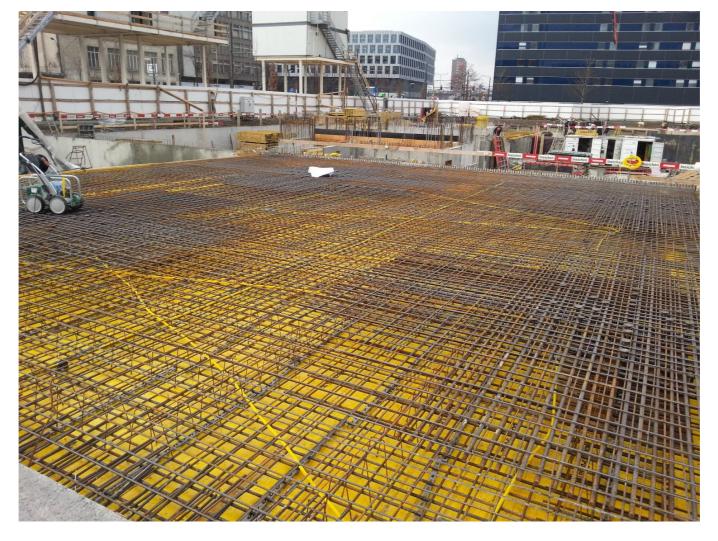




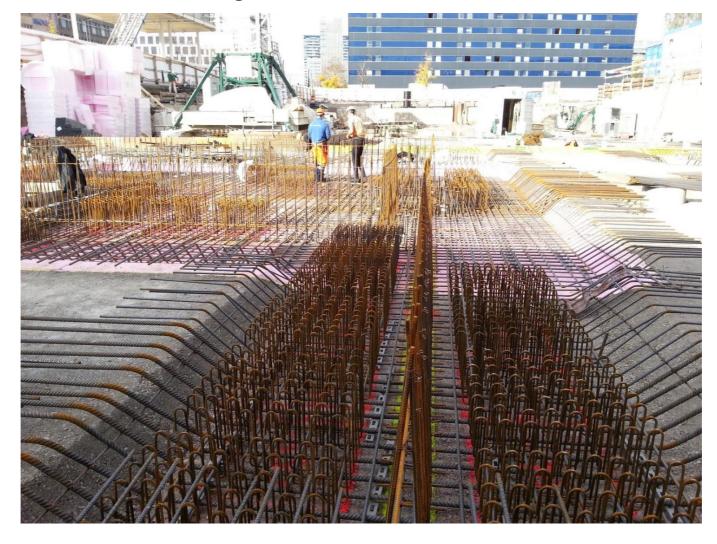
Platten – Deckenschalung mit Stahlpilz



Platten – Deckenbewehrung inkl. Durchstanzbewehrung



Platten – Bodenplatte mit Fundamentvertiefungen auf Sauberkeitsschicht



Platten – Kraftdurchleitung Stützenlasten



Druckglieder – konstruktive Durchbildung (SIA 262 5.5.4)

• Mindestabmessungen: Stützen $(b/a \le 4) \rightarrow a \ge 200$ mm (Ortbeton) bzw. 150 mm (Fertigteil)

Wände $(b/a > 4) \rightarrow a \ge 150$ mm (Ortbeton) bzw. 100 mm (Fertigteil)

Längsbewehrungsgehalt: 0.6% ≤ ρ ≤ 8%

Bei grossen Stützenquerschnitten darf $\rho_{x,min} = 0.6\%$ auf eine Mantelfläche von mindestens 200 mm Dicke bezogen werden.

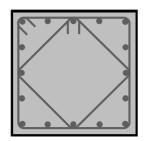
In Wänden bezieht sich $\rho_{x,min} = 0.6\%$ auf den für die Tragsicherheit erforderlichen Betonquerschnitt (Stababstand $s \le 300$ mm und $s \le 2a$).

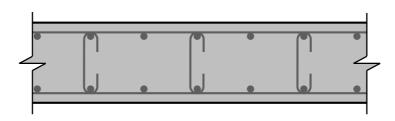
Falls $\rho_x > \rho_{x,max} = 8\%$ sind eine verstärkte Verbügelung und spezielle konstruktive und ausführungstechnische Massnahmen erforderlich.

Längsbewehrungsstäbe sind mit Bügeln gegen lokales Ausknicken zu sichern.

• Verbügelung: $s_c \le 15 \ \emptyset_{x,min} \text{ und } s_c \le a_{min} \text{ und } s_c \le 300 \text{ mm}$

Falls die Druckbewehrung f_{sd} erreicht, ist ausser den Eckstäben auch jeder zweite Längsbewehrungsstab mit Haken oder Bügeln zu umschliessen.



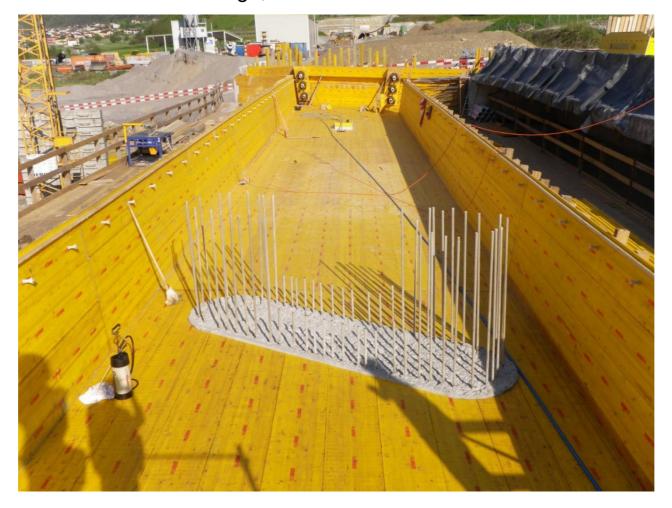


Druckglieder → **Fertigstütze** 11m (Heizzentrale Triemlispital)



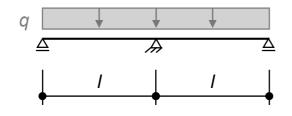
Stütze mit Hohlkastenschalung

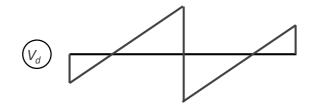
(Stütze 1 - 2 cm überbetoniert → saubere Betonierfuge, bei Platten reduzierte statische Höhe für Durchstanzen beachten)



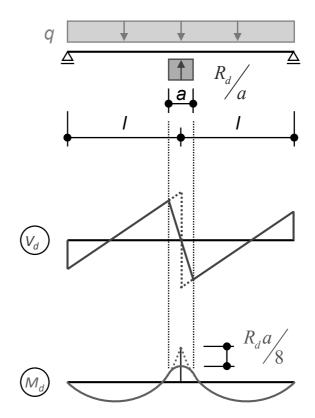
Momentenausrundung

Wird anstelle einer konzentrierten Auflagerung eine endliche Aufliegefläche betrachtet, können die Momentenspitzen ausgerundet werden.









Richtwerte für Schlankheiten (Wirtschaftlichkeit, Durchbiegungen):

Schlaff bewehrte Ortbetonträger (wenn grosse Durchbiegungen zulässig sind schlanker)

Kragarme: $h/l \approx 1/6...1/7$ einfache Balken: $h/l \approx 1/11...1/13$

Durchlaufträger: $h/l \approx 1/12...1/15$ (Randfelder), $h/l \approx 1/15...1/18$ (Innenfelder)

Rahmenriegel: $h/l \approx 1/13...1/15$ (einfeldrig), $h/l \approx 1/16...1/19$ (mehrfeldrig)

Vorgespannte Träger (inkl. Rahmenriegel) / Balkenbrücken

wirtschaftlich: $h/l \approx 1/15...1/22$

maximal: $h/l \approx 1/25...1/30$ (nur bei knappem Lichtraumprofil etc. sinnvoll)

In eine Richtung tragende Platten

einfeldrig: $h/l \approx 1/22$ (Durchb. ev. schädlich) ...1/30 (Durchb. unschädlich)

durchlaufend: $h/l \approx 1/30$ (Durchb. ev. schädlich) ...1/40 (Durchb. unschädlich)

Flachdecken

einfeldrig: $h/l \approx 1/25$ (Durchb. ev. schädlich) ...1/35 (Durchb. unschädlich)

durchlaufend: $h/l \approx 1/33$ (Durchb. ev. schädlich) ...1/45 (Durchb. unschädlich)

$$\left\{l = \frac{l_x + l_y}{2}\right\}$$

Mindestbewehrungsgehalte

Längsbewehrung Platten

$$0.15 \% \le \rho \le 2.0 \%$$
, SIA 262 Ziff. 4.4.2, 5.5.3

Druckglieder

$$0.6 \% \le \rho \le 8.0 \%$$
, SIA 262 Ziff. 5.5.4

Querkraftbügel

$$\rho_{min} = 0.2$$
 % (Empfehlung), SIA 262 Ziff. 5.5.2

 Mindestbewehrung für Normalkraft / Zwang

$$\rho_{\min} = \frac{f_{ctd}}{f_{sd} - f_{ctd} (n-1)} \text{ mit } f_{ctd} = \text{Bemessungswert von } f_{ct}$$

$$f_{ctd} = k_t \cdot f_{ctm}$$
 (Normalfall)

$$f_{ctd} = k_t \cdot f_{ctk,0.95}$$
 (wenn hohes f_{ct} ungünstig für angr. Bauteile ist)

$$f_{ctk,0.95} = 1.3 \cdot f_{ctm}, \qquad k_t = \frac{1}{1 + 0.5 \cdot t}$$

Andere Gewerke beachten! z.B. Hochbaudecken: Einlagen für Erschliessung HLKS und Elektro, Nischen, Schlitze, ...



Halbfertigelemente

Wände (verlorene Schalung, hier wegen zu engem Arbeitsraum)





Halbfertigelemente

Decken (muss Gewicht des Betons im Bauzustand aufnehmen können)



Fertigelemente

Fertigelemente → Qualität hoch, Beachtung der Anschlussdetails, Gewicht (Kran), Versetzhilfen (Tribünenelemente MZTH

Wetzikon)









Fertigelemente

Fertigelemente → weitere typische Anwendungen

Pfähle



[Quelle: Sacac]

Stützen



[Quelle: Müller-Steinag]

Sichtbeton

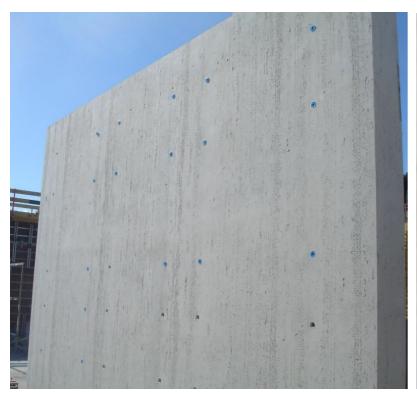
Sichtbetondecke – Anforderungen: keine Abstandhalter von unten sichtbar!





Sichtbeton

Sichtbeton – Oberflächen







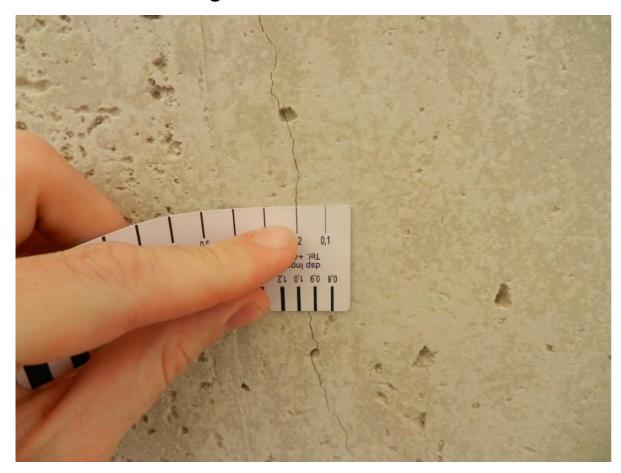
Baustellenlogistik und -ablaufplanung

Neues Bettenhaus Triemli im Bauzustand



Risse

Betonbau ist eine gerissene Bauweise → Risse lassen sich nicht verhindern ...





Aber: Minimieren der Rissbreiten durch Mindestbewehrung, die konstruktiv richtig durchgebildet ist, zwängungsarme Ausbildung, gute Nachbehandlung etc.!

Risse

Grosse Risse aufgrund aufgezwungener Verformungen bzw. schlechter Nachbehandlung





Risse

Aussinterung aus Riss



Formbarkeit des Betons

Beton ist sehr gutmütig und einfach formbar, erfordert aber eine saubere konstruktive Durchbildung und Ausführung!





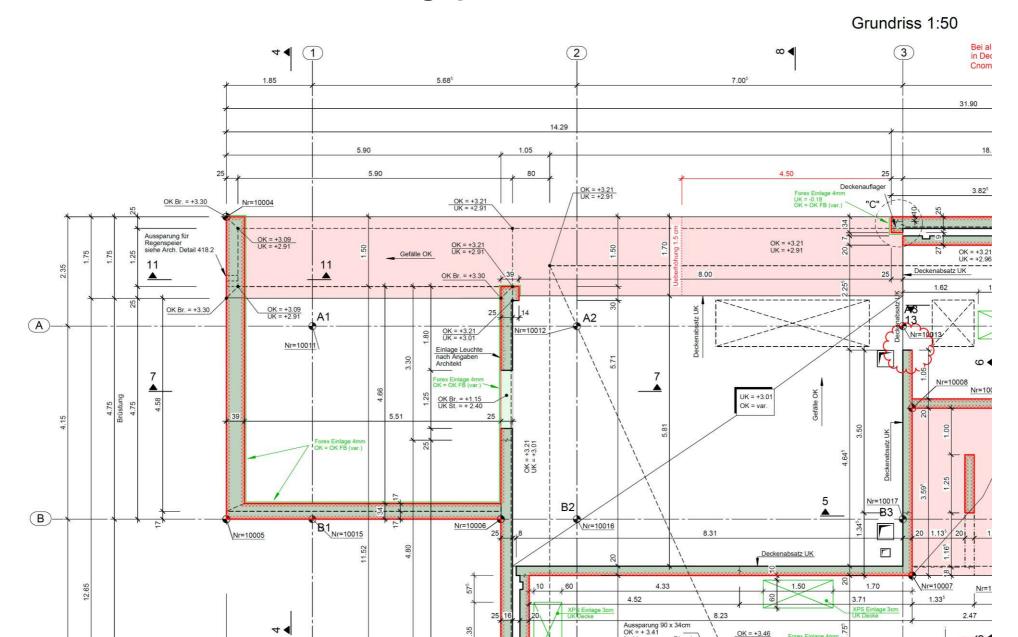
Schlecht ausgeführter Beton

Beton ist anspruchsvoll. Es braucht einiges an Können, Sorgfalt, Erfahrung und Aufwand. Wenn nicht alle Beteiligten (Ingenieur – Bauleiter – Polier – Betonwerk – …) ihre Aufgabe erledigen und am gleichen Strick ziehen, klappt es nicht!





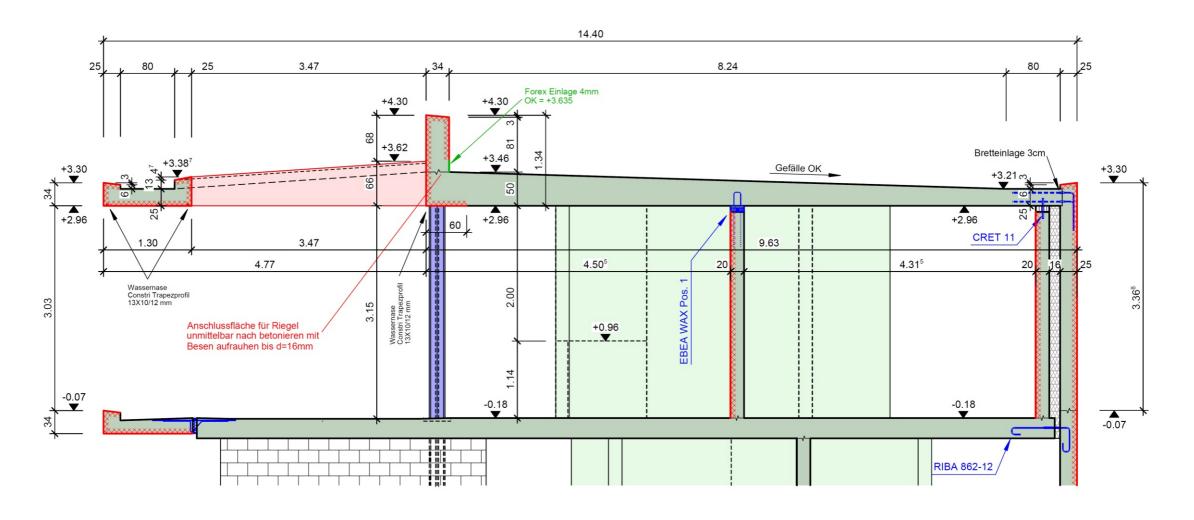
Ausschnitt Schalungsplan einer Decke – Grundriss



02.12.2022

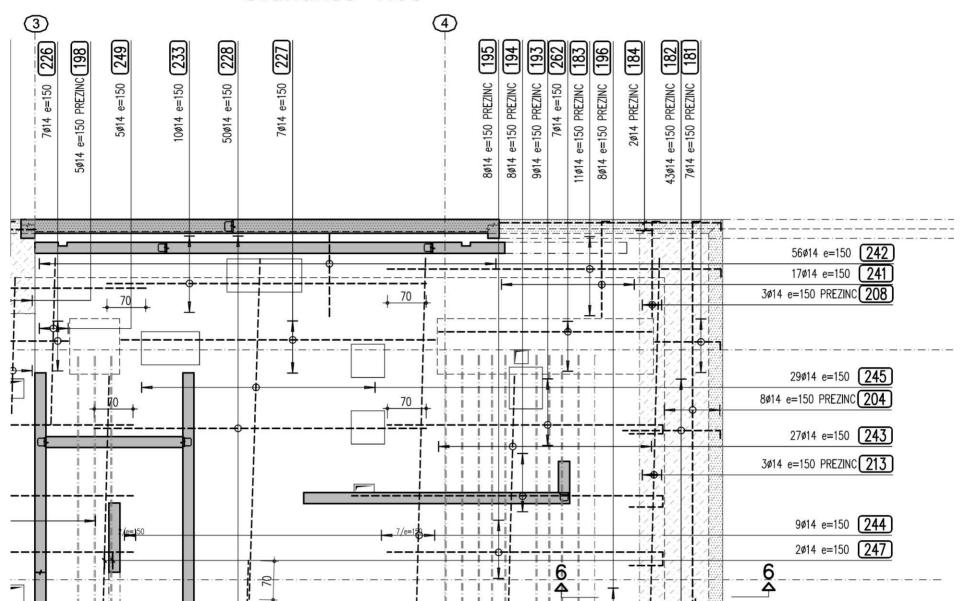
Ausschnitt Schalungsplan einer Decke – Schnitt

Schnitt 2 - 2, 1:50



Ausschnitt Bewehrungsplan einer Decke

Grundriss 1:50



Bewehrungsstahlliste



Betonstahl Prezinc

	FIX- UND LA	GERLÄNGEN	100 to 10 to 10 to 10 to 100 to 100	BEARE	EARBEITET	
[mm]	Länge [m]	Gewicht [kg]	[kg/m]	ø [mm]	Länge [m]	Gewicht [kg]
6	2	027	0.222	6	-	-
8	2:	920	0.395	8		2
10	49.60	30.6	0.617	10	443.34	273.5
12	1712.65	1520.8	0.888	12	2359.28	2095.0
14	434.10	525.3	1,210	14	212.16	256.7
16	72.90	115.2	1.580	16	424.28	670.4
18	36.00	72.0	2.000	18	-	-
20	169.40	418.4	2.470	20	91.00	224.8
22	2	-	2.980	22	2	2
26		192	4.170	26		20
30	-	(*)	5.550	30		-
34	-	-	7.130	34		-
40	2	-	9.870	40	9	-
TOTAL	FIX- UND					
LAGER	LÄNGEN	2682.30 kg	Т	OTAL BEARB	3520.40	

		Bewehr	ungs-Fe	rtigproduk	te (BeP)	
DK/StB BeP	Fabrikat/Typ	Stück	Höhe [cm]	Gesamt Länge [m]	Fuss (DK) mit	Bemerkungen
DK	SUNO	10	6	25.0	ohne	d=20cm unten S. oben a.
DK	SUNO	10	8	25.0	ohne	d=20cm unten S, oben a.
DK	SUNO	10	33	25.0	ohne	d=42-46cm unten S. oben a
DK	SUNO	10	29	25.0	ohne	d=42-46cm unten S. oben a
DK	SUNO	5	61	12.5	ohne	d=73cm unten S. oben i.
DK	SUNO	5	45	12.5	ohne	d=58-52cm unten S. oben a
DH	Art.031.100.130	30	4	75.0		Debrunner Acifer
DH	Art.031.100.120	10	3	25.0		Debrunner Acifer

SEITE:	HLLISTEN-NR.	BETONST		PLAN NR.		AHL	
2	11 734 -505.1		734 -505	11		500B	B
BEMERKUNGE	N WERDEN DIE	FORM(AUSSENMASS BESONDERE ANGAB BETONSTÄHLE NACH ABGEBOGEN	TOTAL LÄNGE	ABGEW. LÄNGE	ø mm	STÜCK- ZAHL	POS.
1. Lage		65 260	26.96	337	12	8	100
	56 57 57		21.60	240	12	9	101
	1+	38	14.67	163	12	9	102
	55 65 294 C	- N	390.60	465	12	84	103
		21 21 50	99.36	108	10	92	104
	115		230.92	251	12	92	105
	115	115 gg 55	62.40	208	12	30	106
	570 \$ 55		59.40	660	14	9	107
	21	460	50.60	460	12	11	108
	21 \Sigma 55		23.20	116	10	20	109
		55 55	36.00	120	10	30	110
	75 8 8		73.60	184	12	40	111
	75	160	240.00	160	12	150	112
Zul	300		27.00	300	18	9	113
		8 75 75	140.27	169	12	83	114

Lehrgerüste

Lehrgerüste sind oft statisch bestimmte Konstruktionen und weisen somit keine Redundanz auf. Die Abnahme eines Lehrgerüstes erfordert entsprechende Erfahrung (keine Aufgabe für Absolventen im Alleingang!).

Typische Problempunkte:

- ungenügende lokale Krafteinleitungen (fehlende Steifen)
- ungenügende horizontale Aussteifung (nach SIA 262 sind Horizontalkräfte von 3% der Vertikallasten an ungünstigster Stelle anzusetzen), kurze Pendelstäbe sind zu vermeiden
- Fundation (Schnittstelle Unternehmer Lehrgerüstunternehmer)



Konventionelles Lehrgerüst (Viadukt Wangen b.O.)



Lehrgerüsteinsturz 1966: Tössbrücke Winterthur

Lehrgerüste

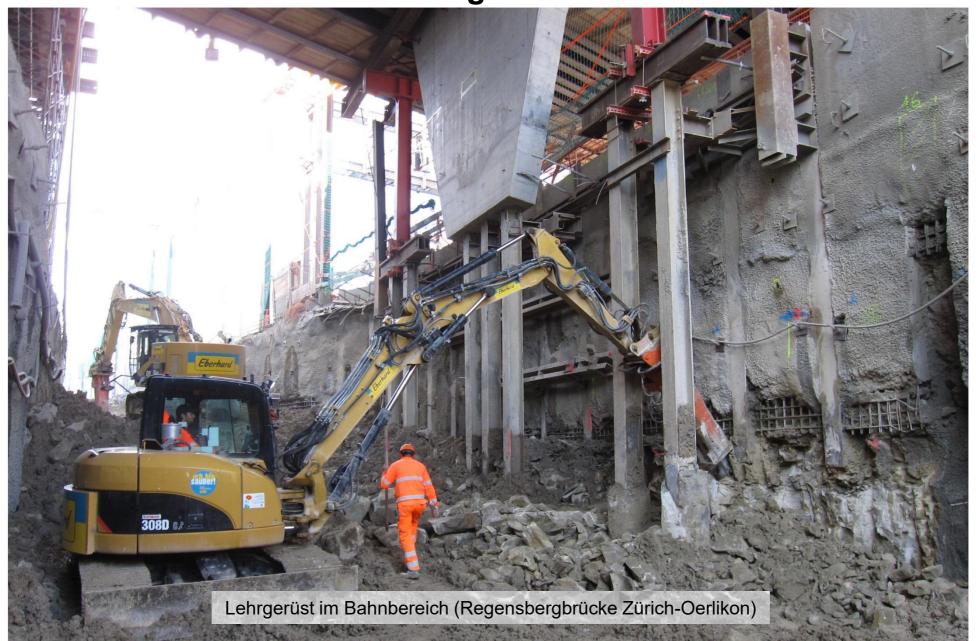








Lehrgerüste



Praxisbeispiele – Triemli Kaminfundament Heizzentrale

Unterbau





Praxisbeispiele – Triemli Kaminfundament Heizzentrale

Anschlussdetail, raumhohe Haustechnikauslässe





Praxisbeispiele – Triemli Kaminfundament Heizzentrale

Bewehrung Torsionsriegel, fertiger Kamin









