



Stichwortverzeichnis

Bauwesen -Taschenbuch

Herausgegeben von Nabil A. Fouad, Wilfried Zapke

ISBN (Buch): 978-3-446-41042-8

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-41042-8>

sowie im Buchhandel.

Damit ergibt sich die statisch erforderliche Höhe der Platte d und unter Berücksichtigung einer Betonüberdeckung $d_1 < 2,5$ cm eine zugehörige Bauhöhe h_{pl} zu:

$$d \geq k_c \cdot \frac{l_i}{\lambda_i} = \left(\frac{20}{20}\right)^{1/6} \cdot \frac{4,80}{21} \approx 0,21 \text{ m} \Rightarrow h_{pl} \geq d + d_1 = 21 + 2,5 = 23,5 \text{ cm}$$

Die statischen Nachweise sind für das höhere Eigengewicht zu wiederholen.

10.5.3.2.2 Nachweis des Unterzuges

Der Unterzug ist ein Zweifeldträger mit den Stützweiten 5,00 m und 8,00 m. Da der Unterzug in konstanter Höhe ausgeführt wird, ist die längere Stützweite maßgebend $l_{\text{eff}} = 7,00$ m. Die Ersatzstützweite l_i ergibt sich für ein Randfeld und die zugehörige Biegeschlankheit λ_i aus Tabelle 10.14:

$$l_i = 0,8 \cdot 7,00 = 5,60 \text{ m} \Rightarrow \lambda_i = 15$$

Damit ergibt sich die statisch erforderliche Höhe des Balkens d und unter Berücksichtigung einer Betonüberdeckung $d_1 < 5,0$ cm eine zugehörige Bauhöhe h_{Ba} zu:

$$d \geq k_c \cdot \frac{l_i}{\lambda_i} = \left(\frac{20}{20}\right)^{1/6} \cdot \frac{5,6}{15} \approx 0,37 \text{ m} \Rightarrow h_{Ba} \geq d + d_1 = 37 + 5 = 42 \text{ cm}$$

Die statisch erforderlichen Bauhöhen für die Platte und den Unterzug sind auch im Hinblick auf die Begrenzung der Durchbiegungen ausreichend.

10.6 Konstruktionsregeln

Bewehrungen, die nach Konstruktionsregeln einzubauen sind, beinhalten Erfahrungswerte mit denen die Qualität und Zuverlässigkeit einer Stahlbetonkonstruktion dauerhaft gesichert werden soll. Im Einzelfall können sich hieraus größere Querschnitte, als aus den Nachweisen zu den Grenzzuständen von Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit, ergeben. Konstruktionsregeln ergeben sich u. a. aus:

- den Anforderungen zur Sicherstellung des Verbundes zwischen Betonstahl und Beton,
- der Berücksichtigung nicht oder nur schwer erfassbarer Eigenspannungen, wie sie sich z. B. aus Betonerhärtung sowie aus Schwinden und Kriechen ergeben,
- den Anforderungen, die für einzelne Bauteile (Balken, Platten, tragende Wände, Stützen) zu stellen sind.

Die wichtigsten Konstruktionsregeln zur Sicherstellung von Dauerhaftigkeit in Balken, Platten, Wänden und Stützen sind nachfolgend zusammengestellt.

10.6.1 Dauerhaftigkeit

Stahlbetonbauteile sind während ihrer Nutzungsdauer mechanischen und chemischen Beanspruchungen ausgesetzt. Beton und Bewehrungsstahl sind deshalb wirksam und dauerhaft zu schützen. Kampen, et al. /10.6/ stellen hierfür mit ihrem Bauteilkatalog eine effiziente Planungshilfe zur Verfügung.

Die Aggressivität der Umgebung kann innerhalb eines Bauwerkes von Bauteil zu Bauteil variieren (z. B. im Grundwasser stehende Fundamente und Decken über trockenen Innenräumen). Sie wird durch die Einteilung in Expositionsklassen bewertet. Hieraus ergeben sich Anforderungen für die Betonherstellung (Betonrezepturen) und die hier interessierenden konstruktiven Vorgaben.

Die Dauerhaftigkeit von Stahlbetonbauteilen wird in Abhängigkeit von der Expositionsklasse durch die Vorgabe einer Mindestfestigkeitsklasse des Betons in Verbindung mit einer ausreichenden Betonüberdeckung der Bewehrung erreicht (Tabelle 10.17). Damit werden der Oberflächenschutz gegen mechanischen Angriff, der Korrosionsschutz der Bewehrung sowie die Verbundtragfähigkeit zwischen Beton und Betonstahl sichergestellt.

Tabelle 10.17 Überdeckungen und Mindestfestigkeitsklassen für ausgewählte Expositionsklassen

Expositionsklasse	Betondeckung in mm			Mindestfestigkeitsklasse des Betons
	c_{\min}	Δc	c_{nom}	
<i>Kein Korrosions- oder Angriffsrisiko</i>				
XC0 Beton ohne Bewehrung	—	—	—	C 12/15
<i>Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Carbonatisierung</i>				
XC1 Trocken oder ständig nass	10	10	20	C 16/20
XC2 Nass, selten trocken	20	15	35	C 16/20
XC3 Mäßige Feuchte	20	15	35	C 20/25
XC4 Wechselnd nass/trocken	25	15	40	C 25/30
<i>Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Chloride (z. B. Taumittel)</i>				
XD1 Mäßige Feuchte	40	15	55	C 30/37
<i>Betonangriff durch Frost bei mäßiger Wassersättigung (Außenbauteile)</i>				
XF1 Ohne Taumittel	—	—	—	C 25/30
XF2 Mit Taumittel	—	—	—	C 35/45
<i>Betonangriff durch chemischen Angriff der Umgebung</i>				
XA1 Chem. schwach angreifend	—	—	—	C 25/30
XA2 Chem. mäßig angreifend	—	—	—	C 35/45
<i>Betonangriff durch Verschleißbeanspruchung (z. B. Befahrung)</i>				
XM1 Mäßig (luftbereift)	—	—	—	C 30/37
XM2 Schwer (Gabelstapler)	—	—	—	C 35/45

Ergänzende Festlegungen – insbesondere zur Betondeckung – werden ggf. im Rahmen von Brandschutzforderungen nach DIN 4102-4 getroffen.

Der Mindestwert der Betonüberdeckung c_{\min} ist je nach Expositionsklasse zu wählen. Zur Sicherstellung des Verbundes zwischen Beton und Betonstahl ist er in jedem Fall größer oder gleich dem verwendeten Durchmesser d_{SL} der Längsbewehrung A_{SL} .

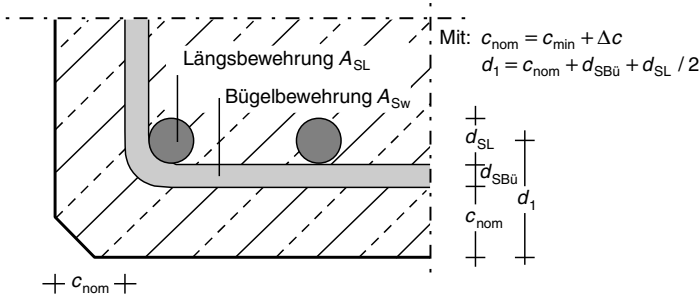


Bild 10.28 Definition und Bezeichnungen für die Betonüberdeckung

zu wählen. Mit dem Vorhaltemaß Δc sollen baustellenbedingte unplanmäßige Verlegungenauigkeiten berücksichtigt werden. Das Verlegemaß der Bewehrung c_v ist so festzulegen, dass das Nennmaß der Betondeckung für alle Bewehrungselemente eingehalten wird ($c_v \geq c_{nom}$).

10.6.2 Verankerung von Betonstahl

10.6.2.1 Der Verbund zwischen Stahl und Beton

Die Qualität des Verbundes zwischen dem zugelassenen, profiliert hergestellten Betonstahl und dem Beton hängt von den Abmessungen des Bauteils, der Betongüte und des Betonstahls bezogen auf den Betoniervorgang ab.

Beim Erhärten des Betons tritt teilweise eine Entmischung zwischen dem schweren Korngerüst und der leichten noch flüssigen Zement-Wasser-Suspension ein. An der Oberseite horizontal verlegter Bewehrungsstäbe ist deshalb generell von schlechteren Verbundeigenschaften auszugehen. Dieser Effekt ist umso größer, je dicker ein Bauteil ist (oder je länger der Aushärtungsprozess dauert) und umso näher der Bewehrungsstab an der Oberfläche liegt.

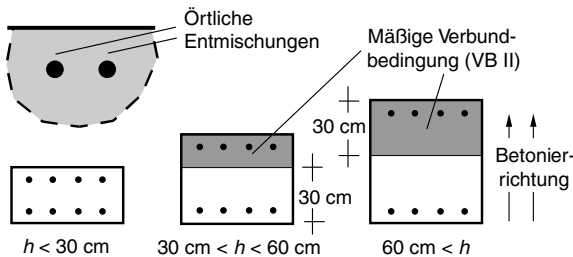


Bild 10.29 Definition gute und mäßige Verbundbedingungen

Der EC 2 berücksichtigt das, indem zwischen guten (VB I) und mäßigen (VB II) Verbundbedingungen unterschieden wird. Bild 10.29 zeigt die anzusetzenden Verbund-

bedingungen. Unten liegende Bewehrung und Bewehrungsstäbe, die steiler als 45° eingebaut werden (Bügel), liegen generell im VB I. Bei Bauteilen, die dicker als 30 cm sind, befindet sich die oben liegende Bewehrung im VB II.

■ 10.6.2.2 Das Grundmaß der Verankerungslänge $l_{b,rqd}$

Die Tragfähigkeit von Stahlbeton ergibt sich aus dem Zusammenwirken von Stahl und Beton. Bewehrung und Beton weisen örtlich im Querschnitt die gleichen Dehnungen auf. Dabei werden Kräfte zwischen Beton und Stahl übertragen. Der Verbund ist sichergestellt, wenn die an der Oberfläche der Bewehrung aktivierten Verbundspannungen mit den Normalspannungen im Bewehrungsquerschnitt im Gleichgewicht stehen. Die Verbundspannungen σ_{bd} hängen von der Betongüte und der Verbundbedingung (Bild 10.29) ab. Die maximal übertragbare Kraft ergibt sich aus der Bemessungszugfestigkeit F_{Sd} des Bewehrungsstahles.

Rechnerisch tritt das Versagen ein, wenn der Bemessungswert der vom Beton aufnehmbaren Verbundspannungen σ_{bd} überschritten wird. Für Bewehrungen mit Kreisquerschnitt errechnet sich aus dieser Bedingung das Grundmaß der Verankerungslänge $l_{b,rqd}$. Es wird als ein Vielfaches des Stabdurchmessers \varnothing angegeben.

$$l_{b,rqd} \cdot \pi \cdot \varnothing \cdot \sigma_{bd} = F_{Sd} = \pi \cdot \frac{\varnothing^2}{4} \cdot f_{yd}, \quad l_{b,rqd} = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \tag{10.52}$$

Eine Auswertung der Gl. (10.52) ist in der Tabelle 10.1 ausgeführt.

■ 10.6.2.3 Bügel und Querkraftbewehrung

Die Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrung erfolgt in der Regel durch rechtwinklige Winkelhaken (1) oder durch einfache Haken (2). Der Stabstahl wird über eine Biegerolle gebogen, deren Durchmesser d_{br} genormt ist. Eine weitere Alternative ist das Aufschweißen von Querstäben (3).

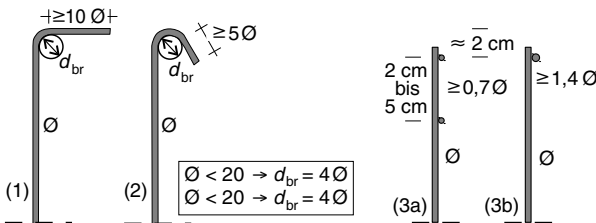


Bild 10.30 Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrung

Wegen der Rissbildung im Beton sind für die Bügelverankerung unterschiedliche konstruktive Ausführungen in der Zug- und Druckzone des Querschnitts erforderlich. In der Druckzone erfolgt die Verankerung zwischen dem Schwerpunkt der Druckzone und dem Druckrand. In der Zugzone erfolgt die Verankerung möglichst nahe am Zugrand.

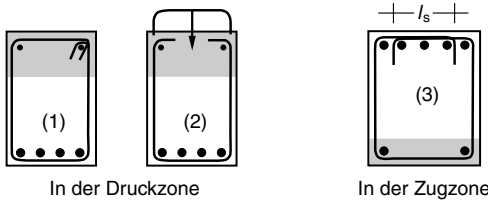


Bild 10.31 Schließen der Querkraftbewehrung (Bügel) in Balken

Einige Regelausbildungen sind in Bild 10.31 zusammengestellt. In der Druckzone werden die Bügel mit Haken (1) oder Winkelhaken (2, hier als Kappenbügel dargestellt) geschlossen. In der Zugzone werden meist Winkelhaken verwendet, wobei eine Übergreifungslänge l_s einzuhalten ist. Bügel umschließen immer die Längsbewehrung in der Zugzone des Querschnitts.

10.6.3 Konstruktionsregeln für einzelne Bauteile

10.6.3.1 Balken und Plattenbalken

Balken sind auf Biegung beanspruchte Stabtragwerke. Aus breiten Balken werden Platten, wenn $b \geq 4 \cdot h$ ist.

Mindest- und Höchstwerte

Für die Biegezugbewehrung A_{sl} in Balkenlängsrichtung sind Mindest- und Höchstwerte einzuhalten, wobei W_c das Widerstandsmoment des ungerissenen Betons ist und die Betonparameter f_{ctm} und ρ aus der Tabelle 10.1 zu entnehmen sind. An den Endauflagern von Durchlaufträgern ist mindestens 25 % der Feldbewehrung zu verankern (Abschnitt 10.4.2.3).

$$\frac{f_{ctm} \cdot W_c}{f_{yk} \cdot z} \geq A_{sl} \geq 0,08 \cdot A_c, \quad \frac{A_{sw}}{s_w} \geq \rho \cdot b_w \tag{10.53}$$

Eine Mindestquerkraftbewehrung A_{sw} (hier: senkrechte Bügel) ist in Balken und Plattenbalken immer einzubauen, selbst wenn $V_{Ed} < V_{Rd,ct}$ ist (vgl. Beispiel 10.4.2.4.1).

Damit die Bügel im Sinne der Fachwerkanalogie zuverlässig wirken können, sind in Balkenlängs- und Querrichtung die Bügelabstände in Abhängigkeit zur jeweils wirkenden Querkraft V_{Ed} zu begrenzen.

Tabelle 10.18 Größte Längs- und Querabstände von Bügeln

Querkraftausnutzung	Längsabstand s_w in cm	
	C 12/15 bis C 50/60	Querabstand s_{wq} in cm C 12/15 bis C 50/60
$V_{Ed} \leq 0,30 \cdot V_{Rd,max}$	$0,70 \cdot h$ bzw. 30	h bzw. 80
$0,30 \cdot V_{Rd,max} < V_{Ed} \leq 0,60 \cdot V_{Rd,max}$	$0,50 \cdot h$ bzw. 30	h bzw. 60
$V_{Ed} > 0,60 \cdot V_{Rd,max}$	$0,25 \cdot h$ bzw. 20	h bzw. 60

10.6.3.2 Platten

Zweiachsig gespannte Rechteckplatten tragen Lasten in zwei Richtungen ab, wobei der größere Lastanteil entlang der kürzeren Stützweite abgetragen wird. In dieser Richtung liegt die Hauptlängsbewehrung A_{sl} ; senkrecht dazu ist die Querbewehrung A_{sq} eingebaut. Es sind Mindest- und Höchstwerte der Bewehrung einzuhalten. Die Abstände der Längsbewehrung $s_{l,max}$ und der Querbewehrung $s_{q,max}$ sind zu begrenzen, wobei Zwischenwerte interpoliert werden können.

$$\frac{f_{ctm} \cdot W_c}{f_{yk} \cdot z} \geq A_{sl} \geq 0,08 \cdot A_c, \quad A_{sq} \geq 0,2 \cdot erf A_{sl} \tag{10.54}$$

$$\begin{aligned} h \geq 25 \text{ cm} \quad & s_{l,max} = 25 \text{ cm} \quad s_{q,max} = 25 \text{ cm} \\ h \leq 15 \text{ cm} \quad & s_{l,max} = 15 \text{ cm} \quad s_{q,max} = 25 \text{ cm} \end{aligned}$$

Platten erhalten somit in der Regel eine orthogonale Netzbewehrung, für deren Verlegung Betonstahlmatten eingesetzt werden. Einige konstruktiv für Platten vorzusehende Bewehrungen sind nachfolgend in Bild 10.32 dargestellt.

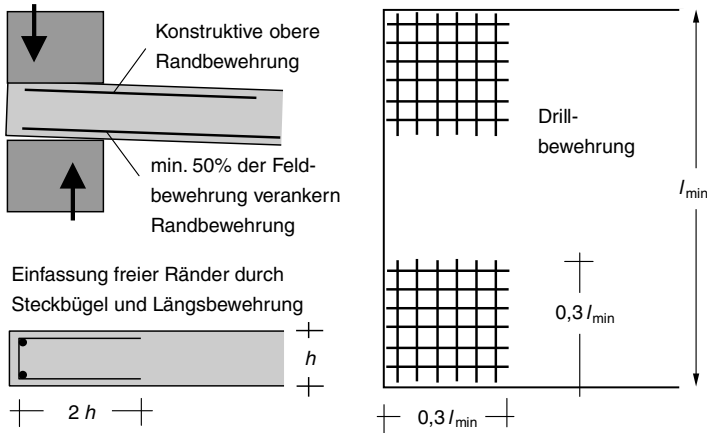


Bild 10.32 Konstruktionsregeln bei Platten (Drill- und Randbewehrung/Randeinfassung)

Ein freier, ungestützter Plattenrand wird durch Steckbügel und Längsbewehrung konstruktiv eingefasst. An den End-Auflagern erhalten Zwischendecken durch die exzentrische Pressung der oberen und unteren Wände eine in der Berechnung nicht erfasste ungewollte Einspannung. Hier wird konstruktiv eine oben liegende Randbewehrung eingelegt. Sie umfasst 25 % der Feldbewehrung; ihre Länge entspricht 25 % der Feldlänge.

An den End-Auflagern ist mindestens 50 % der Feldbewehrung zu verankern.

An den Ecken von Zwischendecken, in denen sich zwei End-Auflager schneiden ist auf der Ober- und Unterseite der Platte eine Netzbewehrung (Drillbewehrung) vorzusehen. Der Bewehrungsquerschnitt entspricht in beiden Richtungen der zugehörigen

maximalen Feldbewehrung und wird von der Ecke ausgehend auf 30 % der Feldlänge eingebaut.

Platten im üblichen Hochbau werden so dimensioniert, dass statisch keine Querkraftbewehrung erforderlich wird. Anders als bei Balken muss in Platten ($b/h < 5$) keine Mindestquerkraftbewehrung eingebaut werden (vgl. Beispiel 10.4.2.4.1).

Die Mindestdicke für Vollplatten aus Ortbeton beträgt $h \geq 70$ mm. Falls eine Querkraftbewehrung statisch erforderlich wird, so beträgt die Mindestdicke $h \geq 160$ mm.

■ 10.6.3.3 Stützen

Stützen sind stabförmige Druckglieder. Man spricht von Wänden, wenn $b \geq 5 \cdot h$ ist und h die kürzere Seite ist. Für rechteckige Ortbetonstützen gilt $h \geq 20$ cm.

Rechteckstützen werden in jeder Ecke mit einem Längsstab; Kreisstützen mit mindestens 6 Längsstäben bewehrt. Hinsichtlich der einzubauenden Stabdurchmesser d_{sl} , Stababstände s und Bewehrungsquerschnitte A_{sl} gilt außerdem:

$$d_{sl} \geq 12 \text{ mm}, \quad s \leq 30 \text{ cm}, \quad \frac{0,15 \cdot |N_{Ed}|}{f_{yd}} \leq A_{sl} \leq 0,09 \cdot A_c \quad (10.55)$$

Die Querbewehrung sind Bügel, die die Längsbewehrung umschließen. Hinsichtlich der einzubauenden Stabdurchmesser d_{sq} und der Bügelabstände s_w gilt:

$$\begin{aligned} d_{sq} &\geq 6 \text{ mm} & s_w &\leq 12 \cdot d_{sl} \\ d_{sq} &\geq 0,25 \cdot d_{sl} & s_w &\leq h \\ & & s_w &\leq 30 \text{ cm} \end{aligned} \quad (10.56)$$

Die Querbewehrung verhindert das Ausknicken der gedrückten Längsstäbe. In jeder Ecke können durch einen Bügel bis zu 5 Stäbe gegen Knicken gesichert werden, wenn sie hinreichend nahe an der Ecke angeordnet sind (Bild 10.33). Liegen die Stäbe im größeren Abstand, so sind sie zusätzlich durch Querbewehrung zu sichern.

10

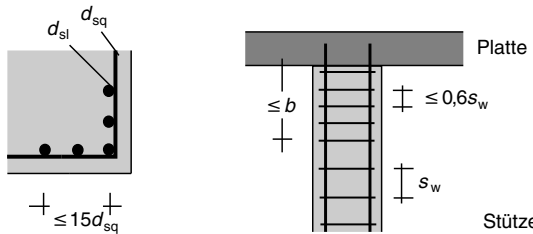


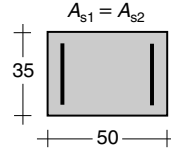
Bild 10.33
Konstruktionsregeln bei Stützen (Ecke und Stützenkopf)

Unmittelbar über und unter Balken und Platten ist der Abstand der Querbewehrung zu reduzieren.

■ 10.6.3.4 Bemessungsbeispiel

Im Abschnitt 10.4.3.3 wurde eine 4,75 m hohe Stahlbetonstütze bemessen. Für die Längsbewehrung wurden $\varnothing 20$ verwendet. Der Stützenquerschnitt ist rechteckig ($h/b = 35/50$ cm) und wird symmetrisch bewehrt.

Geg.: Mindestbewehrung der Stütze bei
 $N_{Ed} = 2500 \text{ kN}$ (Druck)



Die Längsbewehrung liegt in folgenden Grenzen:

$$\frac{0,15 \cdot 2500}{43,5} = 8,62 \text{ cm}^2 = \frac{0,15 \cdot |N_{Ed}|}{f_{yd}} \leq A_{s1} \leq 0,09 \cdot A_c = 157,5 \text{ cm}^2 = 0,09 \cdot 35 \cdot 50$$

Gewählt: In den Ecken jeweils 1 $\varnothing 20$ (vorh $A_s = 12,6 \text{ cm}^2$)
 zzgl. in Mitte der langen Seiten je 1 $\varnothing 20$ (Mindestabstand)

Für die Querbewehrung ergibt sich der zulässige Höchstabstand zu:

$$s_w \leq 12 \cdot d_{s1} = 12 \cdot 20 = 240 \text{ mm}$$

Gewählt: Bügel $\varnothing 10$, $s_w = 24 \text{ cm}$
 am Anschluss zum Balken/Platte $s_w = 14 \text{ cm}$

10.7 Bewehrungskonstruktion am Durchlaufträger

Am Beispiel des im Abschnitt 10.3.3 behandelten Zweifeldträgers soll die Längs- und Querkraftbewehrung unter Berücksichtigung der Konstruktionsregeln für Balken bestimmt werden.

10.7.1 System und Bemessungsschnittgrößen

Der Zweifeldträger hat eine „statische Länge“ von $5,00 \text{ m} + 7,00 \text{ m} = 12,00 \text{ m}$. Seine wirkliche Länge beträgt unter Berücksichtigung der Auflagertiefen $12,40 \text{ m}$. Die errechneten Verläufe der Bemessungsschnittgrößen Moment (Bild 10.7) und Querkraft (Bild 10.8) werden den weiteren Betrachtungen zugrunde gelegt.

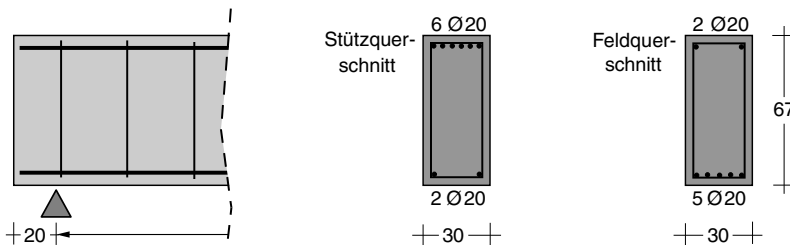


Bild 10.34 Bewehrungskonstruktion am Durchlaufträger/Details

Die Nachweise im GZT wurden für min/max Stütz- und Feldmomente sowie für die Querkraft in den Abschnitten 10.4.1.5 und 10.4.2.4 geführt. Der Rechteckquerschnitt ($b/h/d = 30/67/62 \text{ cm}$; Betongüte C 20/25) ist als statisch ausreichend nachgewiesen. Er erfüllt zudem die Nachweise des GZG (Rissbreitenbegrenzung und Durchbiegung).

Es soll nun die Bewehrung entlang der gesamten Balkenlänge konstruiert werden.