

6 Konstruktionsregeln

6.1 Längsbewehrung bei biegebeanspruchten Bauteilen

6.1.1 Zugkraftdeckung

Das Stahlbetonbauteil wird zunächst für Biegemomente und Längskräfte an der Stelle der maximalen Beanspruchung bemessen (vgl. Kap. 3). Hierfür wird die maximal erforderliche Bewehrung bestimmt. Diese Maximalbeanspruchung tritt nur an einer Stelle auf. An anderen Abschnitten des Bauteils ist daher eine geringere Biegebewehrung erforderlich. Mit Hilfe der Zugkraftdeckung wird sichergestellt, dass die vorhandene Zugkraft an jeder Stelle des Bauteils durch gestaffelte Bewehrung sicher abgedeckt wird.

Wenn die Schnittgrößenermittlung durch eine linear-elastische Berechnung nach DIN EN 1992-1-1, 5.4 durchgeführt wird, braucht die Zugkraftdeckung nur im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) überprüft werden. Andernfalls ist dieser Arbeitsschritt zusätzlich auch im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) durchzuführen.

Die Zugkraftlinie ist die in Richtung der Bauteilachse um das Versatzmaß a_l verschobene $(M_{Eds}/z + N_{Ed})$ -Linie und stellt eine Umhüllende der maximal möglichen Zugkraft F_{sd} unter Berücksichtigung der Auswirkungen von geneigten Rissen (vgl. Fachwerkmodell zur Querkraftabtragung, Kap. 4) in Stegen und Gurten dar. M_{Eds} ist dabei das auf die Schwerachse der Biegezugbewehrung bezogene Moment und N_{Ed} die Längskraft. Längszugkräfte ($N_{Ed} > 0$) müssen, Längsdruckkräfte ($N_{Ed} < 0$) dürfen bei der Zugkraftlinie berücksichtigt werden.

Bereits im Zusammenhang mit Bild 4.15 (Kap. 4) wurde darauf hingewiesen, dass aufgrund des Fachwerkmodells zur Querkraftabtragung dessen horizontale Gurtkräfte, die bereits bei der Biegebemessung nachgewiesen worden sind, korrigiert werden müssen. Das Maß für diese Korrektur ergibt sich aus dem Betrag

$$\Delta F_{sd} = 0,5 \cdot |V_{Ed}| \cdot (\cot \theta - \cot \alpha),$$

der auf der Zugseite zu größeren Zuggurtkräften führt, als wenn diese allein aus $F_{sd} = M_{Ed}/z$ ermittelt worden wären. Für die Bewehrungsführung auf der Zugseite bedeutet diese Korrektur, dass die erforderliche Bewehrungsmenge um das Versatzmaß

$$a_l = 0,5 \cdot z \cdot (\cot \theta - \cot \alpha) \geq 0$$

in Richtung der Auflager und damit in Richtung des zahlenmäßig größer werdenden Querkraft horizontal verschoben werden muss (vgl. auch DIN EN 1992-1-1, 9.2.1.3). Direkt am Auflager verbleibt eine Restzugkraft

$$F_{sd,R} = \Delta F_{sd} = V_{Ed} \cdot (a_l/z) + N_{Ed} \geq V_{Ed} / 2 ,$$

die hier ausreichend und in geeigneter Form verankert werden muss. Dabei ist

- θ der Winkel zwischen Betondruckstreben und Bauteilachse,
- α der Winkel zwischen Querkraftbewehrung und Bauteilachse,
- z der innere Hebelarm, der im Allgemeinen mit $z \approx 0,9 \cdot d$ angesetzt werden darf.

Bei Platten ohne Querkraftbewehrung ist das Versatzmaß stets anzunehmen mit

$$a_l = 1,0 \cdot d$$

Um die Zugkraftdeckung sicherzustellen, wird zunächst der $(M_{Eds}/z + N_{Ed})$ -Verlauf entlang der Stabachse aufgetragen werden (Bild 6.1, Linie A). Durch Verschiebung dieser Linie um das Versatzmaß a_1 in ungünstiger Richtung entwickelt sich der Verlauf der maßgebenden Zugkraft F_{sd} unter Berücksichtigung geneigter Risse (Linie B). Zeichnet man um die zu deckende Zugkraftlinie die von der Bewehrung aufnehmbare Zugkräfte auf, so entsteht die Zugkraftdeckungslinie. Sie darf an keiner Stelle in die zu deckende Zugkraftlinie einschneiden. Ein Bewehrungsstab darf also erst dann rechnerisch enden, wenn die Zugkraftdeckungslinie mindestens um das Maß der aufnehmbaren Stahlzugkraft dieses Stabes über der zu deckenden Zugkraftlinie liegt (vgl. Linie C).

Im Gegensatz zu dieser Darstellung lässt die DIN EN 1992-1-1, 9.2.1.3 zu, die Tragfähigkeit der Stäbe innerhalb der Verankerungslänge l_{bd} unter Annahme eines linearen Kraftverlaufs zu berücksichtigen.

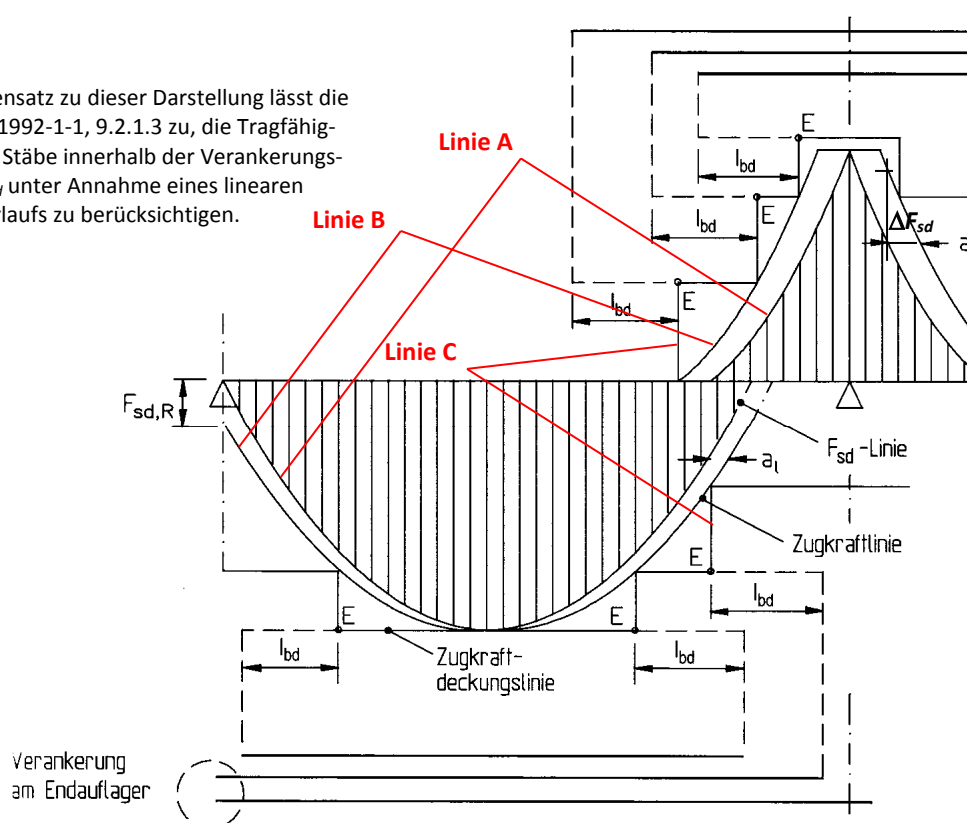


Bild 6.1: Darstellung der gestaffelten Längsbewehrung unter Berücksichtigung geneigter Risse

Der Sprung in der Zugkraftdeckungslinie kennzeichnet das rechnerische Ende E des Bewehrungsstranges. Das tatsächliche Ende erhält man, indem die Stablänge um die Verankerungslänge l_{bd} verlängert wird. Es ist darauf zu achten, dass mindestens ein Viertel der Feldbewehrung bis zum Auflager geführt wird und dort verankert wird. Die Zugkraftdeckungslinie braucht nur bis zum theoretischen Bauteilende geführt werden.

Am Endauflager ergibt sich durch den Versatz der $(M_{Eds}/z + N_{Ed})$ -Linie eine Restzugkraft in der Größe von

$$F_{sd,R} = V_{Ed} \cdot (a_1/z) + N_{Ed} \geq V_{Ed} / 2 ,$$

die hier entsprechend den nachfolgenden Regeln ausreichend verankert werden muss:

- Die Verankerungslänge l_{bd} beginnt am Auflager und ist mindestens über die rechnerische Auflagerlinie zu führen. Bei direkter Auflagerung darf der Querdruck berücksichtigt werden, bei indirekter Auflagerung nicht (vgl. Bild 6.2). Die erforderliche Bewehrung ergibt sich aus $A_{s,rqd} = F_{sd,R}/f_{yd}$.

- Die erforderliche Betondeckung zur Stirnfläche des Balkens hin ist einzuhalten. Reicht die zur Verfügung stehende Länge für gerade Stabenden nicht aus, so sind die in Tab. 5.5 aufgeführten Verankerungselemente zu verwenden. Ggf. ist durch eine erhöhte Bewehrungsmenge $A_s > A_{s,rqd}$ oder durch Zulagebewehrung (z.B. in Form von Schlaufen) die rechnerisch erforderliche Verankerungslänge l_{bd} auf das zur Verfügung stehende Maß (unter Beachtung von $l_{b,min}$) zu vermindern.

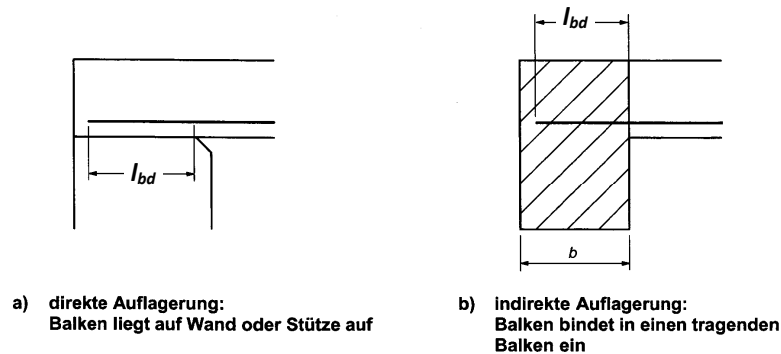


Bild 6.2: Verankerung der unteren Bewehrung an Endauflagern

Am Zwischenaufleger ist – sofern sich auch dort eine Restzugkraft einstellt – analog zu verfahren. In der Regel ist jedoch aufgrund des Momentenverlaufes ($M_{Ed} < 0$) keine Restzugkraft zu erwarten. Unabhängig davon sind nachfolgende Bewehrungsregeln zu beachten (vgl. dazu Bild 6.3):

- Es ist mindestens ein Viertel der Feldbewehrung über das Auflager zu führen.
- Die Verankerungslänge l_{bd} muss – Querdruck vorausgesetzt – mindestens $6 \cdot d_s$ (für gerade Stäbe) oder mindestens einen Biegerollendurchmesser (für Haken und Winkelhaken mit $d_s \geq 16$ mm) oder dem zweifachen Biegerollendurchmesser (in allen anderen Fällen) betragen.
- Eine Bewehrung zur Aufnahme positiver Momente ist durchlaufend auszuführen (z.B. durch gestoßene Stäbe, mittleres oder rechtes Teilbild).

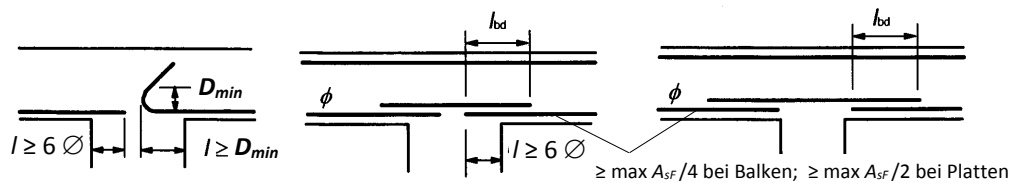


Bild 6.3: Verankerung an Zwischenauflagern

Die Verankerung von gestaffelter Längsbewehrung außerhalb von Auflagern erfolgt durch Weiterführung des Bewehrungsanteils über den rechnerischen Endpunkt E (Bild 6.1) hinaus um das Maß l_{bd} gemäß Kap. 5.4.2 (dazu auch Beispiel 5.4). Die Verankerungslänge von aufgebogenen Stäben zur Aufnahme von Schubkräften muss in der Zugzone mindestens $1,3 \cdot l_{bd}$, in der Druckzone mindestens $0,7 \cdot l_{bd}$ betragen. Sie wird vom Schnittpunkt zwischen den Achsen des aufgebogenen Stabs und der Längsbewehrung aus gemessen. Auch bei gestaffelter Bewehrung ist auf eine symmetrische Anordnung der Längseisen im Querschnitt zu achten.

Hinweis: Abweichend von Bild 6.1 erlaubt die DIN EN 1992-1-1 (vgl. dort Bild 9.2), die Tragfähigkeit der Stäbe innerhalb der Verankerungslänge unter Annahme eines linearen Kraftverlaufes zu berücksichtigen, was zu einer spürbaren Verkürzung der Stablängen der zugelegten Stäbe im Feld führt.

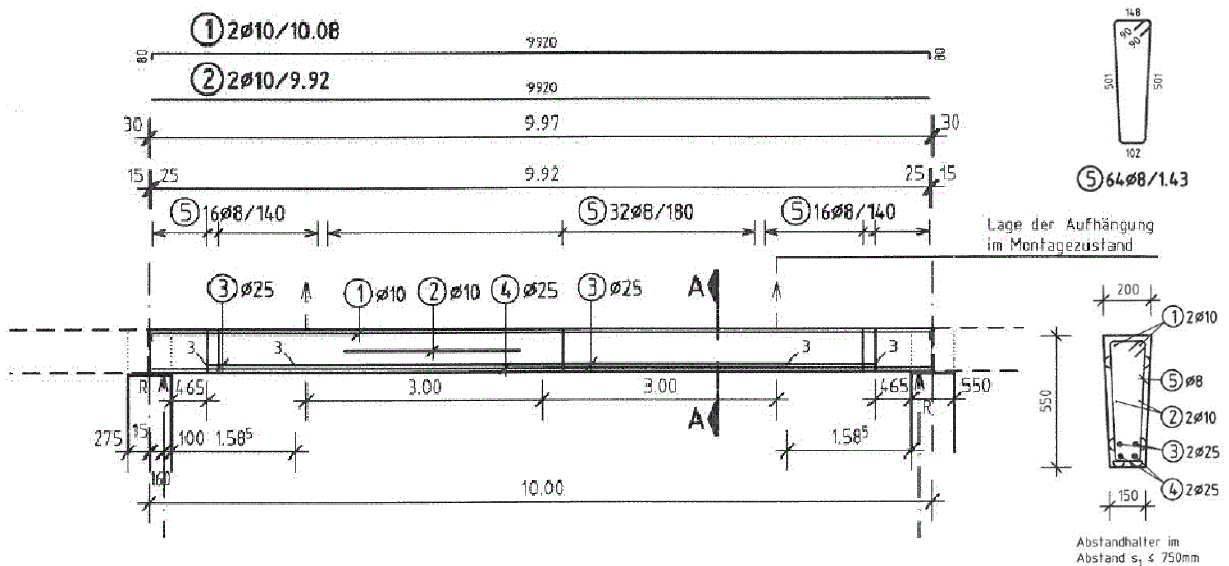
Beispiel 6.1: Darstellungsbeispiel für Zugkraftdeckungsline mit Überprüfung der Verankerungen

Gegeben: (vgl. „Beispiele zur Bemessung nach Eurocode 2, Band 1: Hochbau; Seite 5-2 ff., Hrsg.: Deutscher Beton- und Bautechnik Verein e.V.; Verlag Ernst & Sohn, 2011 Berlin)

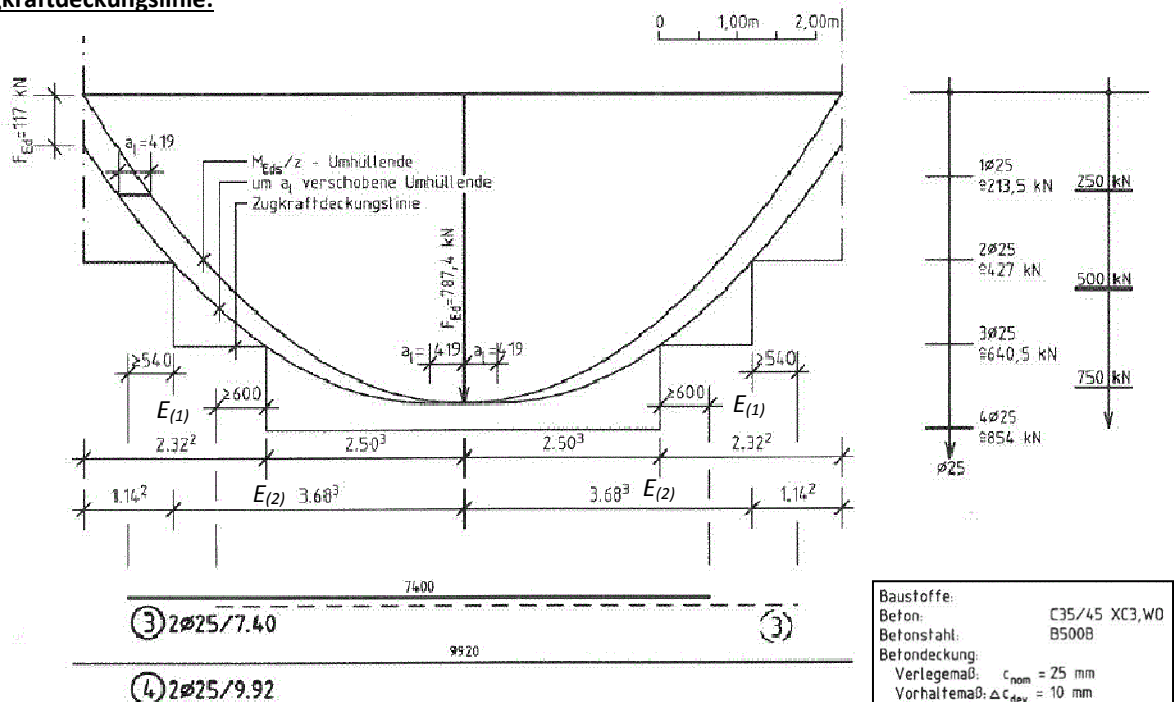
Einfeldriger, beidseits gelenkig gelagerter Fertigteil-Binder als Teil einer Dachkonstruktion einer offenen Lagerhalle; trapezförmiger Querschnitt mit $h/b_o/b_u = 55/20/15$ cm und einer Nutzhöhe von $d = 48$ cm bei zweilagiger Längsbewehrung; maßgebende Expositionsklassen sind XF1 und XC3; Materialgüten: C 35/45 und BSt 500B (hochduktil);

Die Bemessungslast von $e_d = g_d + q_d = 25,07$ kN/m ergibt ein maximales Biegemoment in Feldmitte von $\max M_{Ed} = 292$ kNm. Die Biegebemessung ergibt: $A_{s,prov} = 4 \text{ } \varnothing 25 = 19,6 \text{ cm}^2 \geq A_{s,rqd} = 18,1 \text{ cm}^2$.

Längsschnitt:



Zugkraftdeckungsline:



- gesucht:
- Berechnung der max. Zugkraft in der Hauptbewehrung und des Versatzmaßes
 - Überprüfung auf ausreichende Verankerung am Endauflager
 - Überprüfung der Verankerung im Feld (erf. Länge der Stahlpositionen 3 und 4)

zu a) zu verankernde Zugkraft am Auflager

Es muss mindestens 25% der erforderlichen Feldbewehrung von Auflager zu Auflager durchgeführt werden:

im Feld: $A_{s,prov} = 4 \cdot \varnothing 25 = \underline{19,6 \text{ cm}^2} \geq A_{s,rqd} = 18,1 \text{ cm}^2$

im Auflager: $2 \cdot \varnothing 25 = 9,82 \text{ cm}^2 \geq 18,1/4 = 4,53 \text{ cm}^2 \checkmark$

zu verankernde Zugkraft: $F_{sd,R} = V_{Ed,0} \cdot a_l/z + N_{Ed} \geq V_{Ed}/2$

Versatzmaß: $a_l = 0,5 \cdot z \cdot (\cot\theta - \cot\alpha)$

Mit $\alpha = 90^\circ$ und $\theta = 27,5^\circ$ (aus Querkraftbem. „genau“ ermittelt) folgt:

$$a_l = 0,5 \cdot 0,9 \cdot 48,0 \cdot (1,92 - 0) = \underline{41,5 \text{ cm}}$$

$$\rightarrow F_{sd,R} = 121,0 \cdot 41,5 / (0,9 \cdot 48) + 0 = \underline{117 \geq 60,5 \checkmark}$$

zu b) ausreichende Verankerung am Endauflager

erforderliche Bewehrung zur Verankerung der Restzugkraft:

$$A_{s,rqd} = F_{sd,R} / f_{yd} = 117 / 43,48 = \underline{2,69 \text{ cm}^2} \leq 9,82 \text{ cm}^2 \checkmark$$

Basiswert der Verankerungslänge (guter Verbundbereich; $d_s \leq 32 \text{ mm}$):

$$l_{b,rqd,y} = \frac{d_s}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} = \frac{2,5}{4} \cdot \frac{43,48}{0,34} = \underline{80,0 \text{ cm}}$$

Erforderliche Verankerung am Endauflager (Querdruck wird berücksichtigt):

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd,y} \cdot \frac{A_{s,rqd}}{A_{s,prov}} \geq \frac{2}{3} \cdot l_{b,min}$$

- mit
- $\alpha_1 = 1,0$ (Verankerung mit geradem Stabende)
 - $\alpha_2 = 1,0$ (ohne weiteren Nachweis, auf sicherer Seite liegend)
 - $\alpha_3 = 1,0$ (ohne weiteren Nachweis, auf sicherer Seite liegend)
 - $\alpha_4 = 1,0$ (keine Reduktion wegen fehlender angeschw. Querstäbe)
 - $\alpha_5 = 1,0 - 0,04 \cdot [121 \cdot 10^3 / (100 \cdot 100)] = 0,516 \geq 0,7 \rightarrow \underline{\alpha_5 = 0,7}$

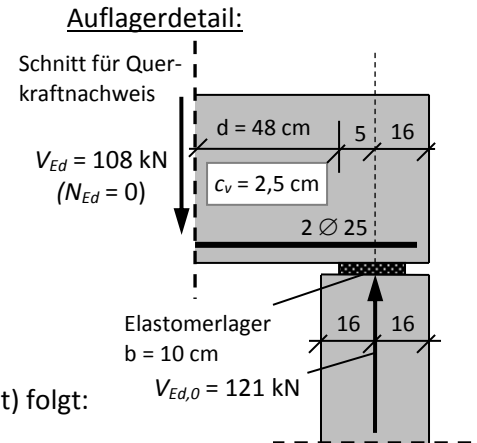
$$l_{b,min} = \max \{0,3 \cdot 80; 10 \cdot 2,5; 10\} = \underline{25,0 \text{ cm}}$$

$$l_{bd} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,70 \cdot 80,0 \cdot \frac{2,69}{9,82} = \underline{15,3 \text{ cm}} \geq 16,8 \text{ cm} = \frac{2}{3} \cdot l_{b,min}$$

gewählt: Stab wird um 18,5 cm hinter die Auflagervorderkante des Elastomerlagers nach rechts weitergeführt. Betondeckung wird vor Stirnfläche eingehalten: $l_{bd,prov} = \underline{18,5 \text{ cm}} > 16,8 \text{ cm}$

zu c) Verankerung im Feld

Die Längsbewehrung wird mit 2 $\varnothing 25$, dann 3 $\varnothing 25$ und schließlich mit 4 $\varnothing 25$ gestaffelt.



Die Stäbe der gestaffelten Biegebewehrung sind im Feld vom Punkt E der Zugkraftdeckungsline aus um das Maß l_{bd} zu verankern. Mit $\alpha_1 = 1,0$ (gerades Stabende) und $l_{b,rqd,y} = 80$ cm ergibt sich

- für $E_{(1)}$ bei einer Staffelung von 2 auf 3 $\varnothing 25$: ($\alpha_{2,3,4,5} \leq 1,0$):

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot l_{b,rqd,y} \cdot A_{s,rqd} / A_{s,prov} = 1,0 \cdot 80 \cdot 2/3 = \underline{54,0 \text{ cm}} \geq 25,0 = l_{b,min}$$

- für $E_{(2)}$ bei einer Staffelung von 3 auf 4 $\varnothing 25$: ($\alpha_{2,3,4,5} \leq 1,0$):

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot l_{b,rqd,y} \cdot A_{s,rqd} / A_{s,prov} = 1,0 \cdot 80 \cdot 3/4 = \underline{60,0 \text{ cm}} \geq 25,0 = l_{b,min}$$

Die Mindest-Stablänge für Pos 3 errechnet sich zu $l_{rqd} = 54 + 368,3 + 250,3 + 60 = \underline{733 \text{ cm}}$.

Gewählt: $l_{prov} = 740 \text{ cm} \geq 733 \text{ cm}$; Stabanfang jeweils ca. 57 cm von der rechnerischen Auflagerachse entfernt.

6.1.2 Mindestlängsbewehrung und Höchstbewehrung

Zusätzlich zur Ermittlung der statisch erforderlichen Biegezugbewehrung (vgl. Kap. 3) muss gemäß DIN EN 1992-1-1, 9.2.1.1 nachgewiesen werden, dass damit ein Mindestmaß nicht unterschritten bzw. ein Höchstmaß an Bewehrung nicht überschritten wird.

Die Mindestbewehrung soll ein duktilen Bauteilverhalten sicherstellen, indem durch Einlegen einer ausreichenden Längsbewehrung ein schlagartiges Versagen beim Erreichen des Rissmomentes M_{cr} ausgeschlossen wird. Das Rissmoment errechnet sich aus

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_c^I = f_{ctm} \cdot \frac{I_c^I}{z_{c1}}$$

mit I_c^I Flächenträgheitsmoment des Betonquerschnittes vor Rissbildung (Zustand I)
 z_{c1} Schwerachsenabstand bis zum Zugrand im Zustand I
 f_{ctm} mittlere Betonzugfestigkeit gemäß Tabelle 2.1 (vgl. Kap. 2)

Die Mindestlängsbewehrung soll so ausgelegt sein, dass bei Übergang von Zustand I nach Zustand II die Betonzugspannungen in der Zugzone sicher von dieser aufgenommen werden können. Bestimmt wird sie durch

$$A_{s,min} = \frac{M_{cr}}{z^{II} \cdot f_{yk}}$$

mit z^{II} Hebelarm der inneren Kräfte nach Rissbildung (Zustand II)
 f_{yk} charakteristische Fließgrenze (= 500 N/mm² für B 500)

Eine ggf. vorhandene Längskraft N_k ist zusätzlich zu berücksichtigen. Die Mindestbewehrung ist gleichmäßig über die Zugzonbreite sowie anteilig über die Zugzone zu verteilen. Mögliche Bewehrungsstöße sind für die volle Zugkraft auszubilden. Weiterhin gilt:

- Die (untere) Mindestbewehrung im Feld muss von Auflager zu Auflager durchlaufen und ist dort jeweils mit der Mindestverankerungslänge $l_{b,min}$ zu verankern.
- Bei einer Stützbewehrung über Innenauflegern ist die (obere) Mindestbewehrung in beiden anschließenden Feldern über eine Länge von mindestens einem Viertel der Stützweite einzulegen.
- Bei Kragarmen muss die Mindestbewehrung über die gesamte Kragarmlänge geführt werden.
- Querschnitte mit weniger Bewehrung als $A_{s,min}$ gelten als unbewehrt.

Das Höchstmaß an Bewehrung wird begrenzt auf

$$A_{s,max} = 0,08 \cdot A_c$$

mit A_c Brutto-Betonquerschnitt im Zustand I



Es setzt sich aus der Summe der Zug- und Druckbewehrung im Bauteilquerschnitt zusammen. Auch im Bereich von Übergreifungsstößen darf der Grenzwert nicht überschritten werden.

Beispiel 6.2: Nachweis der Mindestlängsbewehrung für Fertigteilbalken nach Beispiel 6.1

Gegeben: trapezförmiger Querschnitt mit $h/b_o/b_u = 55/20/15$ cm; Betongüte: C35/45

Gesucht: Mindestquerschnittsfläche der Längszugbewehrung

Schwerpunkt des Trapezquerschnitts:

i	A_i [cm ²]	$A_i \cdot z_i$ [cm ³]
	$15 \cdot 55 = 825,0$	$825 \cdot 27,5 = 22687,50$
	$\frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 55 = 137,5$	$137,4 \cdot 18,3 = 2520,83$
Σ	962,5	25208,33

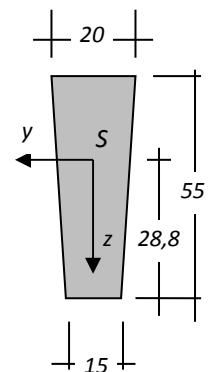
$$\rightarrow e = 25208,33 / 962,5 = \underline{26,2 \text{ cm}}$$

Rissmoment: $M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{I_c^I}{z_{c1}} = 0,32 \cdot \frac{240980}{28,8} \cdot 10^{-2} = \underline{26,78 \text{ kNm}}$

Mindestbewehrung: (innerer Hebelarm wird vereinfachend zu $0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 48 = \underline{43,2 \text{ cm}}$ gesetzt)

$$A_{s,min} = \frac{M_{cr}}{z'' \cdot f_{yk}} = \frac{26,78}{0,432 \cdot 50,0} = \underline{1,24 \text{ cm}^2}$$

Die gewählte untere Längsbewehrung ist mit 2 $\varnothing 25$ durchgeführt: $A_{s,prov} = \underline{9,8 \text{ cm}^2} > 1,24 \text{ cm}^2$



6.1.3 Ausbildung der Querkraftbewehrung

Die Querkraftbewehrung muss mit der Schwerachse des Bauteils einen Winkel von 45° bis 90° bilden. Sie darf aus einer Kombination folgender Bewehrungen bestehen (Bild 6.4 oder 6.5):

- Bügel, welche die Längszugbewehrung und die Druckzone umfassen;
- aufgebogene Schrägstäbe;
- Querkraftzulagen in Form von Körben, Leitern usw., die ohne Umschließung der Längsbewehrung verlegt sind.

50% der aufzunehmenden Querkraft sind mindestens durch Bügel abzudecken. Entlang der Bauteilachse ist die Querkraftbewehrung so anzuordnen, dass sie in jedem Schnitt die Bemessungsquerkraft V_{Ed} abdeckt. Bei Bauteilen des üblichen Hochbaus darf die Querkraftdeckungslinie (bestimmt durch die Querkrafttragfähigkeit der tatsächlich eingelegten Querkraftbewehrung) die Querkraftlinie (gegeben durch den Querkraftverlauf von V_{Ed}) in begrenzter Form einschneiden (Bild 6.5). Es muss dabei gewährleistet sein, dass die Auftragsfläche mindestens gleich der Einschnittsfläche bei einer maximalen Einschnittslänge von $d/2$ ist.

Legende

- 1 Bügel
- 2 Bügelkorb als Zulage
- 3 Leiterartige Querkraftzulage

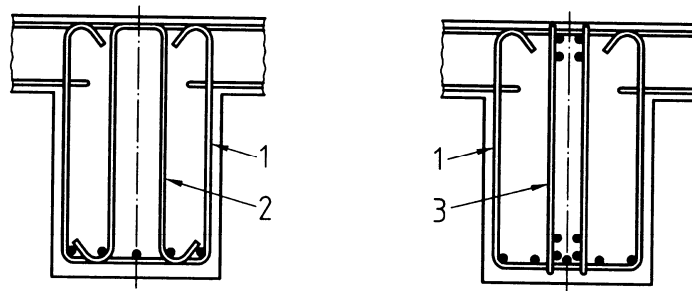


Bild 6.4: Beispiele für Querkraftbewehrung aus Bügeln und Schubzulagen

Legende

- 1 Auftragsfläche A_A
- 2 Einschnittsfläche A_E
 $A_E \leq A_A$

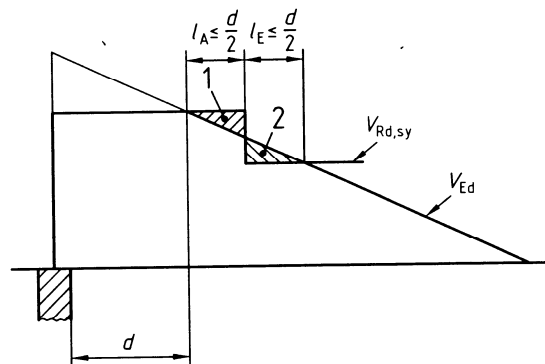


Bild 6.5: Zulässiges Einschneiden der Querkraftdeckungsline bei Tragwerken des üblichen Hochbaus

Die Schubbewehrung muss den Zuggurt mit der Druckzone zugfest verbinden. Die Verankerung der Querkraftbewehrung richtet sich nach Kap. 5.6. Bügel müssen bei Balken die Biegezugbewehrung und die Druckzone umschließen. Sie müssen geschlossen werden, um die in Balkenquerrichtung wirkenden Kräfte aus der Abstützung der schrägen Druckkräfte aufzunehmen (Bild 6.6).

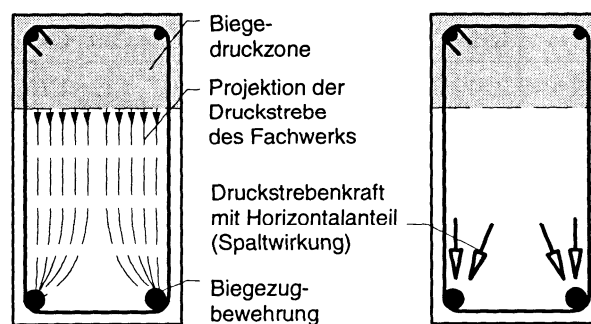


Bild 6.6: Horizontale Abstützung der schrägen Druckstrebe

Bei Plattenbalken dürfen die für die Querkrafttragfähigkeit erforderlichen Bügel im Bereich der Platte mit durchlaufenden Querstäben geschlossen werden. Voraussetzung dafür ist, dass die Bemessungsquerkraft V_{Ed} höchstens $2/3$ der maximalen Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,max}$ beträgt (vgl. auch Bild 6.5).

Der Querkraftbewehrungsgrad ergibt sich aus

$$\rho_w = A_{sw} / (s \cdot b_w \cdot \sin \alpha) = a_{sw} / (b_w \cdot \sin \alpha) \geq \rho_{w,min}$$

mit A_{sw} die Querschnittsfläche der Querkraftbewehrung in [cm²] je Länge s
 $a_{sw} = A_{sw}/s$ die Querkraftbewehrung je Längeneinheit in [cm²/m]
 s der Abstand der Querkraftbewehrung entlang der Bauteilachse
 b_w die minimale Stegbreite des Bauteils innerhalb der Zugzone
 α Der Winkel zwischen Querkraftbewehrung und der Bauteilachse

Der Mindestquerkraftbewehrungsgrad $\rho_{w,min}$ wird durch die Grenzwerte in Tabelle 6.1 festgelegt; die Mindestquerkraftbewehrung errechnet sich somit zu:

$$a_{sw,min} = \rho_{w,min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha$$

Tabelle 6.1: Mindestquerkraftbewehrungsgrad $\rho_{w,min}$ in [o/oo]

$f_{ck} =$	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	90	100
$\rho_{w,min}$	0,51	0,61	0,70	0,83	0,93	1,02	1,12	1,21	1,31	1,34	1,41	1,54	1,60	1,66

Um die Rissbreite von (geneigten) Querkraftrissen zu begrenzen, muss neben einer Mindestquerkraftbewehrung der größte Längs- und Querabstand von Bügeln und Schrägstäben gemäß Tabelle 6.2 eingehalten werden.

Tabelle 6.2: Höchstabstände der Querkraftbewehrung

Querkraftbeanspruchung	Bügelabstände s_{max}				Schrägstäbe Längsabstand (Querabstand siehe Bügel)
	Längsabstand		Querabstand		
	$\leq C50/60$	$> C50/60$	$\leq C50/60$	$> C50/60$	
$0,00 < V_{Ed}/V_{Rd,max} \leq 0,30$	$0,70 \cdot h \leq 30 \text{ cm}$	$0,70 \cdot h \leq 20 \text{ cm}$	$1,00 \cdot h \leq 80 \text{ cm}$	$1,00 \cdot h \leq 60 \text{ cm}$	$s_{max} \leq 0,5 \cdot h \cdot (1 + \cot \alpha)$
$0,30 < V_{Ed}/V_{Rd,max} \leq 0,60$	$0,50 \cdot h \leq 30 \text{ cm}$	$0,50 \cdot h \leq 20 \text{ cm}$	$1,00 \cdot h \leq 60 \text{ cm}$	$1,00 \cdot h \leq 40 \text{ cm}$	
$0,60 < V_{Ed}/V_{Rd,max} \leq 1,00$	$0,25 \cdot h \leq 20 \text{ cm}$	$0,25 \cdot h \leq 20 \text{ cm}$	$1,00 \cdot h \leq 60 \text{ cm}$	$1,00 \cdot h \leq 40 \text{ cm}$	

Bei Bauteilen ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung (i.d.R. plattenartige Bauteile) mit einem Seitenverhältnis von $b/h > 5$ darf auf eine Mindestbewehrung verzichtet werden. Bauteile mit $b/h < 4$ sind wie Balken zu behandeln. Im Bereich $5 \geq b/h \geq 4$ ist eine Mindestbewehrung anzuordnen, die bei Platten ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung ($V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$) zwischen dem nullfachen und dem einfachen Wert, bei Platten mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung ($V_{Ed} > V_{Rd,c}$) zwischen dem 0,6-fachen und dem einfachen Wert der erforderlichen Mindestbewehrung für Balken interpoliert werden darf.

Vom Standpunkt der Tragsicherheit lässt sich folgende konstruktive Regel für die Querkraftbewehrung formulieren: Bei zu großem Abstand der Bügel oder Schrägaufbiegungen kann sich der Querkraftriss über die gesamte Trägerhöhe ausbreiten, ohne dass er von einem Stab der Querkraftbewehrung gekreuzt wird. Dies würde zum sofortigen Versagen des Bauteils infolge Schubbruch führen. Daher muss jeder unter 45° geneigte Schnitt von mindestens einem Stab der Querkraftbewehrung gekreuzt werden.

Hinweis: Im Zuge der nachfolgenden Kapitel; z.B. Kapitel 8 (Plattenbalken) und Kapitel 9 (Stützen) wird auf weitere Konstruktionsregeln hingewiesen.