

5 Allgemeine Bewehrungsregeln

5.1 Allgemeines

Um das einwandfreie Tragverhalten der Stahlbetonkonstruktion sicherzustellen, sind konstruktive und handwerkliche Maßnahmen notwendig, die über die eigentliche Bemessung der Bauteile hinausgehen. Als Beispiel sei erwähnt: Der volle Verbund zwischen Stahl und Beton wird durch gute Einbettung der Stahleinlage im Beton erreicht, wenn entsprechende Vorgaben des Konstrukteurs und entsprechende Maßnahmen auf der Baustelle zusammenwirken.

Für die Bewehrungsführung sind viele Fragen zum ordnungsgemäßen Einbau zu beantworten.

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• <u>Betondeckung</u><ul style="list-style-type: none">- Korrosionsschutz- Sicherung des Verbunds- Brandschutz• <u>Verankerung</u><ul style="list-style-type: none">- am Endauflager- Übergreifungslänge (Stöße)- Einfluss der geschweißten Querstäbe bei Matten- Zwischenverankerung bei Abstufung der Bewehrung | <ul style="list-style-type: none">• <u>Gebogene Stäbe</u><ul style="list-style-type: none">- Bügel wie schließen- Länge von Haken und Winkelhaken- Aufbiegungen- Biegerollendurchmesser• <u>Zusammenspiel von Biegung und Schubdeckung</u><ul style="list-style-type: none">- Abstände der Bügel für Schubdeckung- Abstufung der Biegebewehrung- Bewehrung am Endauflager |
|---|---|

Das Kapitel 8 der DIN EN 1992-1-1 werden allgemeine Regeln für den Umgang mit der Bewehrung vorgegeben. Dieser Abschnitt gilt sowohl für Betonstabstähle, als auch für Betonstahlmatten bei vorwiegend ruhenden und nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen.

5.2 Krümmungen von Betonstahl

Bei gebogener Bewehrung wie Bügel, aufgebogene Längsbewehrung oder Schlaufen dürfen die Krümmungen nicht zu scharfkantig sein. Infolge der Umlenkkräfte entstehen örtliche Betonspannungen, die umso größer sind, je kleiner der Biegerollenradius ist. Senkrecht zur Krümmungsebene entstehen Querspannungen, die zum Absprengen des Betons quer zur Krümmungsebene führen kann. Bei Bügeln besteht diese Gefahr i.d.R. nicht, weil sich die Sprengwirkung parallel zum Betonrand einstellt. Anders ist es bei Aufbiegungen und Schlaufen, deren Krümmungsebenen parallel zum nächsten Betonrand liegen. Um der Gefahr des Absprengens in diesen Fällen zu begegnen, werden in der Norm Mindestwerte für die Biegerollendurchmesser D_{min} vorgegeben (Bild 5.1 sowie Tab. 5.1 und Tab. 5.2).

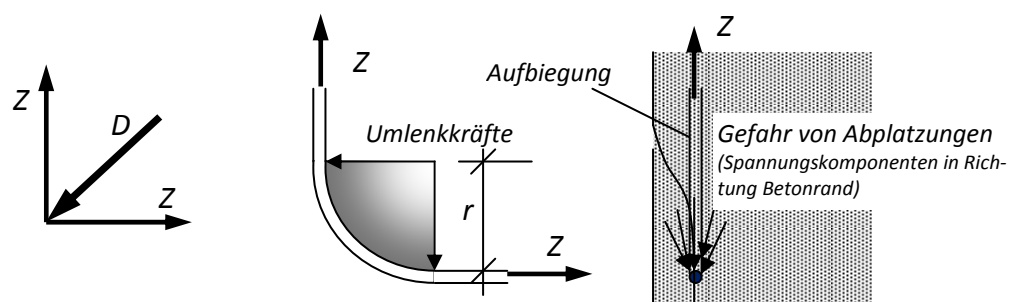


Bild 5.1: Umlenkkräfte infolge Stabbiegung

Tabelle 5.1: Allgemeine Mindestwerte für Biegerollendurchmesser D_{min}

Rippen- stäbe; Betonstahl B 500	Haken, Winkelhaken, Schlaufen		Schrägstäbe und andere gebogene Stäbe		
	Stabdurchmesser		Mindestwerte der Betondeckung rechtwinklig zur Krümmungsebene		
	$d_s < 20 \text{ mm}$	$d_s \geq 20 \text{ mm}$	$> 100 \text{ mm}$ $> 7,0 \cdot d_s$	$> 50 \text{ mm}$ $> 3,0 \cdot d_s$	$\leq 50 \text{ mm}$ oder $\leq 3,0 \cdot d_s$
$D_{min} =$	$4 \cdot d_s$	$7 \cdot d_s$	$7 \cdot d_s$	$15 \cdot d_s$	$20 \cdot d_s$

Die Biegerollendurchmesser sind abhängig von dem Stabdurchmesser und von der Lage im Bauteil. Sie sind unabhängig von der Betonfestigkeitsklasse. Geschweißte Bewehrungsstäbe und Betonstahlmatten sind einer gesonderten Betrachtung zu unterziehen. Werden geschweißte Stäbe nach dem Schweißen gebogen, sind die Werte für den Biegerollenradius nach Tabelle 5.2 zu berücksichtigen. Dabei ist die Art der Einwirkung zu unterscheiden:

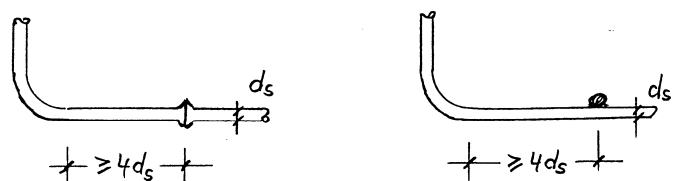
- vorwiegend ruhende Einwirkung
- nicht vorwiegend ruhende Einwirkung

Bei einem Abstand $a \geq 4 \cdot d_s$ sind die Werte gem. der Tabelle 5.1 zu benutzen. Bei Werten von $a < 4 \cdot d_s$ und bei Schweißungen innerhalb des Biegebereiches erhöht sich der Biegerollendurchmesser auf $20 \cdot d_s$. Diese Angaben sind jedoch nur für vorwiegend ruhende Belastung gültig. Bei nicht vorwiegend ruhender Belastung ist die Lage der Schweißstelle (hier Außenseite oder Innenseite) entscheidend für die Wahl des Biegerollendurchmessers.

Tabelle 5.2: D_{min} bei nach dem Schweißen gebogene Bewehrung und Matten

- bei <u>vorwiegend ruhenden</u> Einwirkungen:	
Abstand zw. Biegeanfang und Schweißstelle: $a \geq 4 \cdot d_s$	D_{min} nach Tafel 5.1
Abstand zw. Biegeanfang und Schweißstelle: $a < 4 \cdot d_s$ oder Schweißung innerhalb des Biegebereiches	$D_{min} = 20 \cdot d_s$
- bei <u>nicht vorwiegend ruhenden</u> Einwirkungen:	
Schweißung auf der Außenseite innerhalb des Biegebereiches	$D_{min} = 100 \cdot d_s$
Schweißung auf der Innenseite innerhalb des Biegebereiches	$D_{min} = 500 \cdot d_s$

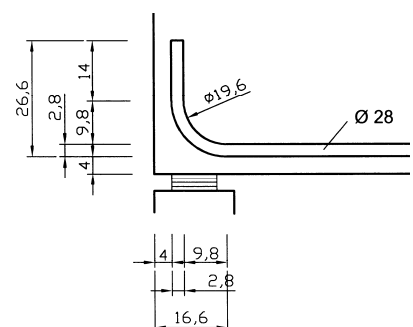
Bild 5.2: Lage der Schweißung bezüglich der Biegestelle



Beispiel 5.1: Berechnung des Biegerollendurchmessers

Gegeben:

Für einen Endhaken aus einem Bewehrungsstab $d_s = 28 \text{ mm}$ ist der Biegerollendurchmesser und die Winkelhakenlänge l_{wh} zu bestimmen. Die Betondeckung beträgt $c_{nom} = 40 \text{ mm}$.



Rechnung:

$$\begin{array}{ll} \text{Überstand des Winkelhakens} & \ddot{u} \geq 5 \cdot d_s = 5 \cdot 28 = 140 \text{ mm} \\ \text{Biegerollendurchmesser} & D_{\min} = 7 \cdot d_s = 7 \cdot 28 = 196 \text{ mm} \end{array}$$

Hieraus ergibt sich die Winkelhakenlänge zu:

$$l_{wh} = \ddot{u} + D_{\min} / 2 + d_s = 140 + 196/2 + 28 = \underline{266 \text{ mm}}$$

Das entspricht (vgl. obiges Bild):

$$l_{wh} \geq 9,5 \cdot d_s \text{ für } d_s \geq 20 \text{ mm} \quad \text{bzw.} \quad l_{wh} \geq 8,0 \cdot d_s \text{ für } d_s < 20 \text{ mm}$$

Beispiel 5.2: Berechnung des Biegerollendurchmessers für aufgebogene Bewehrung

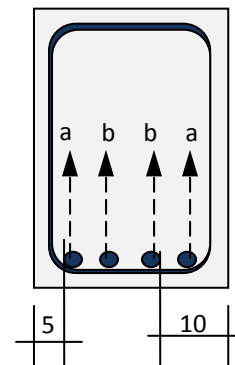
Gegeben:

Stahlbetonbalken mit 4 \varnothing 20, von denen zwei Stäbe aufgebogen werden.

- Aufbiegung der beiden äußeren Längsstäbe
- Aufbiegung der beiden inneren Stäbe

Gesucht: maßgebender Biegerollendurchmesser

zu a): Wegen der geringen seitlichen Betondeckung quer zur Krümmungsebene muss für die beiden äußeren Längsstäbe ein größerer Biegerollendurchmesser gewählt werden.



Gemäß Tab. 5.1: $5,0 \text{ cm} \leq 3 \cdot d_s = 6,0 \text{ cm}$ oder $\leq 5,0 \text{ cm} \rightarrow D_{\min} \geq 20 \cdot d_s = \underline{40 \text{ cm}}$

zu b): Wegen der deutlich größeren seitlichen Betondeckung quer zur Krümmungsebene kann für die beiden inneren Längsstäbe ein kleinerer Biegerollendurchmesser gewählt werden (folglich sollten möglichst nur innen liegende Stäbe aufgebogen werden).

Gemäß Tab. 5.1: $10,0 \text{ cm} > 3 \cdot d_s = 6,0 \text{ cm}$ und $> 5,0 \text{ cm} \rightarrow D_{\min} \geq 15 \cdot d_s = \underline{30 \text{ cm}}$

Große Bauteile werden in mehreren Betonierabschnitten fertiggestellt. Die dabei entstehenden Arbeitsfugen werden im Regelfall von der Bewehrung gekreuzt. Um die Arbeitsfuge abschalen zu können, ist es erforderlich die Bewehrung zunächst mit einer Abbiegung in einem sogenannten Verwahrkasten einzubauen. Die Bewehrung ist dann vor dem Betonieren des anschließenden Abschnittes zurückzubiegen. Es handelt sich bei den Verwahrkästen um vorgefertigte Bewehrungsanschlüsse.

Das Hin- und Rückbiegen von Betonstählen stellt für den Betonstahl und den umgebenden Beton eine zusätzliche Beanspruchung dar. Deshalb sind folgende Bedingungen zu beachten.

Kaltbiegen:

- Der Stabdurchmesser darf höchstens $d_s = 14 \text{ mm}$ betragen.
- Ein Mehrfachbiegen an derselben Stelle ist nicht zulässig.

- Die Querkraft im Bereich der Rückbiegestelle darf den Wert von $0,6 \cdot V_{Rd,max}$ nicht überschreiten.
- Verwehrkästen für Bewehrungsanschlüsse sind so auszubilden, dass sie weder die Tragfähigkeit noch den Korrosionsschutz der Stahleinlagen beeinträchtigen.
- Bei vorwiegenden ruhenden Einwirkungen gilt weiterhin:
 Der Biegerollendurchmesser muss beim Hinbiegen mindestens $6 \cdot d_s$ betragen. Der Betonstahl darf im Grenzzustand der Tragfähigkeit höchstens zu 80% ausgenutzt werden.
- Bei nicht vorwiegend ruhender Belastung ist folgendes zusätzlich zu berücksichtigen:
 Der Biegerollendurchmesser muss beim Hinbiegen mindestens $15 \cdot d_s$ betragen. Die Schwingbreite der Stahlspannung darf den Wert von 50 N/mm^2 nicht überschreiten.

Warmbiegen:

- Wird der Betonstahl bei seiner Verarbeitung bei einer Temperatur von $\geq 500^\circ \text{C}$ gebogen, so darf die Streckgrenze nur mit einem Wert von 220 N/mm^2 in Rechnung gestellt werden.
- Bei nicht vorwiegend ruhender Einwirkung darf die Schwingbreite der Stahlspannung den Wert von 50 N/mm^2 nicht überschreiten.

Weitere Einzelheiten der technischen Ausführungen sind im DBV-Merkblatt „Rückbiegen von Betonstahl und Anforderungen an Verwehrkästen“ enthalten. Grundsätzlich sind Betonabplatzungen zu vermeiden. Die verbleibenden Krümmungen sollen möglichst gering gehalten werden. Das Rückbiegen sollte mit einem Rohr, oder wenn die Krümmungen mit einem Abstand zur Betonkante beginnen, mit Kröpfelisen durchgeführt werden.

	Beginn des Rückbiegens	Ende des Rückbiegens	Bewertung
a			richtig
b			richtig
c			falsch
d			falsch

Bild 5.3: Rückbiegen mit Rohr

		Bewertung
a		günstig
b		günstig
c		ungünstig

Bild 5.4: Einfluss der Rückbiegerichtung

5.3 Stababstände

Der Stababstand muss mindestens so groß sein, dass der Beton eingebracht und ausreichend verdichtet werden kann. Hierzu sind sogenannte Rüttelgassen vorzusehen. Außerdem ist durch den Stababstand ein ausreichender Verbund zwischen Betonstahl und Beton sicher zu stellen.

Um die gute Einbettung der Bewehrungsstäbe im Beton zu gewährleisten, muss der lichte Abstand zwischen parallelen Einzelstäben außerhalb von Stoßbereichen oder Lagen paralleler Stäbe den folgenden Bedingungen genügen (vgl. DIN EN 1992-1-1, 8.2 und 8.10):

Tabelle 5.3: Mindestwerte der Stababstände s_n

Betonstahl	allgemein:	$s_n = \max(d_s; 20 \text{ mm})$
	Größtkorndurchmesser $d_g > 16 \text{ mm}$:	$s_n \geq d_g + 5 \text{ mm}$

Bei einer Stabanordnung in getrennten horizontalen Lagen sollten die Stäbe jeder Lage vertikal übereinander liegen. Zusätzlich sind ausreichende Lücken zum Einbringen eines Innenrüttlers vorzusehen.

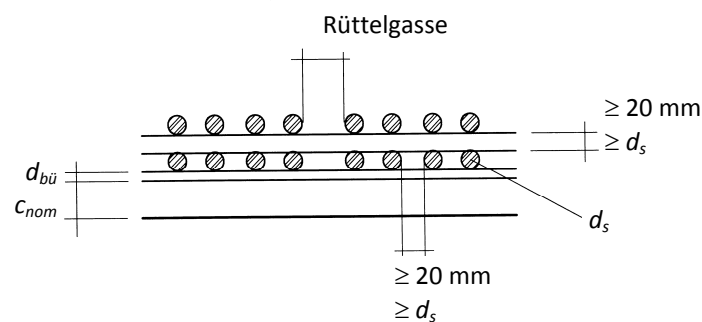


Bild 5.5: Abstände der Betonstäbe

In einigen Fällen brauchen die Mindestwerte nicht eingehalten zu werden; so zum Beispiel bei:

- Doppelstäben geschweißter Betonstahlmatten
- Stäben in Stabbündeln
- Stäben im Bereich von Übergreifungsstößen

Besondere Regeln gelten dann für Stabbündel bzw. Übergreifungsstöße (vgl. Kapitel 5.5)

5.4 Verankerungen

5.4.1 Bemessungswert der Verbundspannung

Um das einwandfreie Tragverhalten der Stahlbetonkonstruktion sicherzustellen, ist ein fester Verbund zwischen der Bewehrung und dem sie umgebenden Beton unerlässlich. Neben dem Haftverbund (Klebung zwischen Beton und Stahl) und dem Reibungsverbund (Oberflächenrauigkeit bei vorhandener Querpressung) ist der Scherverbund (Verzahnung aufgrund des gerippten Bewehrungsstahls) die wirksamste Verbundwirkung.

Auf der Grundlage von zahlreichen Ausziehversuchen gibt die DIN EN 1992-1-1 (8.4.2) die nachfolgende Formel für die Bemessungswerte der Verbundspannung bei Rippenstählen an:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctk;0,05} / \gamma_c$$

- mit η_1 Beiwert zur Berücksichtigung der Verbundbedingungen (vgl. Bild 5.6)
 $\eta_1 = 1,0$ bei guten Verbundbedingungen
 $\eta_1 = 0,7$ bei mäßigen Verbundbedingungen
- η_2 Beiwert zur Berücksichtigung des Stabdurchmessers d_s
 $\eta_2 = 1,0$ bei $d_s \leq 32$ mm
 $\eta_2 = 0,01 \cdot (132 - d_s)$ bei $d_s > 32$ mm
- f_{ctd} Bemessungswert der Betonzugfestigkeit (5%-Fraktile)
 $f_{ctd} = f_{ctk;0,05} / \gamma_c$, wobei der Wert $f_{ctk;0,05}$ auf den für C60/75 zu begrenzen ist.

Der Bemessungswert der Verbundspannung stellt sicher, dass im Grenzzustand der Tragfähigkeit ein ausreichender Sicherheitsabstand gegen Versagen des Verbunds vorliegt und im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit keine wesentliche Verschiebung zwischen Stahl und Beton auftritt.

Tabelle 5.4: Bemessungswerte der Verbundspannung f_{bd} in N/mm^2 für Rippenstäbe ($d_s \leq 32$ mm)

	Charakteristische Werte der Betonfestigkeit f_{ck}														
	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
Guter Verbund	1,6	2,0	2,3	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,3	4,4	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Mäßiger Verbund	70 % der Werte des guten Verbundes														

Die Zuordnung in die Verbundbereiche erfolgt gemäß DIN EN 1992-1-1, 8.4.2. Die Verbundeigenschaften sind als gut (guter Verbund) anzusehen für

- alle Stäbe mit einer Neigung von 45° bis 90° zur Waagerechten während des Betonierens
- alle Stäbe mit einer Neigung von 0° bis 45° zur Waagerechten während des Betonierens, die
 - a) in Bauteile eingebaut sind, deren Dicke in Betonierrichtung 300 mm nicht überschreitet
 - b) in Bauteile mit einer Dicke größer als 300 mm eingebaut sind und entweder
 - höchstens 300 mm über der Unterkante des Frischbetons oder
 - mindestens 300 mm unter der Oberseite des Bauteils oder Betonierabschnittes liegen.
- Liegend gefertigte stabförmige Bauteile (z.B. Stützen), die mit einem Außenrüttler verdichtet werden und deren äußere Abmessungen 500 mm nicht überschreiten.

Mäßiger Verbund (gilt für alle übrigen Stäbe und für alle Stäbe von Bauteilen die im Gleitbauverfahren hergestellt sind (vgl. Bild 5.6; hier schraffierte Bereiche).

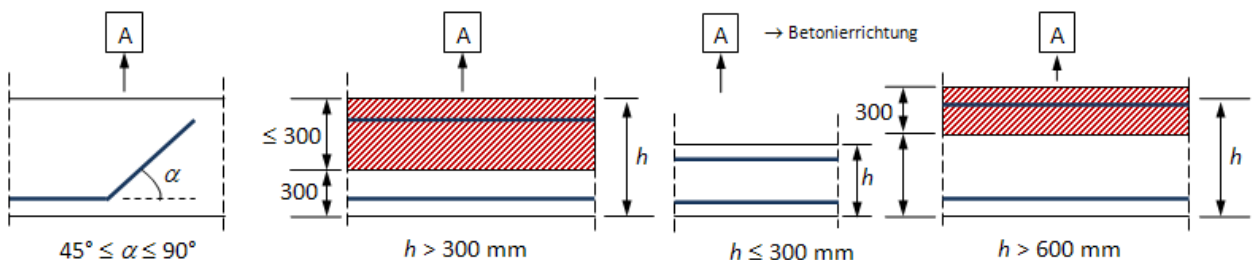
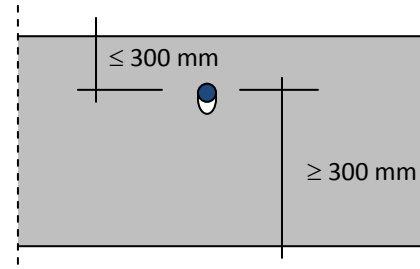


Bild 5.6: Festlegung der Verbundbedingungen nach DIN EN 1992-1-1 (Bild 8.2) und NA:2011-01

Die Ursache für die mäßige Verbundeigenschaft ist begründet in der Ablösung des Betons vom Bewehrungsstahl.

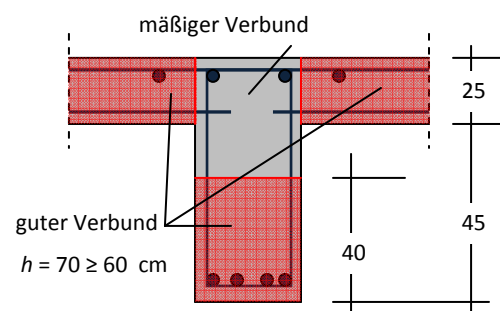
Bild 5.7: mäßiger Verbundbereich durch Betonablösung auf der Unterseite des Stabes aufgrund des Verdichtungsprozesses nach dem Betonieren



Beispiel 5.3: Bestimmung der Verbundbereiche bei einem Plattenbalkenquerschnitt

Gegeben: Plattenbalken mit horizontal angeordneter Längsbewehrung und lotrechten Bügeln; in einem „Guß“ betoniert.

Gesucht: Zuordnung der Verbundbereiche



Die lotrechten Bügel besitzen wegen $\alpha = 90^\circ$ grundsätzlichen gute Verbundbedingungen.

Für die Längsbewehrung im Flansch gelten wegen der Dicke von $h_f = 25\text{ cm}$ ebenfalls gute Verbundbedingungen; lediglich für die Längseisen im Stegbereich gelten wegen des geringen Abstandes von der Betonoberkante ($< 30\text{ cm}$) mäßige Verbundbedingungen. Die Bewehrung an der Unterseite des Steges liegt im „guten“ Verbundbereich.

5.4.1 Grundwert der Verankerungslänge

Bei der Verankerung von Bewehrungsstäben oder der Kraftüberleitung im Übergreifungsbereich eines Bewehrungsstoßes (vgl. Kap. 5.5) werden Kräfte von der Bewehrung auf den Beton bzw. vom Beton auf die Bewehrung übertragen. Ein Großteil der Bewehrungskraft wird über den reinen Verbund übertragen. Dazu ist eine ausreichende Krafteinleitungslänge, die sogenannte Verankerungslänge notwendig.

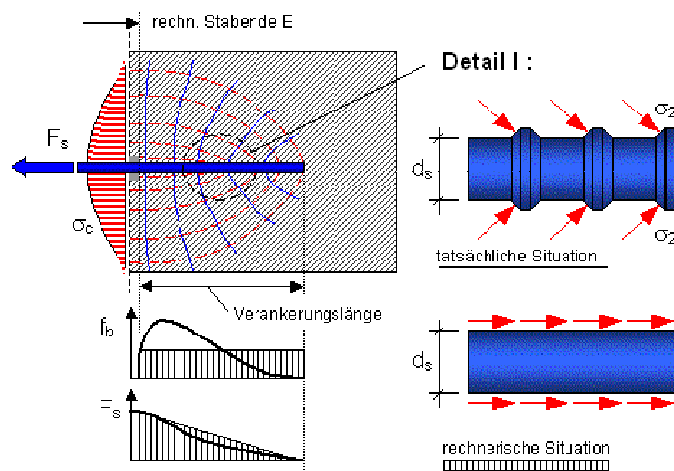


Bild 5.8: Spannungs- und Kräfteverlauf im Verankerungsbereich

Als Ausgangswert für die Verankerungslänge wird der Grundwert der Verankerungslänge $l_{b,rqd}$ bestimmt ($_{rqd}$ = required) und zwar unter dem Ansatz eines geraden Stabendes bei konstantem Verlauf der Verbundspannung f_{bd} gemäß den Angaben in Tab. 5.4.

Mit Hilfe des Ansatzes

$$f_{bd} = \frac{F_{sd}}{A_{b,rqd}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d_s^2 \cdot \sigma_{sd}}{\pi \cdot d_s \cdot l_{b,rqd}} = \frac{d_s \cdot \sigma_{sd}}{4 \cdot l_{b,rqd}}$$

folgt:
$$l_{b,rqd} = \frac{d_s \cdot \sigma_{sd}}{4 \cdot f_{bd}}$$

- mit f_{bd} Bemessungswert der Verbundspannung
 σ_{sd} vorhandene Stahlspannung im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)
 d_s Stabdurchmesser bzw. $d_{sn} = d_s \cdot \sqrt{2}$ bei Stabbündeln

Bei Ausnutzung der Stahlspannung bis zur Streckgrenze f_{yd} (100%-Ausnutzung; es gilt: $\sigma_{sd} = f_{yd}$) wird der Grundwert zum Basiswert der Verankerungslänge $l_{b,rqd,y}$.

$$l_{b,rqd,y} = \frac{d_s \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}}$$

Die Basiswerte können sehr einfach in Abhängigkeit des Stabdurchmessers, der Güte des Verbundbereiches und der Betonfestigkeitsklasse in Tabellenwerken, Bemessungshilfen und Lehrbüchern tabellarisch aufgelistet werden.

5.4.2 Bemessungswert der Verankerungslänge

Mit dem Grundwert der Verankerungslänge $l_{b,rqd}$ lässt sich der Bemessungswert der Verankerungslänge l_{bd} wie folgt ermitteln:

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

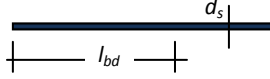
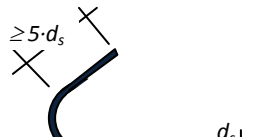
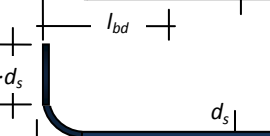
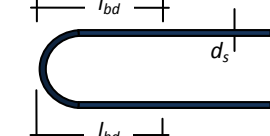
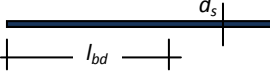
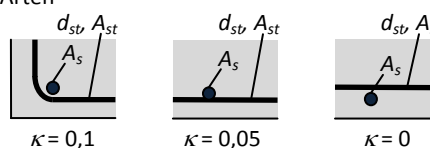
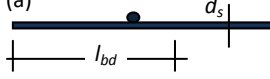
Dabei berücksichtigen die in Tab. 5.5 angegebenen Beiwerte α_i folgende Konstruktionsparameter:

- α_1 die Verankerungsart der Stäbe unter Annahme ausreichender Betondeckung,
- α_2 die Mindestbetondeckung nach Bild 5.9 (gem. DIN EN 1992-1-1/NA im Allgemeinen $\alpha_2 = 1,0$)
- α_3 eine (nicht angeschweißte) Querbewehrung (vgl. DIN EN 1992-1-1,8.4.4)
- α_4 einen oder mehrere angeschweißte Querstäbe ($d_{s,t} > 0,6 \cdot d_s$) innerhalb der erforderlichen Verankerungslänge l_{bd} ,
- α_5 einen Druck quer zur Spaltzug-Rissebene innerhalb der erforderlichen Verankerungslänge.

Der Bemessungswert der Verankerungslänge muss – wenn keine andere Begrenzung gilt – mindestens $l_{b,min}$ überschreiten. Die Mindestverankerungslänge deckt Bauteilungenauigkeiten und rechnerisch nicht erfasste Kraftaufnahme der Bewehrungsstäbe (z.B. infolge Kriechen) ab und beträgt

- bei Verankerung auf Zug
$$l_{b,min} \geq \max \begin{pmatrix} 0,3 \cdot l_{b,rqd,y} \\ 10 \cdot d_s \\ 100 \text{ mm} \end{pmatrix}$$
- bei Verankerung auf Druck
$$l_{b,min} \geq \max \begin{pmatrix} 0,6 \cdot l_{b,rqd,y} \\ 10 \cdot d_s \\ 100 \text{ mm} \end{pmatrix}$$

Tabelle 5.5: Beiwerte α_1 bis α_5

Einflussfaktor	Verankerungsart	Bewehrungsstab	
		unter Zug	unter Druck
Form der Stäbe	a) gerade Stabenden 	$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
	b) Haken 	$\alpha_1 = 0,7$ für $c_d > 3 \cdot d_s$ andernfalls $\alpha_1 = 1,0$	$(\alpha_1 = 1,0)$ Hinweis: Gebogene V.-arten bei Druck möglichst vermeiden! (Gefahr des Ausknickens)
	c) Winkelhaken 		
	d) Schlaufe 		
		$c_d = \min(a/2; c_1; c)$ $c_d = \min(a/2; c_1)$ $c_d = c$	
Betondeckung	a) gerade 	$\alpha_2 = 1,0 - 0,15 \cdot (c_d - d_s) / d_s$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_2 = 1,0$
	gebogen (siehe oben) verankert mit b) Haken, c) Winkelhaken oder d) Schlaufe	$\alpha_2 = 1,0 - 0,15 \cdot (c_d - 3 \cdot d_s) / d_s$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$ (siehe oben für c_d)	$(\alpha_2 = 1,0)$ vgl. obigen Hinweis
nicht an die Hauptbewehrung angeschweißte Querbewehrung	alle Arten 	$\alpha_3 = 1,0 - \kappa \cdot \lambda$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$ (siehe links für κ)	$\alpha_3 = 1,0$
angeschweißte Querbewehrung ¹⁾	alle Arten, z.B. (a) 	$\alpha_4 = 0,7$ (ohne angeschw. Bew. = 1,0)	$\alpha_4 = 0,7$
Querdruck	alle Arten	$\alpha_5 = 1,0 - 0,04 \cdot \rho$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	----

Dabei ist

$\lambda = (\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st,min}) / A_s$

ΣA_{st} die Querschnittsfläche der Querbewehrung innerhalb der Verankerungslänge l_{bd} ;

$\Sigma A_{st,min}$ die Querschnittsfläche der Mindestquerbewehrung ($\Sigma A_{st,min} = 0,25 \cdot A_s$ für Balken und $\Sigma A_{st,min} = 0$ für Platten);

A_s die Querschnittsfläche des größten einzelnen verankerten Stabes;

κ der Korrekturbeiwert für nicht an die Hauptbewehrung angeschweißte Querbewehrung (siehe oben);

ρ der Querdruck [N/mm²] senkrecht zur Verankerungsebene im Grenzzustand der Tragfähigkeit innerhalb der Verankerungslänge l_{bd} .

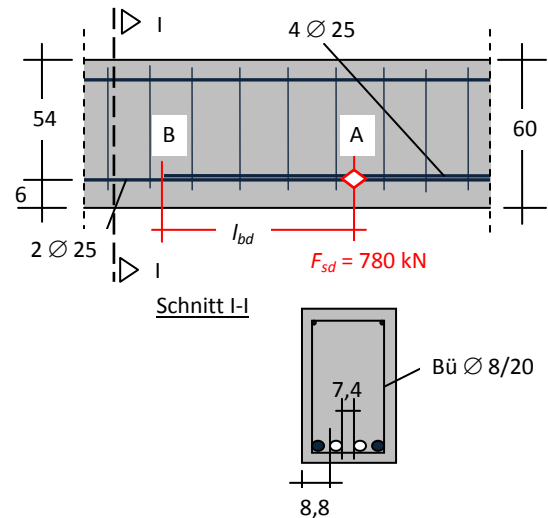
¹⁾ bei direkter Lagerung darf l_{bd} auch geringer als $l_{b,min}$ angesetzt werden, wenn mindestens ein Querstab innerhalb der Auflagerung angeschweißt ist. Dieser sollte mindestens 15 mm vom Lageranschnitt entfernt sein.

Beispiel 5.4: Bestimmung der Verankerungslänge für gestaffelte Stäbe im Feldbereich eines Balkens

Gegeben: Balkenquerschnitt $b/h/d = 30/60/54$ cm; im Verankerungsbereich sind Bügel $\varnothing 8$, $s_w = 20$ cm angeordnet; Querdruck liegt (da außerhalb von Auflagern) nicht vor; Werkstoffe: C20/25 und BSt 500 S.

Von insgesamt $4 \varnothing 25$ sollen zwei Längsstäbe verankert werden. Aufgrund der geringeren Biegebeanspruchung sind links von Punkt „B“ lediglich $2 \varnothing 25$ ausreichend (Annahme).

Gesucht: erforderliche Verankerungslänge bei geraden Stabenden ohne angeschw. Querbewehrung.



am Punkt „A“:

$$A_{s,rqd} = F_{sd} / f_{yd} = 780 \text{ kN} / 43,48 \text{ kN/cm}^2 = \underline{17,94 \text{ cm}^2}$$

$$A_{s,prov} = 4 \varnothing 25 = \underline{19,64 \text{ cm}^2} \geq 17,94 \text{ cm}^2$$

zu verankernde Zugkraft: $F_{sd,b} = 780/2 = 390 \text{ kN}$; $\sigma_{sd} = 390 \text{ kN} / 9,82 \text{ cm}^2 = \underline{39,71 \text{ kN/cm}^2}$

Grundwert der Verankerungslänge (guter Verbundbereich; $d_s \leq 32$ mm):

$$l_{b,rqd} = \frac{d_s}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{2,5}{4} \cdot \frac{39,71}{0,23} = \underline{107,9 \text{ cm}}$$

Bemessungswert der Verankerungslänge:

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

mit $\alpha_1 = 1,0$ (gerades Stabende unter Zug)

$$\alpha_2 = 1,0 - 0,15 \cdot (c_d - d_s) / d_s$$

$$= 1,0 - 0,15 \cdot (\min\{7,4/2; 8,8; 6 - 2,5/2\} - 2,5) / 2,5 = \underline{0,928 \geq 0,7}$$

$$\alpha_3 = 1,0 - \kappa \cdot \lambda$$

$$= 1,0 - 0,05 \cdot (0,75 \cdot 2,01 / 4,91) = \underline{0,985 \geq 0,7}$$

$\alpha_4 = 1,0$ (keine Reduktion wegen fehlender angeschw. Querstäbe)

$\alpha_5 = 1,0$ (keine Reduktion wegen fehlenden Querdrucks)

$$l_{b,min} = \max \{0,3 \cdot 118,1; 10 \cdot 2,5; 10\} = \underline{35,4 \text{ cm}}$$

$$l_{bd} = 1,0 \cdot 0,928 \cdot 0,985 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 107,9 = \underline{98,6 \text{ cm}} \geq 35,4 \text{ cm} = l_{b,min}$$

gewählt: Stab wird über Pkt. A hinaus um 100 cm nach links weitergeführt ($l_{bd,prov} = \underline{100 \text{ cm}} > 98,6$)

Hinweis: Beim Arbeiten mit vertafelten Basiswerten $l_{b,rqd,y}$ kann der Grundwert der Verankerungslänge mit Hilfe des Ausnutzungsgrades der Bewehrung $A_{s,rqd}/A_{s,prov}$ wie folgt ermittelt werden:

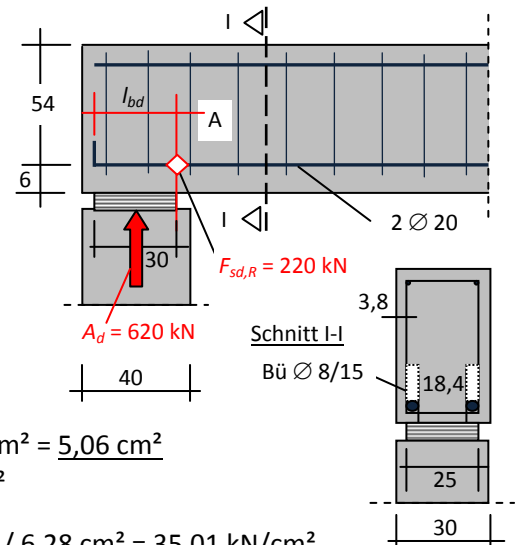
$$l_{b,rqd} = l_{b,rqd,y} \cdot \frac{A_{s,rqd}}{A_{s,prov}} = 118,1 \cdot \frac{17,94}{19,64} = \underline{107,9 \text{ cm}}$$

Beispiel 5.5: Bestimmung der Verankerungslänge für Verankerung am Endauflager eines Balkens

Gegeben: Balkenquerschnitt $b/h/d = 30/60/54$ cm;
 im Verankerungsbereich sind Bügel $\varnothing 8$, $s_w = 15$ cm
 angeordnet; Querdruck liegt wegen Auflagerpres-
 sungen vor; Werkstoffe: C25/30 und BSt 500 S.

Es sollen zwei Längsstäbe $2 \varnothing 20$ verankert werden.

Gesucht: erforderliche Verankerungslänge bei Stab-
 enden mit Winkelhaken (ohne angeschw. Querbew. ?)



am Punkt „A“:

$$A_{s,rqd} = F_{sd} / f_{yd} = 220 \text{ kN} / 43,48 \text{ kN/cm}^2 = \underline{5,06 \text{ cm}^2}$$

$$A_{s,prov} = 2 \varnothing 20 = \underline{6,28 \text{ cm}^2} \geq 5,06 \text{ cm}^2$$

zu verankernde Zugkraft: $F_{sd,R} = 220 \text{ kN}$; $\sigma_{sd} = 220 \text{ kN} / 6,28 \text{ cm}^2 = \underline{35,01 \text{ kN/cm}^2}$

Grundwert der Verankerungslänge (guter Verbundbereich; $d_s \leq 32$ mm):

$$l_{b,rqd} = \frac{d_s}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{2,0}{4} \cdot \frac{35,01}{0,27} = \underline{64,83 \text{ cm}}$$

Bemessungswert der Verankerungslänge:

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

mit $\alpha_1 = 1,0$ (trotz Winkelhaken; $c_d = \min \{18,4/2; 3,8\} = 3,8 < 3 \cdot d_s = 6,0$ cm)

$$\alpha_2 = 1,0 - 0,15 \cdot (c_d - 3 \cdot d_s) / d_s$$

$$= 1,0 - 0,15 \cdot (3,8 - 3 \cdot 2,0) / 2,0 = 1,165 \geq 1,0 \rightarrow \underline{\alpha_2 = 1,0}$$

$$\alpha_3 = 1,0 - \kappa \cdot \lambda \quad \text{mit } \Sigma A_{st} = 2 \varnothing 8 \text{ für } 1 \varnothing 20$$

$$= 1,0 - 0,1 \cdot (1,01 - 0,25 \cdot 3,14) / 3,14 = \underline{0,993 \geq 0,7}$$

$\alpha_4 = 1,0$ (keine Reduktion wegen fehlender angeschw. Querstäbe)

$$\alpha_5 = 1,0 - 0,04 \cdot [620 \cdot 10^3 / (300 \cdot 250)] = 0,669 \leq 0,7 \rightarrow \underline{\alpha_5 = 0,7}$$

$$l_{b,min} = \max \{0,3 \cdot 80,5; 10 \cdot 2,0; 10\} = \underline{24,2 \text{ cm}}$$

$$l_{bd} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,993 \cdot 1,0 \cdot 0,70 \cdot 64,83 = \underline{45,1 \text{ cm}} \geq 24,2 \text{ cm} = l_{b,min}$$

Problem: Die Winkelhaken der beiden Längsstäbe müssen zur Querschnittsmitte hin verschwenkt werden. Damit wird der Randabstand größer mit der Folge, dass $\alpha_1 = 0,7$ wird:

$$l_{bd} = 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,993 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 64,83 = \underline{31,5 \text{ cm}} \geq 24,2 \text{ cm} = l_{b,min}$$

gewählt: Stab wird über Pkt. A hinaus um 32 cm nach links weitergeführt ($l_{bd,prov} = 32 \text{ cm} > 31,5$).
 Der Winkelhaken muss die Betondeckung c_{nom} in Richtung der Stirnfläche des Balkens einhalten. Die erforderliche Verankerungslänge wird von der Vorderkante des Lagers aus gemessen.

5.5 Stöße und mechanische Verbindungen

5.5.1 Allgemeines

Da Bewehrungsstäbe eine endliche Lieferlänge haben, ist es erforderlich diese zu stoßen. Ebenfalls ist dieses an Betonierfugen notwendig. Die Bewehrungsstöße werden hergestellt durch

- eine direkte oder
- eine indirekte Stoßverbindung

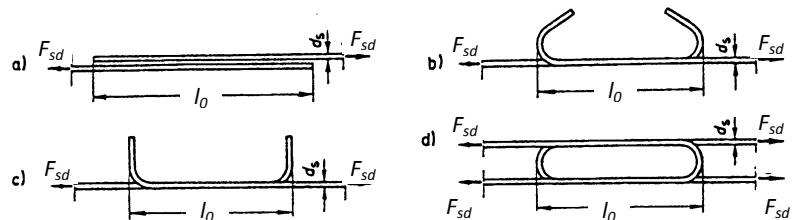
Bei einer direkten Stoßverbindung erfolgt die Kraftübertragung nur in den Bewehrungsstäben in Form von mechanischen Stoßverbindungen, die bauaufsichtliche Zulassung geregelt sind. Dies erreicht man z.B. durch

- Schweißen
- Schraub- oder Pressmuffen
- Kontakt bei Druckstößen.

Bei indirekten Stoßverbindungen wirkt der Beton mit. Die Stoßausbildung erfolgt durch Übergreifung der Stäbe mit geraden Stabenden, Haken, Winkelhaken oder Schlaufen (Bild 5.9). Die Übergreifungsstöße sind so auszubilden, dass

- die Kraftübertragung zwischen den gestoßenen Stäbe sichergestellt ist,
- im Bereich der Stöße keine Betonabplatzungen oder größere Risse auftreten,
- die Rissbreiten am Stoßende die Normwerte nicht übersteigen.

Bild 5.9: Stoßausbildung durch Übergreifung der Stäbe (unter Zug)



Übergreifungsstöße sind in der Regel versetzt und vorrangig nur in gering beanspruchten Bereichen anzuordnen. Sie sollten in Bezug auf den Querschnitt symmetrisch eingefügt werden. Die Anordnung der gestoßenen Stäbe muss den Regeln nach Bild 5.10 entsprechen. Unter Einhaltung der hier dargestellten Bedingungen dürfen bei einer einlagigen Bewehrung alle Stäbe (100%) zugleich gestoßen werden. Bei mehrlagiger Bewehrung sollte der Stoßanteil einer Lage nicht mehr als 50% der Gesamtmenge überschreiten, so dass ein Längsversatz erforderlich wird.

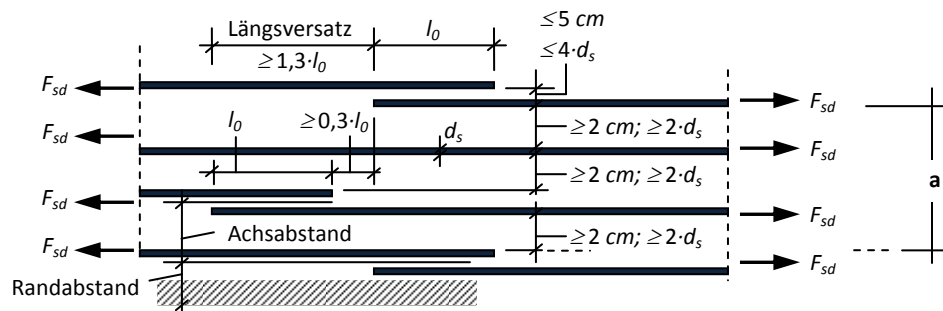


Bild 5.10: Abstände benachbarter Stöße und Längsversatz

5.5.2 Übergreifungslänge

Der Bemessungswert der Übergreifungslänge von Stäben beträgt:

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$$

mit

$$l_{0,min} \geq \{ 0,3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd,y} ; 15 \cdot d_s ; 200 \text{ mm} \}$$

Die bereits bekannten Parameter α_1 bis α_3 sowie α_5 sind der Tab. 5.5 zu entnehmen. Der neu hinzugekommene Parameter α_6 berücksichtigt den Prozentsatz der innerhalb von $0,65 \cdot l_0$ (gemessen ab der Mitte der betrachteten Übergreifungslänge) gestoßenen Bewehrung; vgl. Tab. 5.6.

Tabelle 5.6: Beiwert α_6 zur Ermittlung der Übergreifungslänge (DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01)

Stoß	Stabdurchmesser d_s	Stoßanteil einer Bewehrungslage	
		$\leq 33 \%$	$> 33 \%$
Zug	$< 16 \text{ mm}$	1,2 ^a	1,4 ^a
	$\geq 16 \text{ mm}$	1,4 ^a	2,0 ^b
Druck	alle	1,0	1,0

Wenn die lichten Stababstände $a \geq 8 \cdot d_s$ (Bild 5.10) und der Randabstand $c_1 \geq 8 \cdot d_s$ (vgl. Tab. 5.5) eingehalten werden, darf der Beiwert α_6 reduziert werden, und zwar für ^{a)} auf $\alpha_6 = 1,0$ bzw. für ^{b)} auf $\alpha_6 = 1,4$.

Beispiel: Stoßanteil = $2/4 = 50\%$

5.5.3 Querbewehrung im Übergreifungsbereich

Die Übergreifungslängen sind im Allgemeinen größer als der Bemessungswert der Verankerungslänge l_{bd} , da die überzuleitende Kraft nur einseitig übertragen wird. Es entstehen zwischen den Stäben schräge Druckstreben, die die Kraft von einem Stab auf den anderen übertragen (Bild 5.11). Die Krafteinleitung erfolgt über die Verbundspannung f_{bd} . Quer zum Stoß entstehen aus Gleichgewichtsgründen Zugkräfte, die über eine Querbewehrung „kurzgeschlossen“ werden muss.

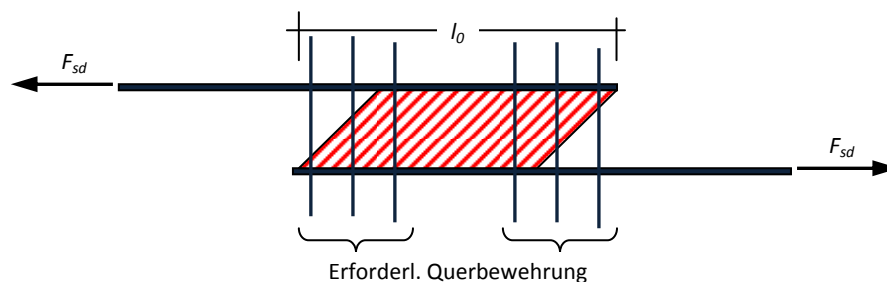


Bild 5.11: Kraftübertragung im Stoßbereich

Für die Bemessung und Anordnung dieser Bewehrung gelten folgende Regeln (vgl. Bild 5.12):

- Wenn der Durchmesser der gestoßenen Stäbe $d_s < 20$ mm ist oder der Anteil gestoßener Stäbe in jedem Querschnitt höchstens 25 % beträgt, dann darf die aus anderen Gründen vorhandene Querbewehrung oder Bügel ohne weiteren Nachweis als ausreichend zur Aufnahme der Querkraft angesehen werden.
- Wenn der Durchmesser der gestoßenen Stäbe $d_s \geq 20$ mm ist, darf i.d.R. die Gesamtquerschnittsfläche der Querbewehrung ΣA_{st} (Summe aller Schenkel, die parallel zur Lage der gestoßenen Bewehrung verlaufen) nicht kleiner als die Querschnittsfläche A_s eines gestoßenen Stabes ($\Sigma A_{st} \geq 1,0 \cdot A_s$) sein. Der Querstab sollte orthogonal zur Richtung der gestoßenen Bewehrung angeordnet werden.
- Werden mehr als 50% der Bewehrung in einem Querschnitt gestoßen, und ist der Abstand zwischen benachbarten Stößen in einem Querschnitt $a \leq d_s$ (vgl. Bild 5.10), so ist die Querbewehrung i.d.R. in Form von Bügeln oder Steckbügeln ins Innere des Betonquerschnitts zu verankern.
- Die erforderliche Querbewehrung ist im Anfangs- und Endbereich der Übergreifungslänge (Bild 5.12) zu konzentrieren.
- Zusätzlich muss bei gestoßenen Stäben, die Druckkräfte aufzunehmen haben, jeweils ein Stab der Querbewehrung außerhalb des Stoßbereiches gemäß Bild 5.12 b angeordnet werden.

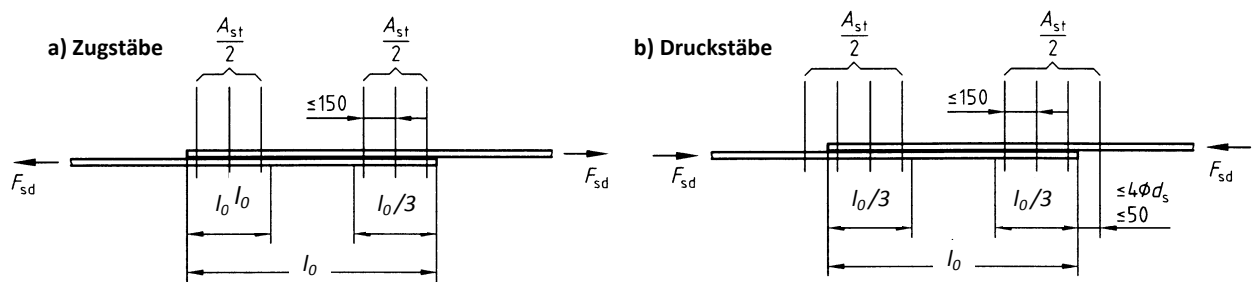


Bild 5.12: Querbewehrung für Übergreifungsstöße

5.5.4 Stöße bei Mattenbewehrung in Längs- und Querrichtung

Wenn der Mattenstoß nicht durch nebeneinanderliegende Stäbe (durch Verschränkung, vgl. Bild 5.13 a) ausgeführt werden kann, sind gemäß DIN EN 1092-1-1, 8.7.5 besondere Maßnahmen zu beachten.

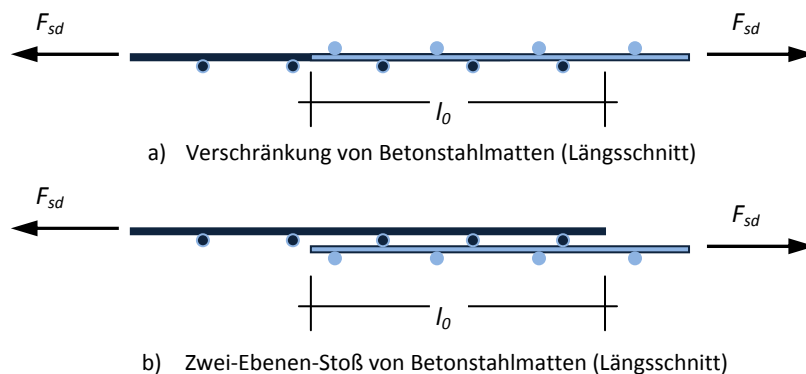


Bild 5.13: Stoß der Längsbewehrung (oder Hauptbewehrung) bei Betonstahlmatten

- Bei verschränkten Betonstahlmatten muss die Anordnung der Hauptlängsstäbe im Übergreifungsstoß den Regeln für gestoßene Einzelstäbe entsprechen. Günstige Auswirkungen der Querstäbe sollten mit $\alpha_3 = 1,0$ vernachlässigt werden.
- Beim Zwei-Ebenen-Stoß müssen die Stöße der Hauptbewehrung generell in Bereichen liegen, in denen die Stahlspannung im GZT nicht mehr als $0,8 \cdot f_{yd}$ beträgt. Bei Nichteinhaltung dieser Vorgabe, ist die Nutzhöhe d im Zuge der Biegebemessung mit der am weitesten vom Zugrand entfernten Bewehrungslage zu bestimmen. Der Rissbreitennachweis ist mit einer um 25% erhöhten Stahlspannung zu führen.
- Zwei-Ebenen-Stöße ohne bügelartiges Umfassen sind zulässig, wenn der zu stoßende Mattenquerschnitt $a_s \leq 6,0 \text{ cm}^2/\text{m}$ beträgt.
- Beim Zwei-Ebenen-Stoß gilt weiterhin, dass Betonstahlmatten mit einem Bewehrungsquerschnitt $a_s \leq 12,0 \text{ cm}^2/\text{m}$ stets ohne Längsversatz gestoßen werden dürfen. Vollstöße von Matten mit einem Bewehrungsquerschnitt $a_s > 12,0 \text{ cm}^2/\text{m}$ sind dagegen nur in der inneren Lage bei mehrlagiger Mattenbewehrung zulässig, wobei der gestoßene Anteil maximal 60% des erforderlichen Bewehrungsquerschnittes betragen darf.
- Bei mehrlagiger Mattenbewehrung sind die Stöße der einzelnen Lagen mindestens um die 1,3-fache Übergreifungslänge l_0 (vgl. Tabelle 5.6) in Längsrichtung gegeneinander zu versetzen.
- Eine zusätzliche Querbewehrung im Stoßbereich ist nicht erforderlich.

Die in Längsrichtung erforderliche Übergreifungslänge (Haupttrichtung) wird bei Matten ermittelt mit:

$$l_0 = \alpha_7 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min} \quad \text{mit} \quad l_{0,min} \geq \left\{ 0,3 \cdot \alpha_7 \cdot l_{b,rqd,y} ; s_q ; 200 \text{ mm} \right\}$$

Dabei ist:

$l_{b,rqd}$ der Grundwert der Verankerungslänge; $l_{b,rqd} = (a_{s,rqd}/a_{s,prov}) \cdot l_{b,rqd,y}$;

α_7 der Beiwert für die Übergreifungslänge bei Matten mit
 $\alpha_7 = 0,4 + 0,125 \cdot a_{s,prov}$ mit $1,0 \leq \alpha_7 \leq 2,0$;

$a_{s,prov}$ die vorhandene Querschnittsfläche der Bewehrung im betrachteten Schnitt in cm^2/m ;

$l_{0,min}$ der Mindestwert der Übergreifungslänge gemäß obiger Formel;

s_q der Abstand der geschweißten Querstäbe.

Die Querbewehrung der Matten darf in einem Schnitt gestoßen werden. Die Mindestwerte für die zugehörige Übergreifungslänge sind in der Tabelle 5.7 enthalten. Innerhalb der Übergreifungslänge zweier Stäbe der Querbewehrung müssen mindestens zwei Stäbe der Hauptbewehrung vorhanden sein (vgl. Bild 5.14).

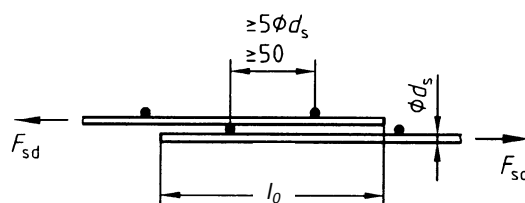


Bild 5.14: Stoß der Querbewehrung bei Betonstahlmatten

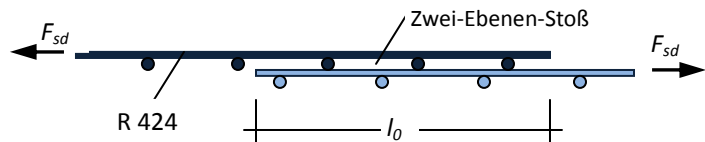
Tabelle 5.7: Erforderliche Übergreifungslängen für Mattenstöße in Querrichtung

Stabdurchmesser d_s in Querr.	Übergreifungslänge l_0
$d_s \leq 6$ mm	≥ 150 mm; jedoch mind. 1 Mattenmasche
$6 \text{ mm} < d_s \leq 8,5$ mm	≥ 250 mm; jedoch mind. 2 Mattenmaschen
$8,5 \text{ mm} < d_s \leq 12,0$ mm	≥ 350 mm; jedoch mind. 2 Mattenmaschen
$d_s > 12,0$ mm	≥ 500 mm; jedoch mind. 2 Mattenmaschen

Beispiel 5.6: Bestimmung der Übergreifungslänge bei Matten

Gegeben: Einachsige gespannte Platte mit erforderlicher Längsbewehrung $a_{s,rqd} = 3,95 \text{ cm}^2/\text{m}$; gewählte Matte ist eine R424 mit $4,24 \text{ cm}^2/\text{m}$; Baustoffe: C25/30 und B500; guter Verbund.

Gesucht: erforderliche Übergreifungslängen für Haupt- und Querbewehrung der R424.



Grundwert der Verankerungslänge (guter Verbundbereich; $d_s = 9$ mm):

$$l_{b,rqd,y} = \frac{d_s}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} = \frac{0,9}{4} \cdot \frac{43,48}{0,27} = 36,37 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad l_{b,rqd} = l_{b,rqd,y} \cdot \frac{a_{s,rqd}}{a_{s,prov}} = 36,37 \cdot \frac{3,95}{4,24} = 33,9 \text{ cm}$$

Erforderliche Übergreifungslänge in Längsrichtung der R424:

$$l_0 = \alpha_7 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

mit $\alpha_7 = 0,4 + 0,125 \cdot 4,24 = 0,93 \rightarrow \alpha_7 = 1,0$

$$l_{b,min} = \max \{0,3 \cdot 1,0 \cdot 36,37; 25; 20\} = 25,0 \text{ cm (nicht maßgebend)}$$

$$l_0 = 1,0 \cdot 33,9 = 33,9 \text{ cm} \geq 25,0 \text{ cm} = l_{b,min}$$

Erforderliche Übergreifungslänge in Querrichtung der R424:

beim Stabdurchm. von $d_s = 8$ mm ist als $l_{0,quer} = \max \{2 \text{ Maschen}; 250 \text{ mm}\}$ zu wählen.

gewählt: Mattenübergreifung in Längsrichtung: $l_{0,prov} = 35 \text{ cm} > 33,9 \text{ cm}$

in Querrichtung: $l_{0,prov,quer} = 35 \text{ cm}$ (entspricht $2,5 + 15,0 + 15,0 + 2,5 = 35 \text{ cm} > 25 \text{ cm}$)

5.5.5 Direkte Stoßverbindungen

Bei den direkten Stoßverbindungen soll auf folgende Arten hingewiesen werden (vgl. Betonkalender: Teil 1: „Stahl im Bauwesen“):

- a) geschweißter Stoß: Geschweißte Stöße werden aus Kostengründen auf Baustellen kaum noch ausgeführt. Zudem muss der ausführende Betrieb eine Zulassung für diese Arbeiten haben und die Arbeiten dürfen nur von geprüften Schweißern ausgeführt werden. Es gibt Einschränkungen bei nicht vorwiegend ruhender Einwirkung für die Schwingbreite. Ein mit Hilfe der Lichtbogenschweißung hergestellter Bewehrungsstoß ist der Überlappungsstoß und der Laschenstoß.

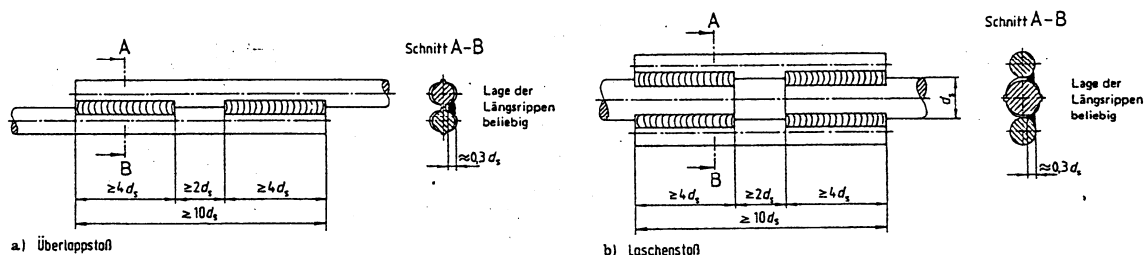


Bild 5.15: Geschweißter Überlappungs- und Laschenstoß

- b) **Pressmuffenstoß:** Beim Pressmuffenstoß wird eine mittig über die zu stoßenden Stabenden geschoebene Muffe mit Hilfe einer Presse auf die Betonstäbe gepresst. Die Betonstahlrippen werden dabei in das weichere Muffenmaterial kraftschlüssig eingedrückt. Die zulässige Beanspruchung kann bis zu 100 % des ungestoßenen Stabes betragen. Ein Nachteil ist der große Platzbedarf beim Einsatz der Pressen.

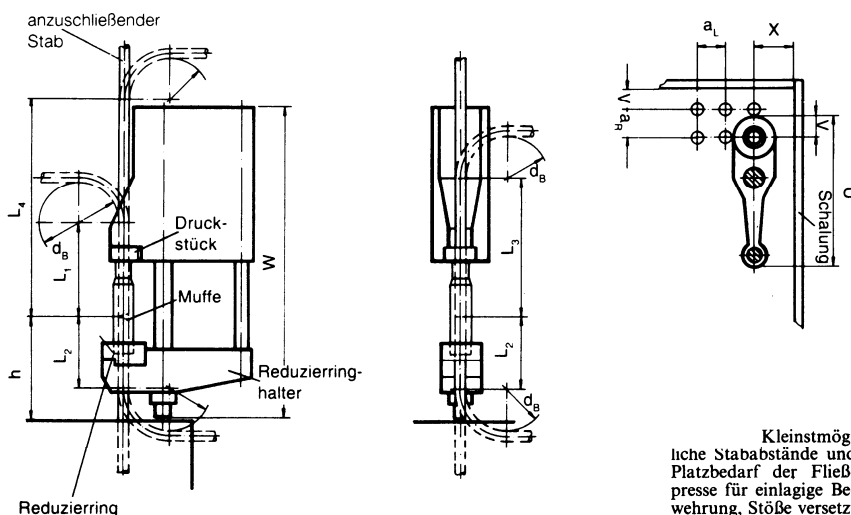


Bild 5.16: Pressmuffenstoß

- c) **Schraubmuffenstoß:** Grundlage für den Einsatz der Schraubmuffen ist die zeitlich begrenzte bauaufsichtliche Zulassung durch das Institut für Bautechnik in Berlin. Es gibt eine Vielzahl von Anbietern und Ausführungsformen. Die zu verbindenden Enden der Betonstäbe sind werkseitig mit aufgerollten, meist metrischen Gewinden versehen, die konisch gegen den Stab auslaufen. Die Gewindemuffen haben entweder rechtsgängiges oder gegenläufiges Gewinde. Zum Teil werden bereits einbaufertige Bewehrungsstäbe mit angesetzten Muffen geliefert. Bei einigen Fabrikaten muss die Schraubverbindung mit einem Anzugsmoment gegeneinander verspannt werden. Es sind 100%-Stöße möglich. Auf den erforderlichen Platzbedarf für die Anordnung der Schraubmuffen ist zu achten. Außerdem sind Einschränkungen hinsichtlich nicht vorwiegend ruhender Einwirkung zu berücksichtigen.



Bild 5.17: Schraubmuffenstoß

5.6 Verankerungen von Bügeln und Querkraftbewehrung

Die Querkraftbewehrung sollte mit der Schwerachse des Bauteils einen Winkel von 45° bis 90° bilden. Sie darf aus einer Kombination von Bügel, welche die Längszugbewehrung und die Druckzone umfassen, Schrägstäben und Querkraftzulagen in Form von Körben, Leitern usw., die ohne Umschließung der Längsbewehrung verlegt sind, bestehen.

Die Verankerung derartiger Bewehrungselemente richtet sich nach DIN EN 1992-1-1, 8.5. Bügel und Querkraftbewehrungen werden mit Haken, Winkelhaken oder durch angeschweißte Querstäbe verankert (Bild 5.18). Innerhalb eines Hakens oder Winkelhakens ist ein Querstab vorzusehen. Die Verankerungszone muss zwischen den Schwerpunkt der Druckzonenfläche und dem Druckrand liegen. Dies gilt im Allgemeinen als erfüllt, wenn die Querkraftbewehrung über die gesamte Querschnittshöhe reicht. Die Bügelbewehrung hat dabei die Zugbewehrung zu umschließen.

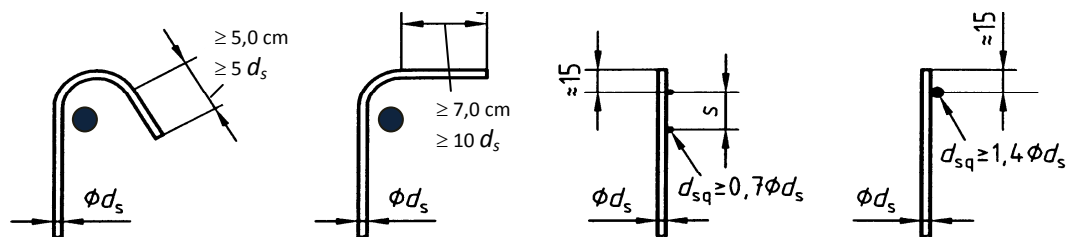


Bild 5.18: Verankerung von Bügeln

Die Verankerung in der Druck- oder Zugzone mit angeschweißten Querstäben nach Bild 5.18 ist nur zulässig, wenn durch eine ausreichende Betondeckung die Sicherheit gegenüber Abplatzen gewährleistet ist. Dies gilt als erfüllt, wenn die seitliche Betondeckung c_{min} der Bügel im Bereich der Verankerung mindestens $3 \cdot d_s$ und mindestens 50 mm beträgt. Für den Stabdurchmesser d_s ist der Stabdurchmesser des Bügels anzusetzen. Mindestwerte der Biegerollendurchmesser ergeben sich aus Tabelle 5.1.

Bei Balken sind die Bügel zu schließen. Hierbei wird zwischen dem Schließen der Bügel in der Druck- und Zugzone unterschieden. Bild 5.19 e) und f) zeigt die Möglichkeiten des Schließens der Bügel in der Druckzone. Bild 5.19 g) und h) regelt dies für den Zugzonenbereich. Hier ist der Bügel mit einer Übergreifung von l_0 erforderlich. Bei Plattenbalken dürfen die für die Querkrafttragfähigkeit erforderlichen Bügel im Bereich der Platte mittels durchgehender Querstäbe nach Bild 5.19 i) geschlossen werden, wenn der Bemessungswert der Querkraft V_{Ed} höchstens $2/3$ der maximalen Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,max}$ beträgt.

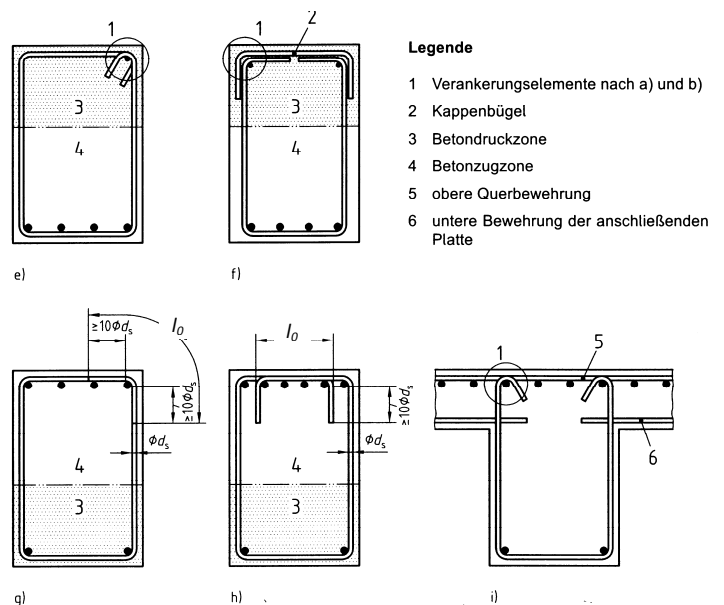


Bild 5.19: Schließen von Bügeln

Die weiteren Hinweise zur Ausbildung von Bügeln und anderer Querkraftbewehrung sind im Kap. 6 „Konstruktionsregeln“ zu finden.