

Institut für Stahlbetonbewehrung e. V. (ISB) (Hrsg.)

# Bewehren von Stahlbetontragwerken

nach DIN EN 1992-1-1  
mit Nationalem Anhang

- über Jahrzehnte entwickelte  
Arbeitshilfe erstmals als Fachbuch  
erhältlichaktuelle Neuauflage
- bewährte Planungshilfe im  
Betonbau

Die Arbeitshilfen des ISB e.V. haben sich seit vielen Jahren für Ingenieur:innen und Techniker:innen in der Praxis bewährt. Das Buch vermittelt die nötigen Kenntnisse für die konstruktiv beste Stahlbetonbewehrung und für den wirtschaftlichen Erfolg – unerlässlich trotz Bemessungs-Software.



2019 · 150 Seiten · 91 Tabellen

Softcover

ISBN 978-3-433-03308-1 € 19,90\*

## ÜBER DAS BUCH

Die Arbeitshilfen des Instituts für Stahlbetonbewehrung ISB e. V. haben sich bereits seit vielen Jahren als Unterstützung für Ingenieure und Techniker in der täglichen Praxis bewährt. Trotz aller elektronischen Bemessungs- und Konstruktionshilfen ist der Sachverständigen weiterhin das wichtigste Werkzeug des Bauingenieurs, um seiner Verantwortung für die technisch beste Umsetzung und den wirtschaftlichen Erfolg eines Projektes gerecht zu werden.

Hochwertige Stahlbetonbauteile enthalten die in rechnerischer und konstruktiver Hinsicht ausreichende Menge Bewehrung und geben der Gesamtkonstruktion Sicherheit gegen die bei der Bemessung in Ansatz gebrachten Beanspruchungen. Dabei ist es jedoch unerrentabel, wenn Ingenieure die theoretisch letztmögliche Einsparung an Bewehrung zeitaufwändig „heraus-

rechnen“. Eine Konstruktion mit wohldurchdachter Bewehrungsführung dankt es dem Tragwerksplaner durch Dauerhaftigkeit und die Aktivierung von zusätzlicher Sicherheit im Katastrophenfall. Erhebliches Einsparpotential liegt im Bauablauf, denn übersichtlich konstruierte Bewehrung erleichtert die Biegearbeiten und das Verlegen und verhindert Verwechslungen. Eine möglichst geringe Anzahl von Positionen trägt zur Kostenminimierung bei.

Dieses Buch ist im Zuge der Weiterentwicklung der Normung fortlaufend aktualisiert worden. Nachdem es über einige Jahre ausschließlich als Online-Version angeboten wurde, steht die Neuauflage nun wieder als Print-Buch zur Verfügung.

## BESTELLUNG

Anzahl	ISBN /	Titel	Preis
	978-3-433-03308-1	Bewehren von Stahlbetontragwerken	€ 19,90*

Bitte richten Sie Ihre Bestellung an:

Tel. +49 (0)30 47031-236

Fax +49 (0)30 47031-240

marketing@ernst-und-sohn.de

Privat

Geschäftlich

Firma, Abteilung

UST-ID Nr.

Name, Vorname

Telefon

Fax

Straße, Nr.

PLZ / Ort / Land

E-Mail

Datum / Unterschrift



www.ernst-und-sohn.de/3308

## BESTELLEN

+49 (0)30 470 31-236

marketing@ernst-und-sohn.de

www.ernst-und-sohn.de/3308



7	Vorwort
	Arbeitsblatt 1
9	<b>BESCHREIBUNG DER BETONSTÄHLE</b> <b>Sorten, Lieferformen, Eigenschaften</b>
	Arbeitsblatt 2
25	<b>IDENTIFIZIEREN VON BETONSTAHL</b> <b>Lieferprogramme der Hersteller</b>
	Arbeitsblatt 3
35	<b>GRUNDLAGEN DER BEMESSUNG</b> <b>Sicherheitskonzept, Nachweisverfahren,</b> <b>Schnittgrößenermittlung</b>
	Arbeitsblatt 4
47	<b>NACHWEISE DER TRAGFÄHIGKEIT</b> <b>– Querschnittsbemessung –</b>
	Arbeitsblatt 5
79	<b>NACHWEIS DER GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT</b>
	Arbeitsblatt 6
85	<b>SICHERSTELLUNG DER DAUERHAFTIGKEIT</b>
	Arbeitsblatt 7
89	<b>VERBUND, VERANKERUNGEN, STÖBE</b>
	Arbeitsblatt 8
107	<b>BEWEHRUNGS- UND KONSTRUKTIONSREGELN</b>
	Arbeitsblatt 9
129	<b>ERMÜDUNG</b>
	Arbeitsblatt 10
135	<b>SCHWEIßEN VON BETONSTAHL</b>
	Arbeitsblatt 11
141	<b>UNTERSTÜTZUNGEN</b> <small>Kurzfassung des DBV-Merkblattes „Unterstützungen“</small>
	Arbeitsblatt 12
145	<b>MECHANISCHE VERBINDUNGEN</b>
	Arbeitsblatt 13
147	<b>FORMELZEICHEN</b>



Ingenieure und Konstrukteure planen und erstellen die Bauwerke unserer Welt. Dabei haben sie den Blick auf das gesamte Objekt gerichtet und ihre Gedanken auf die Details der Tragwerke fokussiert. Der Sachverstand ist trotz aller elektronischer Bemessungs- und Konstruktionshilfen weiterhin das wichtigste Werkzeug des Bauingenieurs. Mit seinem Wissen und Können trägt er dabei die Verantwortung für die Technik, Wirtschaftlichkeit und den Erfolg des Projekts.

Unsere Arbeitshilfen unterstützen bereits seit vielen Jahren die Praktiker bei ihrer Arbeit. Dieses Heft ist im Zuge der Weiterentwicklung der Normung fortlaufend aktualisiert worden. Nachdem wir es einige Jahren ausschließlich als Online-Version bereitgestellt haben, haben wir beschlossen, es als Print-Version neu aufzulegen. Dabei haben wir auch das Layout angepasst. Wir danken allen, die zu der Umsetzung dieser Aktualisierung beigetragen haben; besonderer Dank gilt Herrn Dr.-Ing. Christian Piehl für die intensive Prüfung der Arbeitsblätter. Für die praktischen Ingenieure und Techniker steht damit das Heft zur *Bewehrung von Stahlbetontragwerken* wieder gedruckt zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen



Dr.-Ing. Michael Schwarzkopf

Geschäftsführender Vorstandsvorsitzender  
Institut für Stahlbetonbewehrung e.V.

**Hinweis:** Sämtliche Texte und Tabellen in diesem Buch sind nach bestem Wissen und Gewissen erstellt und geprüft worden; gleichzeitig können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Daher gilt im Zweifelsfall immer die zugrundeliegende Norm in ihrer aktuellen Fassung.

Alle Angaben ohne Gewähr.





# BEWEHREN VON STAHLBETONTRAGWERKEN

## nach DIN EN 1992-1-1 mit Nationalem Anhang

Stand 06/19

### Arbeitsblatt 6

## SICHERSTELLUNG DER DAUERHAFTIGKEIT

### DAUERHAFTIGKEIT, UMGEBUNGSBEDINGUNGEN (DIN EN 1992-1-1, 4.2 und 4.3)

Stahlbeton- und Spannbetonbauteile müssen dauerhaft sein gegen chemische und physikalische Einflüsse. Diese sind in Umgebungsbedingungen klassifiziert, wobei zwischen zwei Hauptgruppen unterschieden wird:

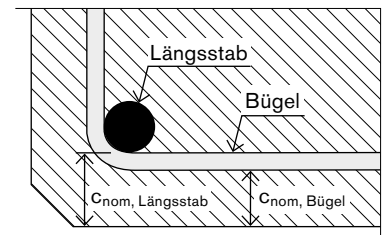
- Bewehrungskorrosion auslösende Einflüsse
- Betonangriff verursachende Einflüsse

Zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit sind je nach Expositionsklasse Mindestbetonfestigkeitsklassen und Mindestwerte der Betondeckung gefordert.

### BETONDECKUNG

Eine ausreichende Betondeckung gewährleistet Korrosionsschutz, Verbundtragfähigkeit und Brandschutz (sofern die dafür geltenden speziellen Regeln eingehalten werden). Für jedes einzelne Bewehrungselement ist das Nennmaß der Betondeckung  $c_{nom}$  wie folgt aus der Mindestbetondeckung  $c_{min}$  zu ermitteln und einzuhalten:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$



Mindestbetondeckung:  $c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$

mit	$c_{min,dur}$	Mindestbetondeckung aus Dauerhaftigkeitsanforderung
	$c_{min,b}$	Mindestbetondeckung aus Verbundanforderung
	$\Delta c_{dev}$	Vorhaltemaß, berücksichtigt unplanmäßige Abweichungen; für Verbundanforderung $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$ ; für Dauerhaftigkeitsanforderung $\Delta c_{dev} = 15 \text{ mm}$ (außer für XC1: $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$ ). Das Vorhaltemaß $\Delta c_{dev}$ darf bei entsprechenden Qualitätskontrollen um 5 mm abgemindert werden
	$\Delta c_{dur,\gamma}$	additives Sicherheitselement
	$\Delta c_{dur,st}$	Verringerung der Mindestbetondeckung bei Verwendung von nichtrostenden Stählen nach den jeweiligen Allgemeinen Bauaufsichtlichen Zulassungen des Stahls
	$\Delta c_{dur,add}$	Die ursprünglich in den DAfStb-Heften 525 und 600 erlaubte Reduktion bei dauerhafter rissüberbrückender Beschichtung wurde mit der A1-Änderung: 2015-12 gestrichen ( $\Delta c_{dur,add} = 0$ ).

Das **Verlegemaß der Bewehrung**  $c_v$  ist durch den Planer so festzulegen, dass das Nennmaß der Betondeckung  $c_{nom}$  für alle Bewehrungselemente eingehalten ist ( $c_v \geq c_{nom}$ ). Es ist auf den Verlegeplänen anzugeben. Das **Verlegemaß**  $c_v$  ist für die Ermittlung der statischen Nutzhöhe maßgebend.

## BETONSTAHL

Für **Betonstahl** ist die Dauerhaftigkeit durch eine ausreichende Betondeckung gewährleistet. Die Anforderungen an die Betondeckung sind in umseitiger Tabelle festgelegt, in der die Tabellen 4.1, 4.3DE und 4.4DE aus DIN EN 1992-1-1 (NA) zusammengefasst sind.

## SPANNSTAHL (NDP ZU 4.4.1.2 (3))

Für **Spannstahl** sind in der umseitigen Tabelle die Mindestwerte der Betondeckung  $c_{\min}$  um 10 mm zu erhöhen; ansonsten gelten die Angaben sinngemäß. Darüber hinaus ist zu beachten:

- Die Angaben zur Betondeckung beziehen sich auf die Oberfläche des Hüllrohres
- Bei Vorspannung mit **sofortigem** Verbund gelten zur Sicherstellung des Verbundes bei:  
 Litzen, profilierte Drähten:  $c_{\min,b} = 2,5 \cdot \sigma_p$   
 ( $\sigma_p$  Nenndurchmesser Litze, profilierter Draht)
- Bei Vorspannung mit nachträglichem Verbund gilt:  
 $c_{\min,b} = 1,0 \cdot \sigma_{\text{duct}} \leq 80 \text{ mm}$   
 ( $\sigma_{\text{duct}}$  Außendurchmesser des **runden** Hüllrohrs)  
 $c_{\min,b} = \max\{a; 0,5 b\} \leq 80 \text{ mm}$   
 (**rechteckige** Hüllrohre  $a \cdot b$  mit  $a \leq b$ )

## DAUERHAFTIGKEIT BEIM BEWEHREN MIT BETONSTAHL

Korrosions- art	Expositionsklasse 2)		Beispiele	Betondeckung 4), 5), 6), 8) [mm]			Mindestbeton- festigkeitsklasse
				c <sub>min,dur</sub>	Δ c <sub>dev</sub>	c <sub>nom</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	8
kein Angriffsrisiko	X 0	-	Innenbauteile ohne Bewehrung Umgebungen mit sehr geringer Luftfeuchte (RH≤30%) Fundamente ohne Bewehrung und ohne Frost	(10)			C12/15
Karbonati- sierungs- induzierte Korrosion	XC 1	Trocken oder ständig nass	Innenräume mit normaler Luftfeuchte; Bauteile, ständig unter Wasser	10	10	20	C16/20
	XC 2	Nass, selten trocken	Teile von Wasserbehältern, Gründungsbauteile	20	15	35	
	XC 3	Mäßige Luftfeuchte	Offene Hallen; Garagen; Innenräume mit hoher Luftfeuchte				
	XC 4	Wechselnd nass und trocken	Beregnete Außenbauteile; Bauteile in Wasserwechselzonen	25		40	C25/30
Chlorid- induzierte Korrosion (ohne Meerwasser)	XD 1	Mäßige Feuchte	Bauteile im Sprühnebelbereich von Verkehrsflächen; Einzelgaragen	40 <sup>7)</sup>	15	55	C30/37 <sup>10)</sup>
	XD 2	Nass, selten trocken	Schwimmbecken und Solebäder; Bauteile, die chlorid- haltigen Industrierwässern ausgesetzt sind				C35/45 <sup>10)</sup>
	XD 3	Wechselnd nass und trocken	Teile von Brücken mit häufiger Spritzwasserbeanspruchung; Fahrbahndecken; direkt befahrene Parkdecks <sup>3)</sup>				C35/45 <sup>10)</sup>
Chlorid- induzierte Korrosion aus Meerwasser	XS 1	Salzhaltige Luft, kein unmittelbarer Kontakt mit Meerwasser	Außenbauteile in Küstennähe	40 <sup>7)</sup>	15	55	C30/37 <sup>10)</sup>
	XS 2	Unter Wasser	Bauteile in Hafenbecken, ständig unter Wasser				C35/45 <sup>10)</sup>
	XS 3	Gezeitenzonen, Spritz- und Sprühwasserzonen	Kaimauern in Hafenanlagen				C35/45 <sup>10)</sup>
Bei gleichzeitigem Betonangriff durch Verschleiß (ohne beton- technische Maß- nahmen)	XM 1	Mäßiger Verschleiß	Direkt befahrene Bauteile mit mäßigem Verkehr	Mit Opferbeton <sup>14)</sup>	Erhöhung von c <sub>min</sub> um 5 mm		Ohne Opferbeton <sup>15)</sup>  mit w/z ≤ 0,55 C30/37 <sup>10)</sup> mit w/z ≤ 0,45 C35/45 <sup>10)</sup>
	XM 2	Starker Verschleiß	Durch schwere Gabelstapler direkt befahrene Bauteile; direkt beanspruchte Bauteile in Industrieanlagen; Silos		Erhöhung von c <sub>min</sub> um 10 mm		
	XM 3	Sehr starker Verschleiß	Durch Kettenfahrzeuge häufig direkt befahrene Bauteile		Erhöhung von c <sub>min</sub> um 15 mm		
Betonangriff durch Frost mit und ohne Tau- mittel	XF 1	Mäßige Wassersätti- gung, ohne Taumittel	Außenbauteile		-		C25/30
	XF 2	Mäßige Wassersätti- gung, mit Taumittel	Bauteile im Sprühnebel- oder Spritzwasserbereich von Taumittelbehandelten Verkehrsflächen; Bauteile im Sprüh- nebelbereich von Meerwasser		-		C25/30 LP C35/45
	XF 3	Hohe Wassersättigung, ohne Taumittel	offene Wasserbehälter; Bauteile in der Wasserwechselzone von Süßwasser		-		C25/30 LP C35/45
	XF 4	Hohe Wassersättigung, mit Taumittel	Verkehrsflächen, die mit Taumitteln behandelt werden; Überwiegend horizontale Bauteile im Spritzwasserbereich von taumittelbehandelten Verkehrsflächen; Meerwasserbauteile in der Wasserwechselzone		-		C30/37 LP LP <sup>13)</sup>
Betonangriff durch chemischen Angriff der Umgebung <sup>16)</sup>	XA 1	Chemisch schwach angreifende Umgebung	Behälter von Kläranlagen; Güllebehälter				C25/30 <sup>10)</sup>
	XA 2	Chemisch mäßig angreifende Umgebung und Meeresbauwerke	Betonbauteile, die mit Meerwasser in Berührung kommen; Bauteile in betonangreifenden Böden		-		C35/45 <sup>10)</sup>
	XA 3	Chemisch stark angrei- fende Umgebung	Industrieabwasseranlagen mit chemisch angreifenden Abwässern; Futtertische der Landwirtschaft; Kühltürme mit Rauchgasableitung				C35/45 <sup>10)</sup>
Betonkorrosion infolge Alkali- Kieselsäure- reaktion  Anhand der zu erwartenden Umgebungsbe- dingungen ist der Beton einer der folgenden Feuch- tigkeitsklassen zuzuordnen.	WO	Beton, der nach nor- maler Nachbehandlung nicht längere Zeit feucht und nach dem Aus- trocknen während der Nutzung weitgehend trocken bleibt.	Innenbauteile des Hochbaus; Bauteile, auf die Außenluft, nicht jedoch z.B. Niederschläge, Oberflächenwasser, Bodenfeuchte einwirken können und/oder die nicht ständig einer relativen Luftfeuchte von mehr als 80 % ausgesetzt werden.				
	WF	Beton, der während der Nutzung häufig oder längere Zeit feucht ist.	Ungeschützte Außenbauteile, die z.B. Niederschlägen, Oberflächenwasser oder Bodenfeuchte ausgesetzt sind; Innenbauteile des Hochbaus für Feuchträume, in denen die relative Luftfeuchte überwiegend höher als 80 % ist; Bauteile mit häufiger Taupunktunterschreitung, wie z.B. Schornsteine, Wärmeübertragungsstationen, Filterkam- mern und Viehställe; Massige Bauteile gemäß DAfStb-Richtlinie „Massige Bauteile aus Beton“, deren kleinste Abmessung 0,80 m überschreitet (unabhängig vom Feuchtezutritt)				
	WA	Beton, der zusätzlich zu der Beanspruchung nach Klasse WF häu- figer oder langzeitiger Alkalizufuhr von außen ausgesetzt ist.	Bauteile mit Meerwassereinwirkung; Bauteile unter Tausalzeinwirkung ohne zusätzliche hohe dynamische Beanspruchung (z.B. Spritzwasserbereiche, Fahr- und Stellflächen in Parkhäusern); Bauteile von Industrie- bauten und landwirtschaftlichen Bauwerken (z.B. Güllebehälter) mit Alkalisalzeinwirkung				

Fußnoten zur Tabelle *Dauerhaftigkeit beim Bewehren mit Betonstahl*

- 2) Für Betondeckung und Mindestbetonfestigkeit ist die Expositionsklasse mit der höchsten Anforderung maßgebend.
- 3) Zusätzlicher Oberflächenschutz für direkt befahrene Parkdecks notwendig, z. B. Beschichtung, siehe auch DafStb – Heft 600.
- 4)  $c_{\min, \text{dur}}$  darf um 5 mm verringert werden, wenn die Betonfestigkeitsklasse um 2 Festigkeitsklassen höher ist als die Mindestbetonfestigkeitsklasse; für Bauteile in der Umgebungsklasse XC 1 ist diese Abminderung unzulässig.
- 5) Zur Sicherstellung des Verbundes gilt:  $c_{\min} \geq d_s$  bzw.  $d_{sV}$  ( $d_{sV}$ -Vergleichsdurchmesser eines Stabbündels);  $\Delta c = 10 \text{ mm}$
- 6) Das Vorhaltemaß der für Dauerhaftigkeitsanforderungen ( $c_{\min, \text{dur}}$ )  $\Delta c_{\text{dev}} = 15 \text{ mm}$  (XC 1: 10 mm) bzw. für Verbundanforderungen ( $c_{\min, b}$ )  $\Delta c_{\text{dev}} = 10 \text{ mm}$ . Wird eine entsprechende Qualitätskontrolle bei Planung, Entwurf, Herstellung und Bauausführung nachgewiesen, darf  $\Delta c_{\text{dev}}$  um 5 mm abgemindert werden.
- 7) inklusive  $\Delta c_{\text{dur}, \gamma}$
- 8) Beim Betonieren gegen unebene Flächen ist  $\Delta c$  um das Differenzmaß der Unebenheit, jedoch mindestens um 20 mm zu erhöhen; beim Betonieren unmittelbar auf den Baugrund um 50 mm.
- 9) Soweit sich aus den Expositionsklassen für Betonangriff keine höheren Werte ergeben.
- 10) Bei Verwendung von Luftporenbeton eine Festigkeitsklasse niedriger; siehe auch Fußnote 11.
- 11) Diese Mindestbetonfestigkeitsklassen gelten für Luftporenbeton mit Mindestanforderungen an den mittleren Luftgehalt im Frischbeton nach DIN 1045-2 unmittelbar vor dem Einbau.
- 12) Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen ( $r < 0,30$  nach DIN EN 206-1) eine Festigkeitsklasse im Alter von 28 Tagen niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Betonfestigkeitsklasse ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen.
- 13) siehe Fußnoten <sup>d, e</sup> in Tabelle NA.E.1, DIN EN 1992-1-1/NA
- 14) Bei Berücksichtigung einer Opferbetonschicht entfällt die Mindestanforderung an eine Betonfestigkeitsklasse (vgl. NDP Zu 4.4.1.2 (13)).
- 15) Anforderungen an die Betonzusammensetzung für XM-Klassen ohne Opferbeton sind in DIN 1045-2 geregelt.
- 16) Grenzwerte für die Expositionsklassen bei chemischem Angriff XA sind in DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 angegeben.







# BEWEHREN VON STAHLBETONTRAGWERKEN

## nach DIN EN 1992-1-1 mit Nationalem Anhang

Stand 06/19

### Arbeitsblatt 7

## VERBUND, VERANKERUNGEN, STÖBE

### 1 VERBUNDFESTIGKEIT (DIN EN 1992-1-1, 8.4.2)

Die Verbundtragfähigkeit muss zur Vermeidung von Verbundversagen ausreichend sein.

Die Qualität des Verbundes hängt ab von:

- der Oberflächengestalt des Betonstahls
- den Abmessungen des Bauteils
- Lage und Neigungswinkel der Bewehrung während des Betonierens

#### 1.1 BEMESSUNGSWERTE DER VERBUNDFESTIGKEIT $f_{bd}$ [N/mm<sup>2</sup>]

$$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} \quad \text{mit} \quad f_{ctd} \quad \begin{array}{l} \text{Bemessungswert der Betonzugfestigkeit} \\ \alpha_{ct} \cdot f_{ctk}; 0,05 / \gamma_c \quad \text{mit} \quad \alpha_{ct} = 1,0 \text{ bei Verbundspannungen} \\ \eta_1 \quad \text{Verbundfaktor nach 1.2} \\ \eta_2 \quad \text{Beiwert zur Berücksichtigung des Stabdurchmessers} \\ \quad = 1,0 \text{ bei Stabdurchmesser } \varnothing \leq 32 \text{ mm } ^1) \end{array}$$

$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
$\gamma_c$		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
$f_{bd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	„gut“	2,00	2,32	2,69	3,04	3,37	3,68	3,99	4,28	4,43	4,57	4,57 <sup>2)</sup>	4,57 <sup>2)</sup>	4,57 <sup>2)</sup>	4,57 <sup>2)</sup>
	„mäßig“	1,40	1,62	1,89	2,13	2,36	2,58	2,79	2,99	3,10	3,20	3,39	3,56	3,71	3,85

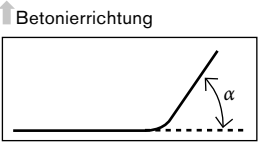
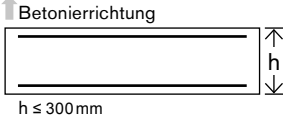
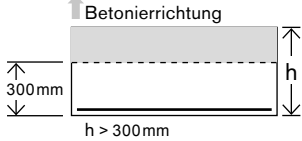
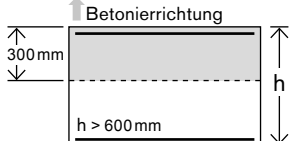
<sup>1)</sup> für Stabdurchmesser  $\varnothing > 32$  mm sind die Werte  $f_{bd}$  mit dem Faktor  $\eta_2 = (132 - \varnothing) / 100$  abzumindern ( $\varnothing$  in mm)

<sup>2)</sup> Begrenzung auf den Wert für C60/75 aufgrund der zunehmenden Sprödigkeit von höherfestem Beton

## 1.2 VERBUNDBEDINGUNGEN

### 1.2.1 „GUTE“ VERBUNDBEDINGUNGEN – VERBUNDFAKTOR $\eta_1 = 1,0$

Stäbe mit  $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$  | Stäbe mit  $\alpha < 45^\circ$  während des Betonierens bei Bauteilen mit

	h ≤ 300 mm alle Stäbe	300 < h < 600 mm Stäbe höchstens 300 mm über der Unterkante	h ≥ 600 mm Stäbe mindestens 300 mm unter der Oberkante
			

Für liegend gefertigte Bauteile bei Verdichtung mit Außenrüttlern und  $h \leq 500$  mm darf ebenfalls guter Verbund angenommen werden.

### 1.3.1 „MÄßIGE“ VERBUNDBEDINGUNGEN – VERBUNDFAKTOR $\eta_1 = 0,7$

- In allen Fällen, die nicht den guten Verbundbedingungen zuzuordnen sind (schraffierte Bereiche in den Bildern von 1.2.1).
- Bei Bauteilen, die in Gleitbauweise erstellt werden, für alle Stäbe.

## 2 VERANKERUNGEN (DIN EN 1992-1-1, 8.4)

### 2.1 GRUNDWERT DER VERANKERUNGSLÄNGE $l_{b,rqd}$

$$l_{b,rqd} = \frac{\sigma}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} \quad \text{mit} \quad \sigma \quad \text{Stabdurchmesser}$$

$\sigma_{sd}$  vorhandene Stahlspannung (im GZT) am Beginn der Verankerungslänge;  
nach Heft 600 ist hier der Wert  $f_{yd}$  zu verwenden (die Abminderung der Stahlspannung erfolgt dann für  $l_b$  nach 2.2)

$f_{bd}$  Bemessungswert der Verbundfestigkeit (siehe 1.1)

**Grundwert der Verankerungslänge bezogen auf den Stabdurchmesser:  $l_{b,rqd} / \sigma$  ( $\sigma \leq 32$  mm)**

$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
$l_b / \sigma$	„gut“	54	47	40	36	32	30	27	25	25	24	24	24	24	24
	„mäßig“	78	67	58	51	46	42	39	36	35	34	32	31	29	28

## 2.2 BEMESSUNGSWERT DER VERANKERUNGSLÄNGE $l_{bd}$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \cdot \frac{A_{s,erf}}{A_{s,vorh}} \geq l_{b,min}$$

(gemessen entlang der Mittellinie)

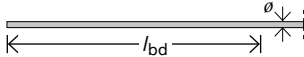
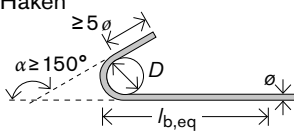
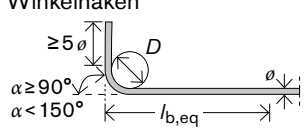
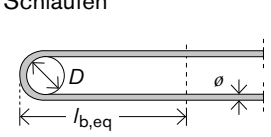
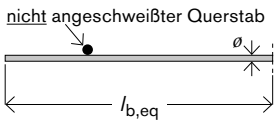
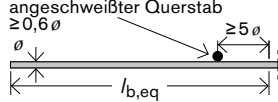
Ersatzverankerungslänge für Haken/Schlaufen:

$$l_{b,eq} = l_{bd}$$

(gemessen bis Außenkante Haken/Schleife)

mit	$\alpha_1$	Berücksichtigung der Verankerungsart nach 2.3, <b>aber:</b> Einfluss angeschweißter Querstäbe darf <b>nicht</b> angesetzt werden
	$\alpha_3$	Berücksichtigung Querstäbe nach 2.3
	$\alpha_4$	Berücksichtigung von angeschweißten Querstäben nach 2.3
	$\alpha_5$	Berücksichtigung Querdruck nach 2.3
	$l_{b,rqd}$	mit $\sigma_{sd} = f_{yd}$ ermitteltes Grundmaß der Verankerungslänge
	$A_{s,erf}, A_{s,vorh}$	erforderliche und vorhandene Querschnittsfläche der zu verankernden Bewehrung
	$l_{b,min}$	Mindestwert der Verankerungslänge: Bei Verankerung unter Zug $\geq \max \{0,3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_4 \cdot l_{b,rqd}; 10 \varnothing\}$ (bzw. $6,7 \varnothing$ bei direkter Lagerung) Bei Verankerung unter Druck $\geq \max \{0,6 l_{b,rqd}; 10 \varnothing\}$ (für $l_{b,min}$ ist $l_{b,rqd}$ mit $\sigma_{sd} = f_{yd}$ zu ermitteln)

## 2.3 ZULÄSSIGE VERANKERUNGSARTEN VON BETONSTAHL UND DAZUGEHÖRIGE BEIWERTE $\alpha_i$

	Verankerungsarten	Beiwert $\alpha_i$	
		Zugstäbe	Druckstäbe
1	Gerade Stabenden 	$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
2	<div>Haken </div> <div>Winkelhaken </div> <div>Schlaufen </div>	$\alpha_1 = 0,7^2)$ , wenn $c_d \geq 3 \varnothing$ , sonst $\alpha_1 = 1,0^1)$	5)
3	Stabenden mit nicht an der Hauptbewehrung angeschweißten Querstäben: mit: $K=0,1$ (Querstab liegt innerhalb $D$ eines Endhakens) $K=0,05$ (Querstab liegt außerhalb $D$ eines Endhakens und liegt in Richtung Bauteilachse) $K=0$ (Querstab liegt außerhalb der Hauptbewehrung) 	$\alpha_3 = 1 - K \cdot \lambda^3$ $0,7 \leq \alpha_3 \leq 1,0$	$\alpha_3 = 1,0$
4	Stabenden mit mindestens einem angeschweißten Querstab im Abstand von mind. $5 \cdot \varnothing$ vom Verankerungsbeginn ( $l_{b,eq}$ ) 	$\alpha_4 = 0,7^4)$	$\alpha_4 = 0,7$
5	Kombination von Zeile 2 und 4	$\alpha_1 \cdot \alpha_4 = 0,5$ ( $0,7$ ) <sup>1)</sup>	5)
6	Querdruck: - aus Pressung $p$ (GZT) in $[N/mm^2]$ - bei direkter Lagerung (außer bei Übergreifungsstößen mit $s \leq 10 \cdot \varnothing$ )	$\alpha_5 =$ $1 - 0,04 \cdot p$ $0,7 \leq \alpha_5 \leq 1,0$	-

1)  $\alpha_1 = 0,7$  für  $c_d < 3 \varnothing$  darf angesetzt werden, wenn Querdruck oder eine enge Verbügelung vorhanden ist.

2) Bei Schlaufenverankerung mit Biegerolldurchmesser  $D \geq 15 \cdot \varnothing$  und  $c_d > 3 \cdot \varnothing$  darf  $\alpha_1$  auf 0,5 reduziert werden.

3)  $\lambda = (\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st,min}) / A_{st}$  mit:  $\Sigma A_{st}$  Querschnittsfläche der Querbewehrung innerhalb  $l_{bd}$

$\Sigma A_{st,min}$  Querschnittsfläche der Mindestquerbewehrung

$\Sigma A_{st,min} = 0,25 A_s$  für Balken und  $\Sigma A_{st,min} = 0$  für Platten

$A_s$  Querschnittsfläche des größten einzelnen verankerten Stabs

4)  $\alpha_4 = 0,5$  für gerade Stabenden mit mindestens zwei angeschweißten Stäben innerhalb von  $l_{b,eq}$  (Stababstand  $s < 100$  mm und  $s \geq 5 \varnothing$  bzw. 50 mm), jedoch nur Zulässig bei Einzelstäben mit  $\varnothing \leq 16$  mm (bzw. 12 mm bei Doppelstäben)

5) Die Verankerung abgebogener Druckstäbe ist nicht zulässig!

## 2.4 ERFORDERLICHE QUERBEWEHRUNG IM VERANKERUNGSBEREICH

Im Verankerungsbereich müssen örtliche Querzugspannungen aufgenommen werden, um ein Spalten des Betons infolge Sprengwirkung zu verhindern. Dies gilt als erfüllt, wenn:

- Konstruktive Maßnahmen oder andere günstige Einflüsse (z.B. Querdruck) ein Spalten des Betons verhindern.
- Bei Balken und bei Stützen die Bügel und bei Platten oder Wänden die Querbewehrung (z.B. nach DIN EN 1992-1-1, 9.6.4), angeordnet werden.

Bei Balken ist im Verankerungsbereich mindestens folgende Querbewehrung erforderlich:

- parallel zur Zugseite:  $A_{st} = n_1 \cdot 0,25 \cdot A_s$  (nur bei  $\varnothing > 32$  mm, vgl. DIN EN 1992-1-1, 8.8 (6))
- senkrecht zur Zugseite:  $A_{st} = n_2 \cdot 0,25 \cdot A_s$  (nur bei  $\varnothing > 32$  mm, vgl. DIN EN 1992-1-1, 8.8 (6))

mit  $A_s$                       Querschnittsfläche eines verankerten Stabes  
 $n_1$                       Anzahl der zu verankernden Bewehrungslagen  
 $n_2$                       Anzahl der zu verankernden Stäbe in jeder Bewehrungslage

- Die Querbewehrung ist gleichmäßig über den Verankerungsbereich zu verteilen. Der Verlegeabstand soll etwa dem 5-fachen Durchmesser des zu verankernden Stabes entsprechen (vgl. DIN EN 1992-1-1, 8.8 (7)).