

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 erhältlich aktuelle 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 Sachverständige 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 unrentabel, 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*

Privat

Geschäftlich

Bitte richten Sie Ihre Bestellung an:

Tel. +49 (0)30 47031-236

Fax +49 (0)30 47031-240

marketing@ernst-und-sohn.de

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 47031-236

marketing@ernst-und-sohn.de

www.ernst-und-sohn.de/3308



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



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 Zweifelsfalle 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:

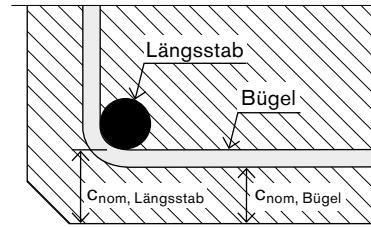
- Bewehrungskorrosion auslösende Einflüsse
- Betonangriff verursachende Einflüsse

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:

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



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

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

Das **Verlegemaß der Bewehrung** c_v ist durch den Planer so festzulegen, dass das Nennmaß der Betondeckung c_{nom} für alle Bewehrungselemente eingehalten ist ($c_v \geq c_{\text{nom}}$). 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 Drähte: $c_{min,b} = 2,5 \cdot \phi_p$
(ϕ_p Nenndurchmesser Litze, profilerter Draht)
- Bei Vorspannung mit nachträglichem Verbund gilt:
 $c_{min,b} = 1,0 \cdot \phi_{duct} \leq 80 \text{ mm}$
(ϕ_{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

Korrosionsart	Expositionsklasse ²⁾			Beispiele	Betondeckung ^{4), 5), 6), 8) [mm]}			Mindestbetonfestigkeitsklasse			
					$c_{min,dur}$	Δc_{dev}	c_{nom}				
1	2	3	4		5	6	7	8			
kein Angriffsrisiko	X 0	-	Innenbauteile ohne Bewehrung Umgebungen mit sehr geringer Luftfeuchte ($RH \leq 30\%$) Fundamente ohne Bewehrung und ohne Frost	(10)			C12/15				
Karbonatisierungs-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			C20/25					
	XC 4	Wechselnd nass und trocken	Beregnete Außenbauteile; Bauteile in Wasserwechselzonen	25	40	40	C25/30				
Chlorid-induzierte Korrosion (ohne Meerwasser)	XD 1	Mäßige Feuchte	Bauteile im Sprühnebelbereich von Verkehrsflächen; Einzelgaragen	40 ⁷⁾	15	55	C30/37 ¹⁰⁾				
	XD 2	Nass, selten trocken	Schwimmbecken und Solebäder; Bauteile, die chlorid-haltigen Industriewässern ausgesetzt sind				C35/45 ¹⁰⁾				
	XD 3	Wechselnd nass und trocken	Teile von Brücken mit häufiger Spritzwasserbeanspruchung; Fahrbahndecken; direkt befahrene Parkdecks ³⁾				C35/45 ¹⁰⁾				
Chlorid-induzierte Korrosion aus Meerwasser	XS 1	Salzhaltige Luft, kein unmittelbarer Kontakt mit Meerwasser	Außenbauteile in Küstennähe	40 ⁷⁾	15	55	C30/37 ¹⁰⁾				
	XS 2	Unter Wasser	Bauteile in Hafenbecken, ständig unter Wasser				C35/45 ¹⁰⁾				
	XS 3	Gezeitenzonen, Spritz- und Sprühwasserzonen	Kaimauern in Hafenanlagen				C35/45 ¹⁰⁾				
Bei gleichzeitigem Betonangriff durch Verschleiß (ohne betontechnische Maßnahmen)	XM 1	Mäßiger Verschleiß	Direkt befahrene Bauteile mit mäßigem Verkehr	Mit Opferbeton ¹⁴⁾	Erhöhung von c_{min} um 5 mm		C30/37 ¹⁰⁾ mit w/z ≤ 0,55 C30/37 ¹⁰⁾ mit w/z ≤ 0,45 C35/45 ¹⁰⁾				
	XM 2	Starker Verschleiß	Durch schwere Gabelstapler direkt befahrene Bauteile; direkt beanspruchte Bauteile in Industrieanlagen; Silos		Erhöhung von c_{min} um 10 mm						
	XM 3	Sehr starker Verschleiß	Durch Kettenfahrzeuge häufig direkt befahrene Bauteile		Erhöhung von c_{min} um 15 mm						
Betonangriff durch Frost mit und ohne Taumittel	XF 1	Mäßige Wassersättigung, ohne Taumittel	Außenbauteile	-			C25/30				
	XF 2	Mäßige Wassersättigung, mit Taumittel	Bauteile im Sprühnebel- oder Spritzwasserbereich von Taumittelbehandelten Verkehrsflächen; Bauteile im Sprühnebelbereich 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 ¹³⁾				
Betonangriff durch chemischen Angriff der Umgebung ¹⁶⁾	XA 1	Chemisch schwach angreifende Umgebung	Behälter von Kläranlagen; Güllebehälter	-	-		C25/30 ¹⁰⁾				
	XA 2	Chemisch mäßig angreifende Umgebung und Meeresbauwerke	Betonbauteile, die mit Meerwasser in Berührung kommen; Bauteile in betonangreifenden Böden				C35/45 ¹⁰⁾				
	XA 3	Chemisch stark angreifende Umgebung	Industrieabwasseranlagen mit chemisch angreifenden Abwässern; Futtertische der Landwirtschaft; Kühltürme mit Rauchgasableitung				C35/45 ¹⁰⁾				
Betonkorrosion infolge Alkali-Kieselsäure-reaktion	WO	Beton, der nach normaler Nachbehandlung nicht längere Zeit feucht und nach dem Austrocknen 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, Filterkammern 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 häufiger 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 Industriebauten 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) $c_{\min,dur}$ 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 ($c_{\min,dur}$) $\Delta c_{dev} = 15\text{ mm}$ (XC 1: 10 mm) bzw. für Verbundanforderungen ($c_{\min,b}$) $\Delta c_{dev} = 10\text{ mm}$. Wird eine entsprechende Qualitätskontrolle bei Planung, Entwurf, Herstellung und Bauausführung nachgewiesen, darf Δc_{dev} um 5 mm abgemindert werden.
- 7) inklusive $\Delta c_{dur,y}$
- 8) Beim Betonieren gegen unebene Flächen ist Δc 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 d, e 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 Oferbeton 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/mm²]

$$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} \quad \text{mit} \quad f_{ctd} \quad \text{Bemessungswert der Betonzugfestigkeit}$$

$\alpha_{ct} \cdot f_{ctk} \cdot 0,05 / \gamma_c$ mit $\alpha_{ct} = 1,0$ bei Verbundspannungen

η_1 Verbundfaktor nach 1.2

η_2 Beiwert zur Berücksichtigung des Stabdurchmessers
= 1,0 bei Stabdurchmesser $\varnothing \leq 32 \text{ mm}$ 1)

f_{ck} [N/mm ²]	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
γ_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 ²]	„gut“	2,00	2,32	2,69	3,04	3,37	3,68	3,99	4,28	4,43	4,57	4,57 ²⁾	4,57 ²⁾	4,57 ²⁾
	„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

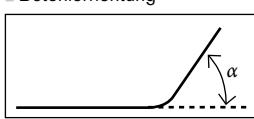
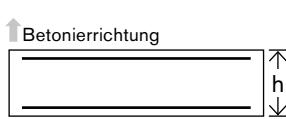
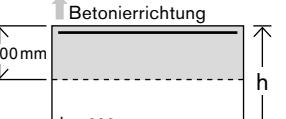
1) für Stabdurchmesser $\varnothing > 32 \text{ mm}$ sind die Werte f_{bd} mit dem Faktor $\eta_2 = (132 - \varnothing) / 100$ abzumindern (\varnothing in mm)

2) 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

	$h \leq 300 \text{ mm}$ alle Stäbe	$300 < h < 600 \text{ mm}$ Stäbe höchstens 300 mm über der Unterkante	$h \geq 600 \text{ mm}$ Stäbe mindestens 300 mm unter der Oberkante
	 $h \leq 300 \text{ mm}$	 $300 < h < 600 \text{ mm}$ $h > 300 \text{ mm}$	 $h \geq 600 \text{ mm}$ $h > 600 \text{ mm}$

Für liegend gefertigte Bauteile bei Verdichtung mit Außenrüttlern und $h \leq 500 \text{ mm}$ 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 $l_{b,rqd}$

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

σ_{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: $l_{b,rqd} / \varnothing$ ($\varnothing \leq 32 \text{ mm}$)

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

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)

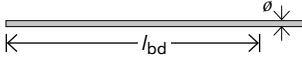
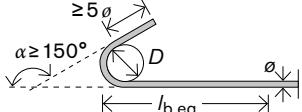
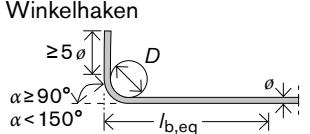
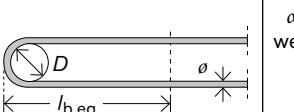
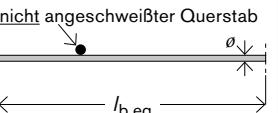
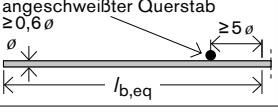
Ersatzverankerungslänge für Haken/Schlaufen:

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

(gemessen bis Außenkante Haken/Schlaufe)

mit	α_1	Berücksichtigung der Verankerungsart nach 2.3, aber: Einfluss angeschweißter Querstäbe darf nicht angesetzt werden
	α_3	Berücksichtigung Querstäbe nach 2.3
	α_4	Berücksichtigung von angeschweißten Querstäben nach 2.3
	α_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 VERANKERUNGSSARTEN VON BETONSTAHL UND DAZUGEHÖRIGE BEIWERTE α_i

	Verankerungsarten	Beiwert α_i			
		Zugstäbe	Druckstäbe		
1	Gerade Stabenden		$\alpha_1 = 1,0$		
2	Haken  $\alpha \geq 150^\circ$ $\geq 5\varnothing$ $\alpha \geq 90^\circ$ $\alpha < 150^\circ$ $\geq 5\varnothing$ D \varnothing $l_{b,eq}$	 $\alpha \geq 90^\circ$ $\alpha < 150^\circ$ $\geq 5\varnothing$ D \varnothing $l_{b,eq}$	 D \varnothing $l_{b,eq}$	$\alpha_1 = 0,7^2)$, 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)	 $l_{b,eq}$	$\alpha_3 = 1 - K \cdot \lambda^3)$ $0,7 \leq \alpha_3 \leq 1,0$	$\alpha_3 = 1,0$	
4	Stabenden mit mindestens einem angeschweißten Querstab im Abstand von mind. $5 \cdot \varnothing$ vom Verankерungsbeginn ($l_{b,eq}$)	 \varnothing $l_{b,eq}$	$\alpha_4 = 0,7^4)$	$\alpha_4 = 0,7$	
5	Kombination von Zeile 2 und 4		$\alpha_1 \cdot \alpha_4 = 0,5$ ($0,7^1)$	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 Biegerollendurchmesser $D \geq 15 \cdot \varnothing$ und $c_d > 3 \cdot \varnothing$ darf α_1 auf 0,5 reduziert werden.

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

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

$\sum A_{st,min} = 0,25 A_s$ für Balken und $\sum A_{st,min} = 0$ 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 Querzugsspannungen 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)).