

# Probekapitel

*Bemessung von Befestigungen in Beton - Einführung mit Beispielen*

Autor: Thilo Pregartner

Copyright © 2009 Ernst & Sohn, Berlin

ISBN: 978-3-433-02930-5

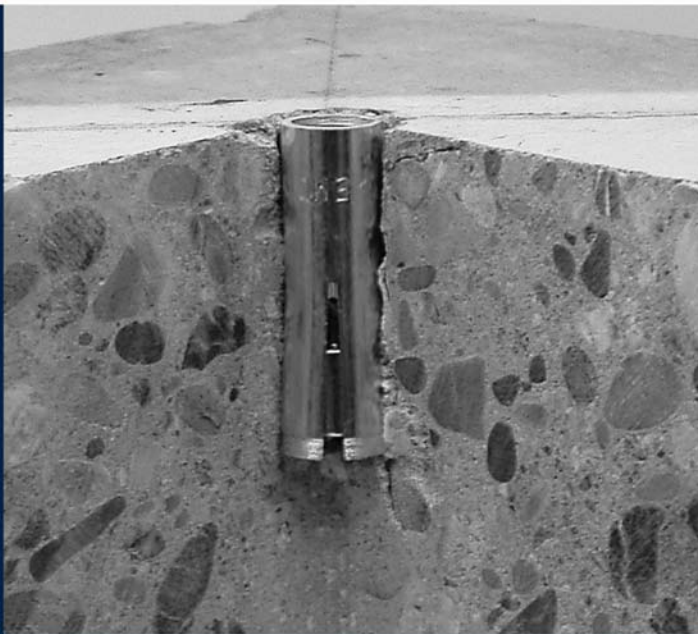
---

**BiP**

## Bemessung von Befestigungen in Beton Einführung mit Beispielen

Thilo Pregartner

Bauingenieur-Praxis



**Ernst & Sohn**  
A Wiley Company

---

Wilhelm Ernst & Sohn  
Verlag für Architektur und  
technische Wissenschaften  
GmbH & Co. KG  
Rotherstraße 21, 10245 Berlin  
Deutschland  
[www.ernst-und-sohn.de](http://www.ernst-und-sohn.de)

**Ernst & Sohn**  
A Wiley Company

## 9 Bemessungsbeispiele

Als Hilfe bei der Bearbeitung der Bemessungsbeispiele kann die Zusammenfassung der Arbeits- und Berechnungsschritte in Kapitel 10 verwendet werden. Dort sind die wichtigsten Gleichungen des Bemessungsverfahrens übersichtlich zusammengefasst.

Im vorliegenden Buch wurden in Kapitel 5 die Bemessungsverfahren für Metalldübel, Kopfbolzen und Verbunddübel in Beton ausführlich vorgestellt. Bedingt durch die Umstellung bei der Bemessung auf die Vornorm [9] und durch die Tatsache, dass derzeit zwei Versionen der Bemessungsrichtlinien für Metalldübel (ETAG 001, Annex C) zur Verfügung stehen, wurden in Kapitel 5 auch die Unterschiede der gültigen Bemessungsrichtlinien dargelegt. Wesentliche Unterschiede zwischen den Bemessungsrichtlinien bestehen bei der Bemessung von Metalldübeln und Kopfbolzen für die Versagensart Betonkantenbruch unter Querlast. Bei Kopfbolzen sind zwei Ansätze zur Berechnung des Widerstandes bei lokalem Betonausbruch vorhanden. Für Verbunddübel existieren zwei unterschiedliche Bemessungsansätze für die Versagensart Herausziehen. Die beschriebenen Unterschiede zwischen den Bemessungsrichtlinien ergeben sich in keinem Falle durch eine Veränderung der prinzipiellen Vorgehensweise bei einem Bemessungsnachweis, sondern in der Regel durch Modifikationen oder Ergänzungen der Ausgangsgleichungen.

Im vorliegenden Buch sind zu allen Bemessungsansätzen Beispiele enthalten. Diese befinden sich entweder im vorliegenden Kapitel, im Kapitel mit den Basisbeispielen (Kapitel 6) oder in Kapitel 5 als Zwischenbeispiele zur Verdeutlichung des Sachverhaltes.

In den folgenden Anwendungsbeispielen wurde jedes Beispiel entsprechend einer der Bemessungsrichtlinien ausgearbeitet. In der Regel wurden die aktuellen Versionen angewendet. Die verwendete Richtlinie ist jeweils in der Schnellübersicht am Anfang jedes Beispiels angegeben. Es können auch mehrere Richtlinien angegeben sein, wenn für die geführten Nachweise keine Unterschiede zwischen den Richtlinien bestehen, die das Ergebnis des Beispiels beeinflussen. Es ist ebenfalls zu beachten, dass durch die im Allgemeinen geringen Unterschiede zwischen den Bemessungsrichtlinien jedes Beispiel leicht an eine andere Bemessungsrichtlinie angepasst werden kann.

Für Verbunddübel werden im aktuellen Kapitel hauptsächlich Anwendungsbeispiele mit Bemessung nach der aktuellen Richtlinie TR 029 bzw. CEN TS, [4] und [9], gezeigt, da die bis 2008 gültige Vorgehensweise bei der Bemessung für Verbunddübel aus den Bemessungsbeispielen für Metalldübel abgeleitet werden kann. Weiterhin werden Produkte, die das bis 2008 gültige Bemessungsverfahren anwenden, im Lauf der Zeit vom Markt verschwinden.

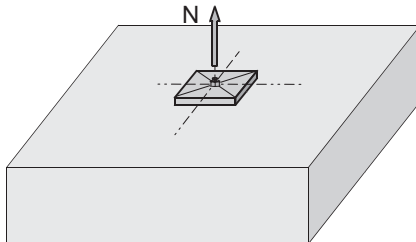
## 9.1 Beispiele für Einzelbefestigungen, Bemessungsverfahren A

### 9.1.1 Zugbelastung

#### Beispiel 9.1.1.1 Einzeldübel in der Fläche, gerissener Beton, Hinterschnittdübel

Schnellübersicht Befestigungssituation:

Anzahl Dübel	n	[-]	1	Untergrund	[-]	C50/60	
Randabstand	$c_1$	[mm]	-		[-]	Gerissener Beton	
	$c_2$	[mm]	-	Dübeltyp	[-]	Hinterschnittdübel	
Achsabstand	$s_1$	[mm]	-		[-]	Kapitel 8.1.3	
	$s_2$	[mm]	-		[-]	M16	
Bauteildicke	h	[mm]	250	Verankerungstiefe	$h_{ef}$	[mm]	120
Belastung	$N_{k,G}$	[kN]	15	Versagensart			Betonausbruch
	$N_{k,Q}$	[kN]	20	Bemessungsrichtlinie			[2], [3], [9]
	$V_{k,G}$	[kN]	-				
	$V_{k,Q}$	[kN]	-				
	$M_k$	[kNm]	-				



*Belastung:*

Belastung durch ständige Last:

$$G_k = N_{k,G} = 15 \text{ kN}$$

Belastung durch Verkehrslast:

$$Q_k = N_{k,Q} = 20 \text{ kN}$$

Berechnung der Belastung des Einzeldübel (entspricht der Belastung des höchstbelasteten Dübel):

$$\begin{aligned} S_d = N_{Sd} = N_{Sd}^h &= 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_k = 1,35 \cdot 15 \text{ kN} + 1,5 \cdot 20 \text{ kN} \\ &= 50,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

*Befestigungssituation:*

Einzeldübel in der Fläche

Randabstand  $c > 10 \cdot h_{ef}$

Bauteildicke  $h = 250 \text{ mm}$

geplant: Hinterschnittdübel mit ETA nach Kapitel 8.1.3

*Untergrundeigenschaften:* Gerissener Beton, Betonfestigkeitsklasse C50/60

*Überprüfung der minimalen Rand- und Achsabstände:*

Hinterschnittdübel M16, gerissener Beton

Kapitel 8.1.3 Montageparameter, Zeile 2 und Zeile 4:

$$c_{\min} = 100 \text{ mm} \leq 10 \cdot h_{ef} \checkmark$$

Bauteildicke:  $h_{\min} = 240 \text{ mm} \leq 250 \text{ mm} \checkmark$

### Bemessung

Bemessungsverfahren A, d. h. Nachweis für alle Versagensarten

Zugbelastung:

– Versagensart Stahlversagen

Kapitel 8.1.3 Bemessungsverfahren A, zentrischer Zug, Zeile 2 und Zeile 3:

$$N_{Rk,s} = 125 \text{ kN}$$

$$\gamma_{Ms} = 1,5$$

$$N_{Rd,s} = \frac{125 \text{ kN}}{1,5} = 83,3 \text{ kN} \geq N_{Sd}^h = 50,3 \text{ kN} \checkmark$$

– Versagensart Herausziehen

Kapitel 8.1.3 Bemessungsverfahren A, zentrischer Zug, Zeile 5:

Versagensart Herausziehen ist nicht maßgebend  $\checkmark$

– Versagensart Betonausbruch

Kapitel 8.1.3 Bemessungsverfahren A, zentrischer Zug, Zeile 11 bis Zeile 15:

$$h_{ef} = 120 \text{ mm}$$

$$\gamma_{Mc} = 1,5$$

$$s_{cr,N} = 2 \cdot c_{cr,N} = 3 \cdot h_{ef} = 360 \text{ mm}$$

$$c_{cr,N} = 1,5 \cdot h_{ef} = 180 \text{ mm}$$

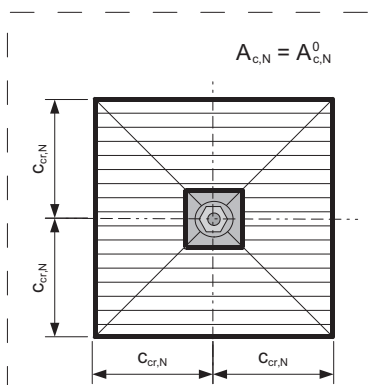
Randabstand:  $c > 10 \cdot h_{ef} > c_{cr,N} = 180 \text{ mm} \Rightarrow$  kein Randeinfluss

Achsabstand:  $s > s_{cr,N} = 360 \text{ mm} \Rightarrow$  kein Einfluss benachbarter Dübel

Berechnung des Grundwertes des charakteristischen Widerstandes (Einzeldübel in der Fläche):

$$N_{Rk,c}^0 = 8,3 \cdot h_{ef}^{1,5} \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} = 8,3 \cdot (120 \text{ mm})^{1,5} \cdot \sqrt{60 \text{ N/mm}^2} = 84,5 \text{ kN}$$

(Sonderregelung für Hinterschnittdübel in der Zulassung: Kapitel 8.1.3, Fußnote 2)).



Berechnung der projizierten Flächen:

$$A_{c,N}^0 = 9 \cdot h_{ef}^2 = 129\,600 \text{ mm}^2$$

$$A_{c,N} = 9 \cdot h_{ef}^2 = 129\,600 \text{ mm}^2$$

$$A_{c,N}/A_{c,N}^0 = 1$$

kein Randeinfluss:  $\psi_{s,N} = 1,0$

gerissener Beton:  $\psi_{ucr,N} = 1,0$

keine Exzentrizität, keine dichte Bewehrung:  $\psi_{ec,N} = \psi_{re,N} = 1,0$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 = 84,5 \text{ kN}$$

$$\gamma_{Mc} = 1,5$$

$$N_{Rd,c} = \frac{84,5 \text{ kN}}{1,5} = 56,3 \text{ kN} \geq N_{Sd} = 50,3 \text{ kN} \quad \checkmark$$

– Versagensart Spalten

Annahme: kein Nachweis für die Versagensart Spalten erforderlich, da die Bemessung für gerissenen Beton durchgeführt wurde und die Rissbreiten durch Bewehrung auf 0,3 mm beschränkt sind.  $\checkmark$

Zusammenfassung der Bemessungswerte des Widerstandes für alle Versagensarten (maßgebender Wert ist fett gedruckt):

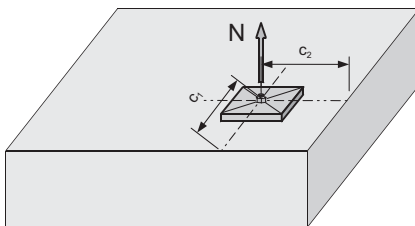
Versagensart	Bemessungswert Einwirkung kN	Nachweis Gruppe/ Einzeldübel	Bemessungswert Widerstand kN	Auslastung %
Nachweise Zug				
Stahlversagen ( $N_{Rd,s}$ )	50,3	Einzeldübel	83,3	60%
Herausziehen ( $N_{Rd,p}$ )	50,3	Einzeldübel	–	–
Betonversagen ( $N_{Rd,c}$ )	50,3	Gruppe	<b>56,3</b>	89%
Spalten ( $N_{Rd,sp}$ )	50,3	Gruppe	–	–
Nachweise Querlast				
Stahlversagen ( $V_{Rd,s}$ )	–	Einzeldübel	–	–
Betonkantenbruch ( $V_{Rd,c}$ )	–	Gruppe	–	–
Pryout ( $V_{Rd,cp}$ )	–	Gruppe	–	–

Keine Querbelastung  $\Rightarrow$  keine weiteren Nachweise erforderlich!

**Beispiel 9.1.1.2 Einzeldübel in der Ecke, gerissener Beton, Hinterschnittdübel****Schnellübersicht Befestigungssituation:**

Anzahl Dübel	n	[-]	1
Randabstand	$c_1$	[mm]	120
	$c_2$	[mm]	150
Achsabstand	$s_1$	[mm]	-
	$s_2$	[mm]	-
Bauteildicke	h	[mm]	250
Belastung	$N_{k,G}$	[kN]	12
	$N_{k,Q}$	[kN]	15
	$V_{k,G}$	[kN]	-
	$V_{k,Q}$	[kN]	-
	$M_k$	[kNm]	-

Untergrund	[-]	C50/60	
	[-]	Gerissener Beton	
Dübeltyp	[-]	Hinterschnittdübel	
	[-]	Kapitel 8.1.3	
	[-]	M16	
Verankerungstiefe	$h_{ef}$	[mm]	120
Versagensart		Betonausbruch	
Bemessungsrichtlinie		[2], [3], [9]	

**Belastung:**

Belastung durch ständige Last:

$$G_k = N_{k,G} = 12 \text{ kN}$$

Belastung durch Verkehrslast:

$$Q_k = N_{k,Q} = 15 \text{ kN}$$

Berechnung der Belastung des Einzeldübel (entspricht der Belastung des höchstbelasteten Dübels):

$$\begin{aligned} S_d = N_{Sd} = N_{Sd}^h &= 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_k = 1,35 \cdot 12 \text{ kN} + 1,5 \cdot 15 \text{ kN} \\ &= 38,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

**Befestigungssituation:**

Einzeldübel in der Bauteilecke

Randabstand  $c_1 = 120 \text{ mm}$ ,  $c_2 = 150 \text{ mm}$ Bauteildicke  $h = 250 \text{ mm}$ 

geplant: Hinterschnittdübel mit ETA nach Kapitel 8.1.3

*Untergrundeigenschaften:* Gerissener Beton, Betonfestigkeitsklasse C50/60*Überprüfung der minimalen Rand- und Achsabstände:*

Hinterschnittdübel M16, gerissener Beton

Kapitel 8.1.3 Montageparameter, Zeile 2 bis Zeile 5:

$$c_{\min} = 100 \text{ mm} \leq 120 \text{ mm} \checkmark$$

$$\text{Bauteildicke: } h_{\min} = 240 \text{ mm} \leq 250 \text{ mm} \checkmark$$

*Bemessung*

Bemessungsverfahren A  $\Rightarrow$  Nachweis für alle Versagensarten

Zugbelastung:

– Versagensart Stahlversagen

Kapitel 8.1.3 Bemessungsverfahren A, zentrischer Zug, Zeile 2 und Zeile 3:

$$N_{Rk,s} = 125 \text{ kN}$$

$$\gamma_{Ms} = 1,5$$

$$N_{Rd,s} = \frac{125 \text{ kN}}{1,5} = 83,3 \text{ kN} \geq N_{Sd}^h = 38,7 \text{ kN} \quad \checkmark$$

– Versagensart Herausziehen

Kapitel 8.1.3 Bemessungsverfahren A, zentrischer Zug, Zeile 5 und Zeile 7:

Versagensart Herausziehen ist nicht maßgebend  $\checkmark$

– Versagensart Betonausbruch

Kapitel 8.1.3 Bemessungsverfahren A, zentrischer Zug, Zeile 11 bis Zeile 15:

$$h_{ef} = 120 \text{ mm}$$

$$\gamma_{Mc} = 1,5$$

$$s_{cr,N} = 2 \cdot c_{cr,N} = 3 \cdot h_{ef} = 360 \text{ mm}$$

$$c_{cr,N} = 1,5 \cdot h_{ef} = 180 \text{ mm}$$

Randabstand:  $c_1 = 120 \text{ mm} < c_{cr,N} = 180 \text{ mm} \Rightarrow$  Randeinfluss

$c_2 = 150 \text{ mm} < c_{cr,N} = 180 \text{ mm} \Rightarrow$  Randeinfluss

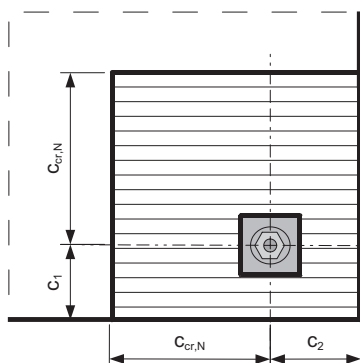
Achsabstand:  $s > s_{cr,N} = 360 \text{ mm} \Rightarrow$  kein Einfluss benachbarter Dübel

Berechnung des Grundwertes des charakteristischen Widerstandes

(Einzeldübel in der Fläche):

$$N_{Rk,c}^0 = 8,3 \cdot (120 \text{ mm})^{1,5} \cdot \sqrt{60 \text{ N/mm}^2} = 84,5 \text{ kN}$$

(Sonderregelung für Hinterschnittdübel in der Zulassung: Kapitel 8.1.3, Fußnote 2))



Berechnung der projizierten Flächen:

$$\begin{aligned} A_{c,N}^0 &= s_{cr,N}^2 = 9 \cdot h_{ef}^2 \\ &= 9 \cdot (120 \text{ mm})^2 \\ &= 129\,600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{c,N} &= (c_{cr,N} + c_1) \cdot (c_{cr,N} + c_2) \\ &= (1,5 \cdot 120 \text{ mm} + 120 \text{ mm}) \\ &\quad \cdot (1,5 \cdot 120 \text{ mm} + 150 \text{ mm}) \\ &= 300 \text{ mm} \cdot 330 \text{ mm} = 99\,000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Randeffluss:

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_1}{1,5 \cdot h_{ef}} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{120 \text{ mm}}{1,5 \cdot 120 \text{ mm}} = 0,9 \leq 1,0$$

gerissener Beton:  $\psi_{ucr,N} = 1,0$

keine Exzentrizität, keine dichte Bewehrung:  $\psi_{ec,N} = \psi_{re,N} = 1,0$

$$\begin{aligned} N_{Rk,c} &= N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{ucr,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{re,N} \\ &= 84,5 \text{ kN} \cdot \frac{99\,000}{129\,600} \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 58,1 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\gamma_{Mc} = 1,5$$

$$N_{Rd,c} = \frac{58,1 \text{ kN}}{1,5} = 38,7 \text{ kN} \geq N_{Sd} = 38,7 \text{ kN} \checkmark$$

– Versagensart Spalten

Annahme: kein Nachweis für Versagensart Spalten erforderlich, da die Bemessung für gerissenen Beton durchgeführt wurde und die Rissbreite durch Bewehrung auf 0,3 mm beschränkt ist.  $\checkmark$

Zusammenfassung der Bemessungswerte des Widerstandes für alle Versagensarten (maßgebender Wert ist fett gedruckt):

Versagensart	Bemessungswert Einwirkung kN	Nachweis Gruppe/ Einzeldübel	Bemessungswert Widerstand kN	Auslastung %
Nachweise Zug				
Stahlversagen ( $N_{Rd,s}$ )	38,7	Einzeldübel	83,3	47%
Herausziehen ( $N_{Rd,p}$ )	38,7	Einzeldübel	–	–
Betonversagen ( $N_{Rd,c}$ )	38,7	Gruppe	<b>38,7</b>	100%
Spalten ( $N_{Rd,sp}$ )	38,7	Gruppe	–	–
Nachweise Querlast				
Stahlversagen ( $V_{Rd,s}$ )	–	Einzeldübel	–	–
Betonkantenbruch ( $V_{Rd,c}$ )	–	Gruppe	–	–
Pryout ( $V_{Rd,cp}$ )	–	Gruppe	–	–

Keine Querbelastung  $\Rightarrow$  keine weiteren Nachweise erforderlich!

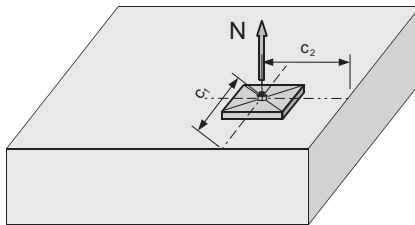


### Beispiel 9.1.1.3 Einzeldübel in der Ecke, ungerissener Beton, Hülsendübel

#### Schnellübersicht Befestigungssituation:

Anzahl Dübel	n	[-]	1
Randabstand	$c_1$	[mm]	120
	$c_2$	[mm]	150
Achsabstand	$s_1$	[mm]	-
	$s_2$	[mm]	-
Bauteildicke	h	[mm]	250
Belastung	$N_{k,G}$	[kN]	12
	$N_{k,Q}$	[kN]	15
	$V_{k,G}$	[kN]	-
	$V_{k,Q}$	[kN]	-
	$M_k$	[kNm]	-

Untergrund	[-]	C50/60	
	[-]	Ungerissener Beton	
Dübeltyp	[-]	Hülsendübel	
	[-]	Kapitel 8.1.2	
	[-]	M16	
Verankerungstiefe	$h_{ef}$	[mm]	120
Versagensart		Spalten	
Bemerkung		<i>Nachweis nicht erfüllt</i>	
Bemessungsrichtlinie		[2], [3], ([9])	



#### Belastung:

Belastung durch ständige Last:

$$G_k = N_{k,G} = 12 \text{ kN}$$

Belastung durch Verkehrslast:

$$Q_k = N_{k,Q} = 15 \text{ kN}$$

Berechnung der Belastung des Einzeldübelns (entspricht der Belastung des höchstbelasteten Dübelns):

$$\begin{aligned} S_d &= N_{Sd} = N_{Sd}^h = 1,35 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_k = 1,35 \cdot 12 \text{ kN} + 1,5 \cdot 15 \text{ kN} \\ &= 38,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

#### Befestigungssituation:

Einzeldübel in der Bauteilecke

Randabstand  $c_1 = 120 \text{ mm}$ ,  $c_2 = 150 \text{ mm}$

Bauteildicke  $h = 250 \text{ mm}$

geplant: Hülsendübel mit ETA nach Kapitel 8.1.2

*Untergrundeigenschaften:* Ungerissener Beton, Betonfestigkeitsklasse C50/60

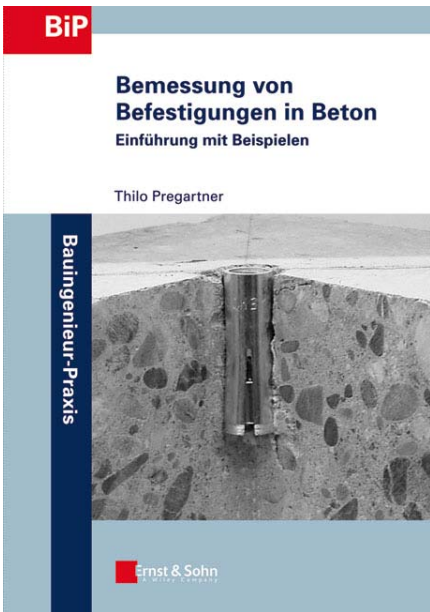
*Überprüfung der minimalen Rand- und Achsabstände:*

Hülsendübel M16, ungerissener Beton

Kapitel 8.1.2 Montageparameter, Zeile 2 und Zeile 4:

$$c_{\min} = 100 \text{ mm} \leq 120 \text{ mm} \quad \checkmark$$

$$\text{Bauteildicke: } h_{\min} = 240 \text{ mm} \leq 250 \text{ mm} \quad \checkmark$$



Pregartner, T.

# Bemessung von Befestigungen in Beton

## Einführung mit Beispielen

Die Bemessung von Befestigungen mit Dübeln und Kopfbolzen in Beton wird in der Praxis häufig mit Computerprogrammen der Hersteller realisiert. Mit diesen Programmen sind die einfache Bemessung für unterschiedliche Randbedingungen, die Auswahl des optimalen Befestigungselementes und die Maximierung des Auslastungsgrades möglich. Der theoretische Hintergrund dieser Bemessungsverfahren ist komplex und basiert zum Teil auf bruchmechanischen Ansätzen.

In diesem Buch werden die gebräuchlichen Bemessungsverfahren für Befestigungen in Beton (Dübel und Kopfbolzen) anschaulich erklärt und an zahlreichen Praxisbeispielen verdeutlicht, um den Anwendern von Bemessungsprogrammen und interessierten Lesern die Berechnungsgrundlagen zugänglich zu machen und die Berechnung beliebiger Anwendungsfälle zu ermöglichen.

(XII, 365 Seiten, 143 Abb., 65 Tab.. Broschur. Erschienen)

### Aus dem Inhalt:

- EINFÜHRUNG, AUFBAU UND ZIEL DES BUCHES
- BEMESSUNG VON METALLSPREIZDÜBELN UND KOPFBOLZEN MIT EUROPÄISCHER TECHNISCHER ZULASSUNG (ETA)
- GRUNDLAGEN DES CC-VERFAHRENS
- METALLSPREIZDÜBEL
- VERBUNDDÜBEL
- BEISPIELE FÜR EUROPÄISCHE TECHNISCHE ZULASSUNGEN (ETA)
- BEMESSUNGSBEISPIELE
- ANWENDUNGSBEISPIELE
- LEITFADEN FÜR DIE AUSWAHL VON GEEIGNETEN BEFESTIGUNGSMITTELN
- ARBEITSSCHRITTE DES CC-VERFAHRENS
- BEMESSUNGSTAFELN
- LITERATUR

**Link Online-Bestellung**  **per Fax bestellen +49(0)30 47031 240**

Anzahl	Bestell-Nr.	Titel	Einzelpreis
	978-3-433-02930-5	Bemessung von Befestigungen in Beton	€ 57,90
	906132	Gesamtverzeichnis Verlag Ernst & Sohn	kostenlos

Liefer- und Rechnungsanschrift:  privat  geschäftlich **Bestell-Code: 100 773**

Firma			
Ansprechpartner		Telefon	
UST-ID Nr./VAT-ID No.		Fax	
Straße/Nr.		E-Mail	
Land	-	PLZ	Ort

Wilhelm Ernst & Sohn  
 Verlag für Architektur und  
 technische Wissenschaften GmbH & Co. KG  
 Rotherstraße 21  
 10245 Berlin  
 Deutschland  
 www.ernst-und-sohn.de



Datum/Unte rschrift



\*€-Preise gelten ausschließlich in Deutschland. Alle Preise enthalten die gesetzliche Mehrwertsteuer. Die Lieferung erfolgt zuzüglich Versandkosten. Es gelten die Lieferungs- und Zahlungsbedingungen des Verlages. Irrtum und Änderungen vorbehalten.  
 Stand: 04.05.09 (homepage\_Leseprobe)