

DIN EN 1992-4



ICS 91.010.30; 91.080.40

Ersatzvermerk  
siehe unten

**Eurocode 2 –  
Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und  
Spannbetontragwerken –  
Teil 4: Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton;  
Deutsche Fassung EN 1992-4:2018**

Eurocode 2 –  
Design of concrete structures –  
Part 4: Design of fastenings for use in concrete;  
German version EN 1992-4:2018

Eurocode 2 –  
Calcul des structures en béton –  
Partie 4: Conception et calcul des éléments de fixation pour béton;  
Version allemande EN 1992-4:2018

**Ersatzvermerk**

Ersatz für DIN CEN/TS 1992-4-1 (DIN SPEC 1021-4-1):2009-08, DIN CEN/TS 1992-4-2  
(DIN SPEC 1021-4-2):2009-08, DIN CEN/TS 1992-4-3 (DIN SPEC 1021-4-3):2009-08, DIN CEN/TS 1992-4-4  
(DIN SPEC 1021-4-4):2009-08 und DIN CEN/TS 1992-4-5 (DIN SPEC 1021-4-5):2009-08

Gesamtumfang 139 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

**DIN EN 1992-4:2019-04****Nationales Vorwort**

Dieses Dokument (EN 1992-4:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitskreis NA 005-07-01-01 AK „Befestigungsmittel (SpA zu CEN/TC 250/SC 2/WG 2)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Dieses Dokument enthält eine Nationale Fußnote (zu 6.2.1(1)).

**Änderungen**

Gegenüber DIN CEN/TS 1992-4-1 (DIN SPEC 1021-4-1):2009-08, DIN CEN/TS 1992-4-2 (DIN SPEC 1021-4-2):2009-08, DIN CEN/TS 1992-4-3 (DIN SPEC 1021-4-3):2009-08, DIN CEN/TS 1992-4-4 (DIN SPEC 1021-4-4):2009-08 und DIN CEN/TS 1992-4-5 (DIN SPEC 1021-4-5):2009-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Der Inhalt der Normenreihe CEN/TS 1992-4 wurde gestrafft und vollständig überarbeitet, um eine einzelne Norm für die Bemessung unterschiedlicher Arten von Einlegeteilen und nachträglich montierten Befestigungselementen veröffentlichen zu können.
- b) Die normativen Verweisungen wurden aktualisiert. Einige der in der Normenreihe CEN/TS 1992-4 zitierten Normen wurden in die Literaturhinweise (neu) verschoben.
- c) 1.2 (5) und Bild 1.2: Die Anordnung von Befestigungen mit Kopfbolzen und Dübeln nach EN 1992-4 wird ausführlicher beschrieben.
- d) 1.31.3 (1), 1.3 (2) und 7.3: Aufnahme von Festlegungen für Befestigungselemente zum Befestigen von statisch unbestimmten nichttragenden Systemen. Einzelheiten des Bemessungsverfahrens sind in CEN/TR 17079, *Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton — Redundante nicht tragende Systeme* angegeben.
- e) 4.4.2.2 und Tabelle 4.1: Aufnahme von Teilsicherheitsbeiwerten für außergewöhnliche Bemessungssituationen, die etwa 15 % kleiner sind als die für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen.
- f) 6.2.1 (2): Aufnahme präzisierter Bedingungen, um die Steifigkeit von Anbauteilen sicherzustellen, und von Festlegungen für den Fall, dass elastische, jedoch flexible Anbauteile verwendet werden.
- g) Abschnitte 7 bis 11: Die Nachweise basieren nicht auf der Würfeldruckfestigkeit, sondern auf der charakteristischen Zylinderdruckfestigkeit und die Faktoren  $k_i$  zur Berechnung der grundlegenden charakteristischen Widerstände für die verschiedenen Versagensarten wurden entsprechend angepasst.
- h) 7.2.1.4 (1), Gleichung (7.1) und 7.2.1.4 (7): Der Faktor  $\psi_{M,N}$  wurde eingeführt, um die günstige Auswirkung einer Druckkraft zwischen Anbauteil und Beton auf den Widerstand gegen kegelförmigen Betonausbruch, in Fällen von Biegemomenten mit oder ohne Axialkraft, zu berücksichtigen.
- i) 7.2.1.6 (2), Gleichung (7.14): Der produktabhängige Faktor  $\psi_{sus}$  wurde eingeführt, um für den Nachweis des kombinierten Versagens durch Herausziehen und Betonbruch den Einfluss von dauerhafter Last auf die Verbundfestigkeit von nachträglich montierten Verbunddübeln zu berücksichtigen.

- j) 7.2.2.5 (13) und 7.4.2.5 (7): Der Faktor  $\psi_{re,V}$  zur Berücksichtigung der Auswirkung der Bewehrung am Bauteilrand und von Stegen mit engem Achsabstand oder Baustahlmatten auf den charakteristischen Widerstand gegenüber Betonkantenbruch wird auf gerissenen Beton beschränkt.
- k) 7.4.1.3 (2) und 7.4.2.3 (2): Berücksichtigung des Einflusses von Spezialschrauben mit engem Abstand für den Nachweis von Ankerschienen bei lokaler Biegung der Profilmkantung unter Zuglast und Querlast ohne Hebelarm.
- l) 7.4.1.7, Gleichung (7.69): Für den Nachweis des Widerstandes von Ankerschienen gegen lokalen Betonausbruch wurde der Faktor  $\psi_{g,Nb}$  gestrichen.
- m) 7.4.2.3.1 und Tabelle 7.5: Für den Nachweis des Widerstandes von Ankerschienen gegen Querkraft ohne Hebelarm bei Versagen des Stahls wurden die Versagensarten „Versagen des Ankers“ und „Versagen der Verbindung Anker/Schiene“ aufgenommen.
- n) 7.4.2.5 (2): Gleichung (7.78) wurde modifiziert. Der Einfluss des Randabstands auf den grundlegenden charakteristischen Widerstand bei Betonkantenbruch wird anstelle von  $c_1^{1,5}$  mit  $c_1^{4/3}$  berücksichtigt.
- o) 7.4.3 und Tabelle 7.6: Aufnahme von Festlegungen für die verschiedenen Stahlversagensarten und andere Versagensarten als Stahlbruch für den Fall des Zusammenwirkens von Quer- und Zuglasten auf Ankerschienen.
- p) Abschnitt 8: Die Werte für den charakteristischen Widerstand gegen Ermüdungsversagen im Falle von betonbezogenen Versagensarten bei  $2 \cdot 10^6$  Lastzyklen wurden verringert.
- q) Abschnitt 9 und Anhang C: Die Nachweise für seismische Beanspruchung wurden vollständig überarbeitet.
- r) Abschnitt 10: Aufnahme von Festlegungen für den Nachweis des Feuerwiderstandes. Der informative Anhang D stellt ein Bemessungsverfahren für Einlege-Kopfbolzen, Ankerschienen und nachträglich montierte Befestigungselemente unter Brandeinwirkung zur Verfügung.
- s) Normativer Anhang E: Aufnahme von Merkmalen für die Bemessung von Befestigungselementen, die in Europäischen Technischen Produktspezifikationen angegeben sein müssen.
- t) Anhang F: Produktspezifische Abschnitte der Reihe CEN/TS 1992-4 zu Annahmen für Bemessungsfestlegungen zur Ausführung von Befestigungselementen wurden in diesem normativen Anhang zusammengefasst.
- u) Anhang G: Die Bemessungsfestlegungen der Reihe CEN/TS 1992-4 für nachträglich montierte Befestigungselemente mit vereinfachten Verfahren wurden in diesen informativen Anhang verschoben.
- v) Anhang B von CEN/TS 1992-4-1 „Ansatz für die Bemessung nach Plastizitätstheorie“ wurde in CEN/TR 17081 *Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton — Traglastverfahren für Befestigungsmittel von Kopfbolzen und Dübeln* verschoben.

### Frühere Ausgaben

DIN CEN/TS 1992-4-1 (DIN SPEC 1021-4-1): 2009-08  
 DIN CEN/TS 1992-4-2 (DIN SPEC 1021-4-2): 2009-08  
 DIN CEN/TS 1992-4-3 (DIN SPEC 1021-4-3): 2009-08  
 DIN CEN/TS 1992-4-4 (DIN SPEC 1021-4-4): 2009-08  
 DIN CEN/TS 1992-4-5 (DIN SPEC 1021-4-5): 2009-08

**DIN EN 1992-4:2019-04**

— Leerseite —

EUROPÄISCHE NORM  
EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE

**EN 1992-4**

September 2018

ICS 91.010.30; 91.080.40

Ersatz für CEN/TS 1992-4-1:2009,  
CEN/TS 1992-4-2:2009, CEN/TS 1992-4-3:2009,  
CEN/TS 1992-4-4:2009, CEN/TS 1992-4-5:2009

Deutsche Fassung

**Eurocode 2 —  
Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton-  
und Spannbetontragwerken —  
Teil 4: Bemessung der Verankerung von  
Befestigungen in Beton**

Eurocode 2 —  
Design of concrete structures —  
Part 4: Design of fastenings for use in concrete

Eurocode 2 —  
Calcul des structures en béton —  
Partie 4: Conception et calcul des éléments  
de fixation pour béton

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 9. März 2018 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

**CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel**

© 2018 CEN Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern von CEN vorbehalten.

Ref. Nr. EN 1992-4:2018 D

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

## Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort .....	5
Nationaler Anhang für EN 1992-4.....	7
<b>1 Anwendungsbereich.....</b>	<b>8</b>
1.1 Allgemeines .....	8
1.2 Arten von Befestigungselementen und Befestigungsgruppen.....	8
1.3 Befestigungselemente, Abmessungen und Werkstoffe .....	10
1.4 Beanspruchung der Befestigungselemente .....	11
1.5 Betonfestigkeit und -art .....	11
1.6 Beanspruchung des Betonbauteils.....	11
<b>2 Normative Verweisungen .....</b>	<b>12</b>
<b>3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen.....</b>	<b>12</b>
3.1 Begriffe .....	12
3.2 Symbole und Abkürzungen.....	19
3.2.1 Indizes.....	19
3.2.2 Exponenten .....	20
3.2.3 Einwirkungen und Widerstände (in alphabetischer Reihenfolge angegeben) .....	20
3.2.4 Beton und Stahl .....	26
3.2.5 Befestigungselemente und Befestigungen, Bewehrung .....	26
3.2.6 Einheiten.....	28
<b>4 Grundlagen der Bemessung.....</b>	<b>29</b>
4.1 Allgemeines .....	29
4.2 Erforderliche Nachweise.....	30
4.3 Nachweisverfahren .....	30
4.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten .....	31
4.4.1 Teilsicherheitsbeiwerte für Lasten.....	31
4.4.2 Teilsicherheitsbeiwerte für den Widerstand.....	31
4.5 Projektspezifikation.....	34
4.6 Montage der Befestigungselemente .....	35
4.7 Bestimmung des Zustandes des Betons .....	35
<b>5 Dauerhaftigkeit .....</b>	<b>36</b>
<b>6 Ableitung von Lasteinwirkungen auf die Befestigungselemente — Berechnung.....</b>	<b>36</b>
6.1 Allgemeines .....	36
6.2 Kopfbolzen und nachträglich montierte Befestigungselemente .....	37
6.2.1 Zuglasten.....	37
6.2.2 Querlasten .....	41
6.3 Ankerschienen.....	45
6.3.1 Allgemeines .....	45
6.3.2 Zuglasten.....	45
6.3.3 Querlasten .....	47
6.4 Kräfte, die in der Zusatzbewehrung wirken.....	48
6.4.1 Allgemeines .....	48
6.4.2 Zuglasten.....	48
6.4.3 Querlasten.....	48
<b>7 Nachweis für den Grenzzustand der Tragfähigkeit .....</b>	<b>49</b>

7.1	Allgemeines .....	49
7.2	Kopfbolzen und nachträglich montierte Befestigungselemente .....	50
7.2.1	Zuglast .....	50
7.2.2	Querlast.....	65
7.2.3	Kombinierte Zug- und Querlasten.....	78
7.3	Befestigungselemente für redundante nichttragende Systeme.....	80
7.4	Ankerschienen.....	80
7.4.1	Zuglast .....	80
7.4.2	Querlast.....	90
7.4.3	Kombinierte Zug- und Querlast.....	98
8	Nachweis für den Grenzzustand der Tragfähigkeit bei Ermüdungsbeanspruchung.....	100
8.1	Allgemeines .....	100
8.2	Berechnung der auf das Befestigungselement einwirkenden Kräfte .....	100
8.3	Widerstand .....	100
8.3.1	Zuglast .....	100
8.3.2	Querlast.....	102
8.3.3	Kombinierte Zug- und Querlast.....	103
9	Nachweis für seismische Beanspruchung .....	103
9.1	Allgemeines .....	103
9.2	Anforderungen .....	104
9.3	Berechnung der auf das Befestigungselement einwirkenden Kräfte .....	105
9.4	Widerstand .....	106
10	Nachweis für den Feuerwiderstand.....	106
11	Nachweis für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit .....	106
<b>Anhang A (normativ) Zusätzliche Regeln für den Nachweis von Betonbauteilen unter den durch</b>		
	<b>Befestigungen aufgebracht Lasten.....</b>	<b>107</b>
A.1	Allgemeines .....	107
A.2	Nachweis der Quertragfähigkeit des Betonbauteils.....	107
<b>Anhang B (informativ) Dauerhaftigkeit.....</b>		
B.1	Allgemeines .....	109
B.2	Befestigungselemente unter trockenen Innenraumbedingungen.....	109
B.3	Befestigungselemente, die äußeren atmosphärischen oder dauerhaft feuchten Innenraumbedingungen ausgesetzt sind .....	109
B.4	Befestigungselemente mit hoher Korrosionsbeanspruchung durch Chloride und Schwefel .....	109
<b>Anhang C (normativ) Bemessung von Befestigungselementen unter Erdbebeneinwirkungen.....</b>		
C.1	Allgemeines .....	110
C.2	Leistungskategorien.....	110
C.3	Bemessungskriterien.....	111
C.4	Ableitung der auf die Befestigungselemente einwirkenden Kräfte - Analyse.....	114
C.4.1	Allgemeines .....	114
C.4.2	Ergänzung zu EN 1998-1:2004, 4.3.3.5 .....	114
C.4.3	Ergänzung zu EN 1998-1:2004, 4.3.5.1 .....	114
C.4.4	Ergänzungen und Abänderungen zu EN 1998-1:2004, 4.3.5.2.....	114
C.4.5	Ergänzungen und Abänderungen zu EN 1998-1:2004, 4.3.5.4.....	116
C.5	Widerstand .....	116
C.6	Verschiebungen von Befestigungselementen .....	119
<b>Anhang D (informativ) Brandeinwirkung — Bemessungsverfahren.....</b>		
D.1	Allgemeines .....	121
D.2	Teilsicherheitsbeiwerte.....	121
D.3	Lasten.....	122
D.4	Widerstand .....	122

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

<b>D.4.1</b>	<b>Allgemeines .....</b>	<b>122</b>
<b>D.4.2</b>	<b>Zuglast.....</b>	<b>122</b>
<b>D.4.3</b>	<b>Querlast.....</b>	<b>124</b>
<b>D.4.4</b>	<b>Kombinierte Zug- und Querlast.....</b>	<b>125</b>
<b>Anhang E (normativ) Merkmale für die Bemessung von Befestigungselementen, die in der Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben sein müssen.....</b>		<b>126</b>
<b>Anhang F (normativ) Annahmen für Bemessungsregeln bezüglich der Ausführung von Befestigungen.....</b>		<b>129</b>
<b>F.1</b>	<b>Allgemeines .....</b>	<b>129</b>
<b>F.2</b>	<b>Nachträglich montierte Befestigungselemente.....</b>	<b>129</b>
<b>F.3</b>	<b>Kopfbolzen .....</b>	<b>130</b>
<b>F.4</b>	<b>Ankerschienen.....</b>	<b>130</b>
<b>Anhang G (normativ) Bemessung von nachträglich montierten Befestigungselementen – vereinfachte Verfahren .....</b>		<b>131</b>
<b>G.1</b>	<b>Allgemeines .....</b>	<b>131</b>
<b>G.2</b>	<b>Verfahren B.....</b>	<b>132</b>
<b>G.3</b>	<b>Verfahren C .....</b>	<b>132</b>
<b>Literaturhinweise.....</b>		<b>134</b>



## Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 1992-4:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis März 2019, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2019 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt CEN/TS 1992-4-1:2009, CEN/TS 1992-4-2:2009, CEN/TS 1992-4-3:2009, CEN/TS 1992-4-4:2009, CEN/TS 1992-4-5:2009.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben. Dieses Dokument unterscheidet sich folgendermaßen von CEN/TS 1992-4-1:2009, CEN/TS 1992-4-2:2009, CEN/TS 1992-4-3:2009, CEN/TS 1992-4-4:2009 und CEN/TS 1992-4-5:2009:

- Der Inhalt der Normenreihe CEN/TS 1992-4 wurde gestrafft und vollständig überarbeitet, um eine einzelne Norm für die Bemessung unterschiedlicher Arten von Einlegeteilen und nachträglich montierten Befestigungselementen veröffentlichen zu können.
- Die normativen Verweisungen wurden aktualisiert. Einige der in der Normenreihe CEN/TS 1992-4 zitierten Normen wurden in die Literaturhinweise (neu) verschoben.
- 1.2 (5) und Bild 1.2: Die Anordnung von Befestigungen mit Kopfbolzen und Dübeln nach EN 1992-4 wird ausführlicher beschrieben.
- 1.3 (1), 1.3 (2) und 7.3: Aufnahme von Festlegungen für Befestigungselemente zum Befestigen von statisch unbestimmten nichttragenden Systemen. Einzelheiten des Bemessungsverfahrens sind in CEN/TR 17079, *Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton — Redundante nicht tragende Systeme* angegeben.
- 4.4.2.2 und Tabelle 4.1: Aufnahme von Teilsicherheitsbeiwerten für außergewöhnliche Bemessungssituationen, die etwa 15 % kleiner sind als die für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen.
- 6.2.1 (2): Aufnahme präzisierter Bedingungen, um die Steifigkeit von Anbauteilen sicherzustellen, und von Festlegungen für den Fall, dass elastische, jedoch flexible Anbauteile verwendet werden.
- Abschnitte 7 bis 11: Die Nachweise basieren nicht auf der Würfeldruckfestigkeit, sondern auf der charakteristischen Zylinderdruckfestigkeit und die Faktoren  $k_i$  zur Berechnung der grundlegenden charakteristischen Widerstände für die verschiedenen Versagensarten wurden entsprechend angepasst.
- 7.2.1.4 (1), Gleichung (7.1) und 7.2.1.4 (7): Der Faktor  $\psi_{M,N}$  wurde eingeführt, um die günstige Auswirkung einer Druckkraft zwischen Anbauteil und Beton auf den Widerstand gegen kegelförmigen Betonausbruch, in Fällen von Biegemomenten mit oder ohne Axialkraft, zu berücksichtigen.

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

- 7.2.1.6 (2), Gleichung (7.14): Der produktabhängige Faktor  $\psi_{\text{SUS}}$  wurde eingeführt, um für den Nachweis des kombinierten Versagens durch Herausziehen und Betonbruch den Einfluss von dauerhafter Last auf die Verbundfestigkeit von nachträglich montierten Verbunddübeln zu berücksichtigen.
- 7.2.2.5 (13) und 7.4.2.5 (7): Der Faktor  $\psi_{\text{re,V}}$  zur Berücksichtigung der Auswirkung der Bewehrung am Bauteilrand und von Stegen mit engem Achsabstand oder Baustahlmatten auf den charakteristischen Widerstand gegenüber Betonkantenbruch wird auf gerissenen Beton beschränkt.
- 7.4.1.3 (2) und 7.4.2.3 (2): Berücksichtigung des Einflusses von Spezialschrauben mit engem Abstand für den Nachweis von Ankerschienen bei lokaler Biegung der Profilkantung unter Zuglast und Querlast ohne Hebelarm.
- 7.4.1.7, Gleichung (7.69): Für den Nachweis des Widerstandes von Ankerschienen gegen lokalen Betonausbruch wurde der Faktor  $\psi_{\text{g,Nb}}$  gestrichen.
- 7.4.2.3.1 und Tabelle 7.5: Für den Nachweis des Widerstandes von Ankerschienen gegen Querkraft ohne Hebelarm bei Versagen des Stahls wurden die Versagensarten „Versagen des Ankers“ und „Versagen der Verbindung Anker/Schiene“ aufgenommen.
- 7.4.2.5 (2): Gleichung (7.78) wurde modifiziert. Der Einfluss des Randabstands auf den grundlegenden charakteristischen Widerstand bei Betonkantenbruch wird anstelle von  $c_1^{1,5}$  mit  $c_1^{4/3}$  berücksichtigt.
- 7.4.3 und Tabelle 7.6: Aufnahme von Festlegungen für die verschiedenen Stahlversagensarten und andere Versagensarten als Stahlbruch für den Fall des Zusammenwirkens von Quer- und Zuglasten auf Ankerschienen.
- Abschnitt 8: Die Werte für den charakteristischen Widerstand gegen Ermüdungsversagen im Falle von betonbezogenen Versagensarten bei  $2 \cdot 10^6$  Lastzyklen wurden verringert.
- Abschnitt 9 und Anhang C: Die Nachweise für seismische Beanspruchung wurden vollständig überarbeitet.
- Abschnitt 10: Aufnahme von Festlegungen für den Nachweis des Feuerwiderstandes. Der informative Anhang D stellt ein Bemessungsverfahren für Einlege-Kopfbolzen, Ankerschienen und nachträglich montierte Befestigungselemente unter Brandeinwirkung zur Verfügung.
- Normativer Anhang E: Aufnahme von Merkmalen für die Bemessung von Befestigungselementen, die in Europäischen Technischen Produktspezifikationen angegeben sein müssen.
- Anhang F: Produktspezifische Abschnitte der Reihe CEN/TS 1992-4 zu Annahmen für Bemessungsfestlegungen zur Ausführung von Befestigungselementen wurden in diesem normativen Anhang zusammengefasst.
- Anhang G: Die Bemessungsfestlegungen der Reihe CEN/TS 1992-4 für nachträglich montierte Befestigungselemente mit vereinfachten Verfahren wurden in diesen informativen Anhang verschoben.
- Anhang B von CEN/TS 1992-4-1 „Ansatz für die Bemessung nach Plastizitätstheorie“ wurde in CEN/TR 17081, Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton — Traglastverfahren für Befestigungsmittel von Kopfbolzen und Dübeln verschoben.

Die Normenreihe EN 1992 besteht aus den folgenden Teilen:

- EN 1992-1-1, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

- EN 1992-1-2, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall*
- EN 1992-2, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 2: Betonbrücken — Bemessungs- und Konstruktionsregeln*
- EN 1992-3, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 3: Silos und Behälterbauwerke aus Beton*
- EN 1992-4, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 4: Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton*

Die Zahlenwerte für die Teilsicherheitsbeiwerte und andere Parameter, die die Zuverlässigkeit festlegen, sind empfohlene Werte. Die empfohlenen Werte gelten unter der Voraussetzung, dass:

- a) die Befestigungselemente die Anforderungen nach 1.2 (3) erfüllen; und
- b) die Montage den Anforderungen nach 4.6 entspricht.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

### **Nationaler Anhang für EN 1992-4**

Diese Europäische Norm enthält Werte mit Anmerkungen, die darauf hinweisen, an welchen Stellen nationale Festlegungen zu Parametern getroffen werden können. Wenn diese Europäische Norm auf nationaler Ebene verfügbar gemacht wird, darf diese um einen Nationalen Anhang ergänzt werden, der alle national festzulegenden Parameter enthält, die für die Bemessung von Befestigungselementen nach dieser Europäischen Norm, für die Verwendung im entsprechenden Land, zu verwenden sind.

National festzulegende Teilsicherheitsbeiwerte und Parameter, die die Zuverlässigkeit beeinflussen, sind bei der Bemessung nach dieser Europäischen Norm in folgenden Abschnitten vorgesehen:

- 4.4.1 (2);
- 4.4.2.2 (2);
- 4.4.2.3;
- 4.4.2.4;
- 4.7 (2);
- C.2 (2)
- C.4.4 (1);
- C.4.4 (3);
- D.2 (2).

# DIN EN 1992-4:2019-04 EN 1992-4:2018 (D)

## 1 Anwendungsbereich

### 1.1 Allgemeines

(1) Diese Europäische Norm stellt ein Bemessungsverfahren für Befestigungselemente (Verbindung von tragenden und nichttragenden Bauteilen mit tragenden Bauteilen) zur Verfügung, die zum Übertragen von Einwirkungen auf den Beton verwendet werden. Dieses Bemessungsverfahren verwendet physikalische Modelle, die auf einer Kombination von Prüfungen und numerischer Analyse, übereinstimmend mit EN 1990:2002, 5.2, basieren.

Ergänzende Regeln für die Übertragung der Lasten der Befestigungselemente in dem Betonbauteil zu den Auflagern sind in EN 1992-1-1 und Anhang A dieser Europäischen Norm gegeben.

Einlegeteile, die unter werkseigener Produktionskontrolle (WPK) und mit der entsprechenden Bewehrung in Betonfertigteil eingebettet werden und nur dem vorübergehenden Einsatz während des Hebens und Versetzens dienen, werden in CEN/TR 15728 behandelt.

(2) Diese Europäische Norm gilt für sicherheitsrelevante Anwendungen, bei denen das Versagen von Befestigungselementen in einem völligen oder teilweisen Einsturz des Bauwerks resultieren kann, Risiken für menschliches Leben verursacht oder zu erheblichem wirtschaftlichem Schaden führt. Unter diesen Gesichtspunkten behandelt sie auch nichttragende Bauteile.

(3) Die Lagerung des Anbauteils darf entweder statisch bestimmt oder statisch unbestimmt sein. Jedes Auflager darf aus einem Befestigungselement oder einer Gruppe von Befestigungselementen bestehen.

(4) Diese Europäische Norm ist für Anwendungen gültig, die unter den Anwendungsbereich der Normenreihe EN 1992 fallen. In Anwendungsfällen, in denen besondere Betrachtungen erforderlich sind, z. B. Atomkraftwerke oder Zivilschutzbauten, können Abänderungen erforderlich sein.

(5) Diese Europäische Norm behandelt nicht die Bemessung des Anbauteils. Regeln für die Bemessung des Anbauteils sind in den entsprechenden Normen gegeben und sie erfüllen die in dieser Europäischen Norm gegebenen Anforderungen an das Anbauteil.

(6) Dieses Dokument bezieht sich auf charakteristische Widerstände und Abstände, die in einer Europäischen Technischen Produktspezifikation (siehe Anhang E) angegeben sind. Als Grundlage für die Verwendung der Bemessungsverfahren dieser Europäischen Norm sollte eine Europäische Technische Produktspezifikation für die entsprechenden Belastungsbedingungen mindestens die Merkmale von Anhang E enthalten.

### 1.2 Arten von Befestigungselementen und Befestigungsgruppen

(1) Diese Europäische Norm verwendet das Bemessungsmodell für Befestigungselemente<sup>1</sup> (siehe Bild 1.1) und gilt für:

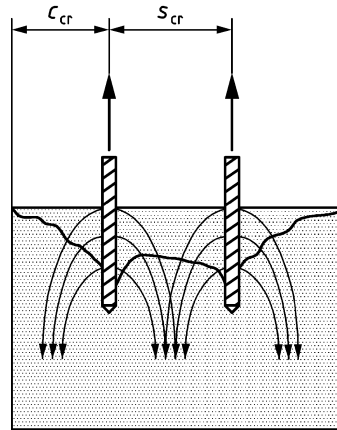
- a) Einlegeteile wie Kopfbolzen, Ankerschienen mit steifer Verbindung (z. B. geschweißt, geschmiedet) zwischen Verankerungselement und Schiene;
- b) nachträglich montierte mechanische Befestigungselemente wie Spreizdübel, Hinterschnittdübel, Betonschrauben;
- c) nachträglich montierte Verbunddübel, Verbundspreizdübel.

---

<sup>1</sup> Bei dem Bemessungsmodell für Befestigungselemente wird die Zugtragfähigkeit des Betons direkt zur Übertragung von Lasten in das Betonbauteil benutzt.

(2) Für andere Arten von Befestigungselementen können Änderungen der Bemessungsregeln erforderlich sein.

(3) Diese Europäische Norm gilt für Befestigungselemente in Beton, deren Eignung für die jeweilige Anwendung durch Vorschriften nachgewiesen wurde, die sich auf diese Europäische Norm beziehen und Daten zur Verfügung stellen, die von dieser Europäischen Norm gefordert werden. Die Eignung der Befestigungselemente ist in der einschlägigen Europäischen Technischen Produktspezifikation festgelegt.



**Bild 1.1 — Bemessungsmodell für Befestigungselemente – Beispiel**

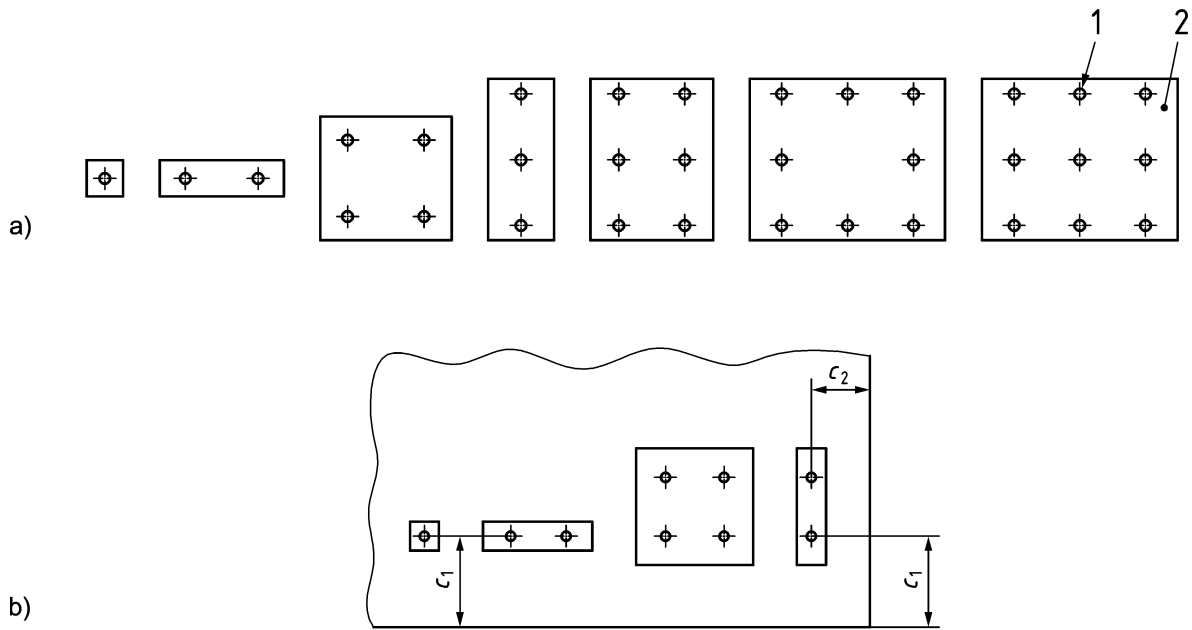
(4) Diese Europäische Norm gilt für Einzelbefestigungen und Gruppen von Befestigungselementen. Bei einer Gruppe von Befestigungselementen werden die Lasten über ein gemeinsames Anbauteil in die einzelnen Befestigungselemente der Gruppe übertragen. In einer Gruppe von Befestigungselementen gilt diese Europäische Norm nur, wenn Befestigungselemente gleicher Art und Größe verwendet werden.

(5) Die Anordnungen von Befestigungselementen mit Kopfbolzen und Dübeln, die durch diese Europäische Norm abgedeckt sind, sind in Bild 1.2 dargestellt.

(6) Bei Ankerschienen ist die Anzahl der Anker nicht begrenzt.

(7) Nachträglich montierte gerippte Betonstähle, die zur Verbindung der Betonbauteile verwendet werden, sind von einer Europäischen Technischen Produktspezifikation abgedeckt.

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**



**Legende**

- 1 Befestigungselement  
 2 Stahlplatte

- a) Befestigungen ohne Lochspiel für alle Randabstände und für alle Lastrichtungen und Befestigungen mit Lochspiel nach Tabelle 6.1 bei großem Randabstand ( $c_i \geq \max \{10h_{ef}; 60d_{nom}\}$ ) für alle Lastrichtungen und ausschließlich zugbeanspruchte Befestigungen mit Lochspiel nach Tabelle 6.1 bei kleinem Randabstand ( $c_i < \max \{10h_{ef}; 60d_{nom}\}$ )
- b) Befestigungen mit Lochspiel nach Tabelle 6.1 bei kleinem Randabstand ( $c_i < \max \{10h_{ef}; 60d_{nom}\}$ ) für alle Lastrichtungen

**Bild 1.2 — Anordnung von Befestigungen mit Kopfbolzen und Dübeln, die in dieser Europäischen Norm behandelt werden**

**1.3 Befestigungselemente, Abmessungen und Werkstoffe**

(1) Diese Europäische Norm gilt für Befestigungselemente mit einem minimalen Durchmesser oder einer minimalen Gewindegröße von 6 mm (M6) oder einem entsprechenden Querschnitt. Im Falle von Befestigungselementen zum Befestigen von statisch unbestimmten nichttragenden Systemen, wie in 7.3 beschrieben, ist die minimale Gewindegröße 5 mm (M5). Der maximale Durchmesser des Befestigungselementes ist bei Zugbelastung nicht begrenzt, er ist aber bei Querbelastung auf 60 mm begrenzt.

(2) EN 1992-4 gilt für Befestigungselemente mit einer Verankerungstiefe  $h_{ef} \geq 40$  mm. Befestigungselemente mit einer wirksamen Verankerungstiefe von mindestens 30 mm werden ausschließlich zur Befestigung von statisch unbestimmten nichttragenden Systemen, wie in 7.3 beschrieben, behandelt, wobei die wirksame Verankerungstiefe bei Innenanwendungen auf 25 mm reduziert werden darf. Für Befestigungselemente mit nachträglich montierten Verbundankern werden nur Befestigungselemente mit einer Verankerungstiefe  $h_{ef} \leq 20 d$  abgedeckt. Der tatsächliche Wert für ein bestimmtes Befestigungselement kann der zugehörigen Europäischen Technischen Produktspezifikation entnommen werden.

(3) Diese Europäische Norm behandelt Befestigungselemente aus Metall, die entweder aus Kohlenstoffstahl (EN ISO 898-1 und EN ISO 898-2, EN 10025-1, EN 10080), nichtrostendem Stahl (EN 10088-2 und EN 10088-3, EN ISO 3506-1 und EN ISO 3506-2) oder Temperguss (ISO 5922) bestehen. Die Oberfläche des Stahls kann beschichtet oder unbeschichtet sein. Diese Europäische Norm gilt für Befestigungselemente mit einer Nennzugfestigkeit des Stahls von  $f_{uk} \leq 1\,000$  N/mm<sup>2</sup>. Diese Begrenzung gilt nicht für Betonschrauben.

## **1.4 Beanspruchung der Befestigungselemente**

(1) Die Beanspruchungen der Befestigungen, die in diesem Dokument behandelt werden, können statisch, quasi-statisch, ermüdungsrelevant (zyklisch) und seismisch sein. Die Eignung des Befestigungselements, ermüdungsrelevanten oder seismischen Beanspruchungen zu widerstehen, ist in der zugehörigen Europäischen Technischen Produktspezifikation festgelegt. Ankerschienen, die zyklischen oder seismischen Beanspruchungen unterzogen werden, sind in dieser Europäischen Norm nicht behandelt.

(2) Die Beanspruchungen der Befestigungselemente, die aus den Lasten auf das Anbauteil (z. B. Zug-, Querlast, Biege- oder Torsionsmomente oder Kombinationen davon) resultieren, werden im Allgemeinen axiale Zug- und/oder Querbeanspruchungen sein. Greift die Querkraft mit einem Hebelarm an, wird das Befestigungselement mit einem Biegemoment beansprucht. EN 1992-4 behandelt nur axial auf das Anbauteil einwirkende Druckkräfte, die entweder direkt auf die Betonoberfläche, ohne Beanspruchung des Lastübertragungsmechanismus über eingebettete Befestigungselemente, oder mit Hilfe von Befestigungselementen, die zur Übertragung von Drucklasten geeignet sind, in den Beton erfolgen.

(3) Ankerschienen mit in Richtung der Schienenlängsachse wirkenden Querlasten werden in dieser Europäischen Norm nicht behandelt.

ANMERKUNG Bemessungsregeln für Ankerschienen mit Beanspruchungen, die in Richtung der Schienenlängsachse wirken, können CEN/TR 17080, *Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton — Ankerschienen — Ergänzende Regelungen* entnommen werden.

(4) Die Bemessung von Befestigungen unter Brandeinwirkung wird in dieser Europäischen Norm (siehe informativen Anhang D) behandelt.

## **1.5 Betonfestigkeit und -art**

Diese Europäische Norm gilt für Befestigungselemente, die in Bauteile aus verdichtetem Normalbeton ohne Fasern der Festigkeitsklassen im Bereich von C12/15 bis C90/105 nach EN 206 eingebaut sind. Der Bereich der Festigkeitsklassen von Beton, in denen das jeweilige Befestigungselement verwendet werden darf, ist in der zugehörigen Europäischen Technischen Produktspezifikation aufgeführt und darf sich in engeren Grenzen bewegen als zuvor festgelegt.

## **1.6 Beanspruchung des Betonbauteils**

Befestigungselemente sind für Anwendungen in Betonbauteilen, die statischen Lasten ausgesetzt sind, vorqualifiziert. Bei Betonbauteilen, die zyklischen oder seismischen Beanspruchungen ausgesetzt sind, sind die Vorqualifizierung und entsprechende Europäische Technische Produktspezifikation für Befestigungselemente, die für diese Art der Beanspruchung festgelegt sind, gefordert.

## DIN EN 1992-4:2019-04 EN 1992-4:2018 (D)

### 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 206, *Beton — Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*

EN 1990:2002, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991 (alle Teile), *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*

EN 1992-1-1:2004, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1992-1-2, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall*

EN 1998 (alle Teile), *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*

### 3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

#### 3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen für die Normung Datenbanken zur Terminologie zur Verfügung, die unter den folgenden Adressen verfügbar sind:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

##### 3.1.1

##### **Anker**

##### **Befestigungselement**

Bauteil, hergestellt aus Stahl oder Temperguss, das entweder vor dem Betonieren in die Schalung eingelegt und anschließend einbetoniert oder nachträglich in den ausgehärteten Beton montiert wird, und dazu dient, aufgebrachte Lasten zu übertragen (siehe Bilder 3.1 bis 3.3)

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff Anker wird im Zusammenhang mit Ankerschienen verwendet.

##### 3.1.2

##### **Ankerschiene**

Stahlprofil mit starr angeschlossenen Ankern (siehe Bild 3.2), das vor dem Betonieren in die Schalung eingelegt und anschließend einbetoniert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Fall von Ankerschienen sind zwei oder mehr Stahl-Anker starr an der Rückseite der Schiene angeschlossen und in dem Beton eingebettet.

##### 3.1.3

##### **befestigtes Bauteil**

tragendes oder nichttragendes Bauteil, das mit dem Anbauteil verbunden ist



**3.1.4****Anbauteil  
Befestigung**

Baugruppe, die Lasten auf die Befestigungselemente oder Ankerschiene überträgt

**3.1.5****Verankerungsgrund**

Betonbauteil, in dem das Befestigungselement oder die Ankerschiene montiert wird

**3.1.6****Biegung**

Biegebeanspruchung infolge einer Querlast, die mit einem Hebelarm, bezogen auf die Oberfläche des Betonbauteils, aufgebracht wird

**3.1.7****Verbundspreizdübel**

Verbunddübel, der so konstruiert wurde, dass sich das Befestigungselement relativ zum ausgehärteten Verbundmörtel verschieben kann und somit nachspreizt (siehe Bild 3.3h))

**3.1.8****Verbunddübel**

Befestigungselement, das in einem gebohrten Loch in ausgehärtetem Beton montiert wird und das seine Haltekraft durch einen Verbundmörtel erhält, der sich zwischen der Bohrlochwandung im Beton und dem eingebetteten Teil des Befestigungselementes befindet (siehe Bild 3.3g))

**3.1.9****Einlegeteil**

Kopfbolzen, Innengewindehülse und Kopf an der eingebetteten Seite oder Ankerschiene, die vor dem Betonieren in die Schalung eingelegt und einbetoniert werden, siehe auch Kopfbolzen

**3.1.10****Spezialschraube**

Schraube oder Bolzen, die/der das zu befestigende Bauteil an der Ankerschiene fixiert (siehe Bild 3.2)

**3.1.11****charakteristischer Randabstand**

Randabstand, der erforderlich ist, um sicherzustellen, dass der Rand den charakteristischen Widerstand einer Befestigung nicht beeinflusst

**3.1.12****charakteristischer Widerstand**

5 %-Quantil des Widerstandes (Wert, der bei einer Aussagewahrscheinlichkeit von 90 % mit einer 95 %igen Wahrscheinlichkeit überschritten wird)

**3.1.13****charakteristischer Achsabstand**

Abstand, der erforderlich ist, um den charakteristischen Widerstand eines einzelnen Befestigungselementes sicherzustellen

**3.1.14****kombinierte Versagensart Herausziehen und Betonausbruch bei Verbunddübeln**

Versagensart, bei der ein Versagen an der Schnittstelle zwischen dem Verbundmaterial und Verankerungsgrund oder zwischen dem Verbundmaterial und dem Befestigungselement (Verbundversagen) auftritt und bei der ein Betonkonus am oberen Ende entsteht

## **DIN EN 1992-4:2019-04 EN 1992-4:2018 (D)**

### **3.1.15**

#### **kombinierte Zug- und Querbelastung**

Schräglast

Zug- und Querlasten werden gleichzeitig aufgebracht

### **3.1.16**

#### **Versagensart lokaler Betonausbruch**

Abplatzen des Betons an der Seite des als Verankerungsgrund dienenden Bauteils in Höhe des eingebetteten Bolzenkopfes ohne größeren Betonausbruch an der Betonoberfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Versagensart tritt üblicherweise bei Befestigungselementen auf, die einen kleinen Randabstand und zugleich eine große Verankerungstiefe aufweisen.

### **3.1.17**

#### **Versagensart Betonausbruch**

Versagensart, die durch einen keil- oder kegelförmigen Betonausbruchkörper charakterisiert ist, der vom Verankerungsgrund abgerissen wird und von einem Befestigungselement, einer Gruppe von Befestigungselementen oder von Ankern von Ankerschienen ausgeht

### **3.1.18**

#### **Versagensart Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite**

Versagensart, die durch das Ausplatzen des Betons entgegen der Beanspruchungsrichtung bei Befestigungen unter Querlast charakterisiert ist

### **3.1.19**

#### **Versagensarten des Betons**

#### **3.1.19.1**

##### **Versagensarten bei Zuglast**

Herausziehen, kombiniertes Versagen durch Herausziehen und Betonausbruch (Verbunddübel), kegelförmiger Betonausbruch, lokaler Betonausbruch, Betonspalten, Verbundversagen der Zusatzbewehrung

#### **3.1.19.2**

##### **Versagensarten bei Querlast**

Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite, Betonkantenbruch

### **3.1.20**

#### **Betonschraube**

Befestigungselement mit Gewinde, das in ein Bohrloch eingeschraubt wird, wobei die Gewindegänge einen Formschluss mit dem Beton erzeugen (siehe Bild 3.3f))

### **3.1.21**

#### **Versagensart Betonspalten**

Art des Betonversagens, bei dem der Beton entlang einer Ebene reißt, die durch die Achse des Befestigungselementes oder der Befestigungselemente oder Anker von Ankerschienen verläuft

### **3.1.22**

#### **wegkontrollierter Spreizdübel**

nachträglich montiertes Befestigungselement, das seinen Widerstand gegen Zugbeanspruchung durch zwangsweise Verspreizung gegen die Bohrlochwandung, durch Eintreiben eines Innenkonus in die Hülse (siehe Bild 3.3c)) oder durch Eintreiben der Hülse über ein Spreizelement (Konus), erzeugt; wegkontrollierte Spreizdübel können nicht nachspreizen

**3.1.23****Verschiebung**

Bewegung des beanspruchten Endes des Befestigungselementes in Lastrichtung relativ zu dem Betonbauteil, in dem es montiert ist, oder, im Fall von Ankerschienen, die Bewegung der Spezialschraube (siehe Bild 3.2) oder Ankerschiene relativ zum Betonbauteil

Anmerkung 1 zum Begriff: In Zugversuchen wird die Verschiebung parallel zur Achse des Befestigungselementes gemessen. In Querlastversuchen wird die Verschiebung senkrecht zur Achse des Befestigungselementes bestimmt.

**3.1.24****duktiler Stahlbauteil**

Stahlbauteil mit ausreichender Duktilität

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Voraussetzungen für Duktilität werden in den entsprechenden Unterabschnitten angegeben.

**3.1.25****Randabstand**

Abstand vom Rand des Betonbauteils bis zur Achse des Befestigungselementes oder Ankers einer Ankerschiene

**3.1.26****wirksame Verankerungstiefe**

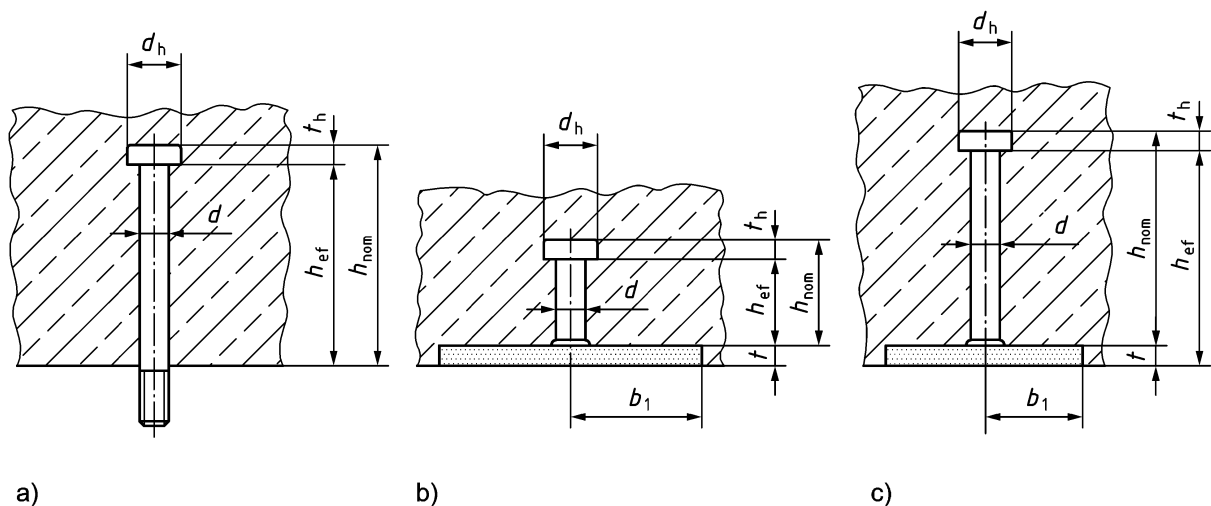
Gesamttiefe, über die das Befestigungselement oder der Anker einer Ankerschiene die Kraft auf den umgebenden Beton überträgt; siehe Bilder 3.1 bis 3.3

**3.1.27****Europäische Technische Produktspezifikation**

Europäische Norm (EN), Europäische Technische Bewertung (ETA) für Befestigungselemente oder Ankerschienen, basierend auf einem Europäischen Bewertungsdokument (EAD) oder einer transparenten nachvollziehbaren Bewertung, die allen Anforderungen der entsprechenden EAD entspricht

**3.1.28****Befestigung**

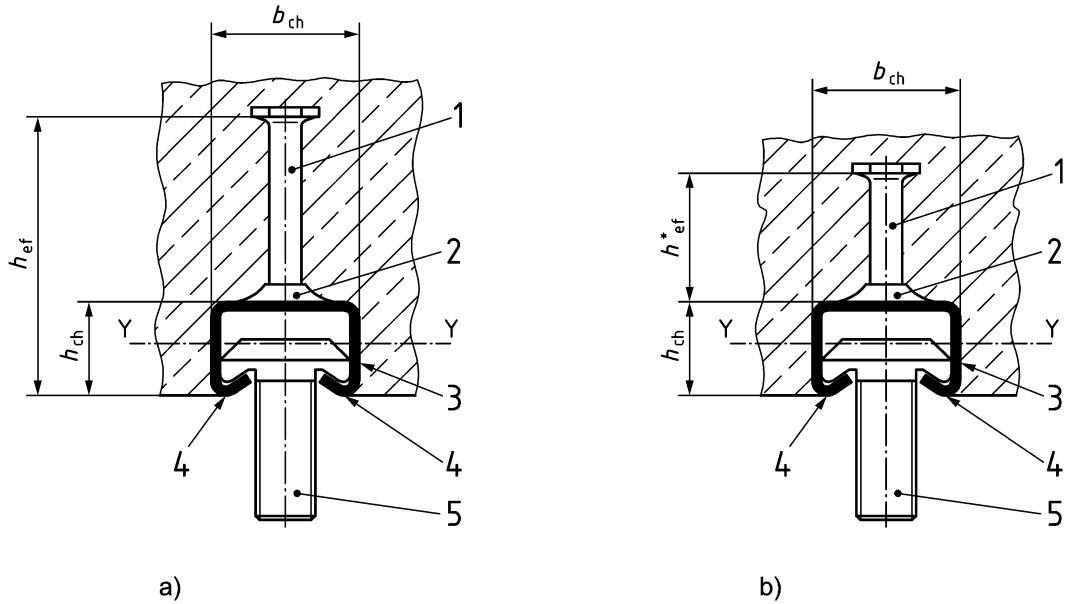
Baugruppe, bestehend aus Anbauteil und Befestigungselementen oder Ankerschienen, die dazu verwendet wird, Lasten in den Beton zu übertragen

**Legende**

- a) ohne Ankerplatte
- b) bei einer großen Ankerplatte in mindestens eine Richtung,  $b_1 > 0,5 h_{nom}$  oder  $t > 0,2 h_{nom}$
- c) bei einer kleinen Ankerplatte in beide Richtungen,  $b_1 \leq 0,5 h_{nom}$  und  $t \leq 0,2 h_{nom}$

**Bild 3.1 — Definition der wirksamen Verankerungstiefe  $h_{ef}$  für Kopfbolzen**

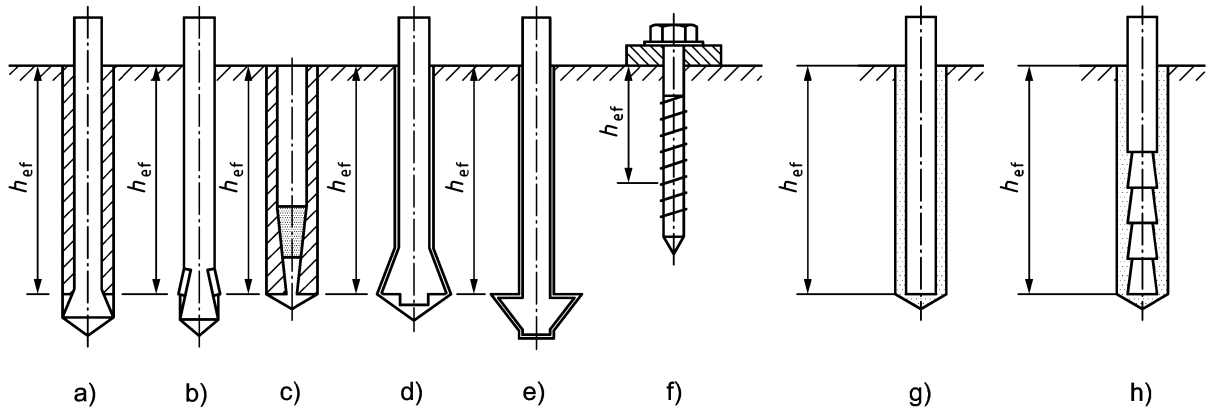
**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**



**Legende**

- 1 Anker
- 2 Verbindung zwischen Anker und Schiene
- 3 Schiene
- 4 Schienenlippe
- 5 Spezialschraube
- a)  $h_{ef}$  für Ankerschienen (siehe 7.4.1.5 (1) und 7.4.1.5 (1) b))
- b)  $h_{ef}^*$  für Ankerschienen (siehe 7.4.1.5 (1) a))

**Bild 3.2 — Definitionen für Ankerschienen**



**Legende**

- a) drehmomentkontrollierter Dübel, Hülsentyp
- b) drehmomentkontrollierter Dübel, Bolzentyp
- c) wegkontrolliert spreizender Dübel
- d) Hinterschnittdübel, Typ 1
- e) Hinterschnittdübel, Typ 2
- f) Betonschraube
- g) Verbunddübel
- h) Verbundspreizdübel

**Bild 3.3 — Definition der wirksamen Verankerungstiefe  $h_{ef}$  für nachträgliche montierte Befestigungselemente - Beispiele**

**3.1.29****Biegebeanspruchung**

Biegung der Schiene einer Ankerschiene infolge einer Zuglast

**3.1.30****Gruppe von Befestigungselementen**

Anzahl von Befestigungselementen mit identischen Abmessungen und Merkmalen, die zusammenwirken, um ein gemeinsames Anbauteil abzustützen, wobei der Achsabstand der Befestigungselemente den charakteristischen Achsabstand nicht überschreitet

**3.1.31****Kopfbolzen**

Befestigungselement aus Stahl, das vor dem Betonieren montiert und anschließend einbetoniert wird, mit einem Kopf am eingebetteten Ende (siehe Bild 3.1), das seinen Widerstand gegen Zugbeanspruchung durch Formschluss am Kopf des Befestigungselementes erzeugt

**3.1.32****Formschluss**

Lastübertragung in ein Betonbauteil durch mechanische Verzahnung

**3.1.33****kleinster Randabstand**

kleinster zulässiger Abstand, bei dem das Einbringen und Verdichten des Betons noch sichergestellt ist (Einlege-teile) und der vermeidet, dass das Betonbauteil während der Montage beschädigt wird (nachträglich montierte Befestigungselemente), angegeben in der Europäischen Technischen Produktspezifikation

**3.1.34****kleinste Bauteildicke**

kleinste Bauteildicke, bei der ein Befestigungselement oder eine Ankerschiene in einem Betonbauteil montiert werden darf, angegeben in der Europäischen Technischen Produktspezifikation

**3.1.35****kleinster Achsabstand**

kleinster Abstand zwischen zwei Befestigungselementen, gemessen von Mittellinie zu Mittellinie der Befestigungselemente, bei dem das Einbringen und Verdichten des Betons noch sichergestellt ist (Einlege-teile) und der vermeidet, dass das Betonbauteil während der Montage beschädigt wird (nachträglich montierte Befestigungselemente), angegeben in der Europäischen Technischen Produktspezifikation

**3.1.36****nachträglich montiertes Befestigungselement**

Befestigungselement, das im ausgehärteten Beton montiert wird (siehe Bild 3.3)

**3.1.37****Versagensart Herausziehen**

ein allgemeiner Begriff, der die Versagensart Herausziehen eines mechanischen Befestigungselementes und die kombinierte Versagensart Herausziehen und Betonausbruch bei Verbunddübeln definiert

**3.1.38****Versagensart Herausziehen von mechanischen Befestigungselementen**

Versagensart, bei der das Befestigungselement vollständig aus dem Beton gezogen wird, ohne dass der vollständige Widerstand des Betons erreicht wird, oder, im Fall von nachträglich montierten mechanischen Befestigungselementen, eine Versagensart, bei der der Konus des Befestigungselementes durch die Spreizhülle durchgezogen wird, ohne dass der vollständige Widerstand des Betonausbruchkörpers erreicht wird

## **DIN EN 1992-4:2019-04 EN 1992-4:2018 (D)**

### **3.1.39**

#### **Querlast**

Last, die parallel zur Betonoberfläche und quer zur Längsachse der Schiene wirkt; die Last wirkt senkrecht auf die Längsachse des Befestigungselementes

### **3.1.40**

#### **Achsabstand**

Abstand zwischen den Längsachsen von Befestigungselementen; Abstand zwischen den Längsachsen von Spezialschrauben sowie Anker von Ankerschienen

### **3.1.41**

#### **Versagensart Stahlbruch des Befestigungselementen**

Versagensart, die durch den Bruch von Stahlteilen des Befestigungselementes charakterisiert ist

### **3.1.42**

#### **Zusatzbewehrung**

Ankerbewehrung

Bewehrung, die einen möglichen Betonausbruchkörper an das Betonbauteil bindet

### **3.1.43**

#### **Zuglast**

Last, die senkrecht zur Oberfläche des Verankerungsgrundes (bei Ankerschienen) und entlang der Achse des Befestigungselementes wirkt

### **3.1.44**

#### **drehmomentkontrollierter Spreizdübel**

nachträglich montierter Spreizdübel, der Zugkräfte über die zwangsweise Verspreizung einer oder mehrerer Hülsen oder anderer Teile gegen die Bohrlochwandung in den Verankerungsgrund durch Aufbringen eines Montagedrehmoments einleitet, mit dessen Hilfe der Konus bzw. die Konen in die Spreizhülse bzw. die Spreizhülsen hineingezogen wird/werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Nach der Montage kann die einwirkende Zuglast, die größer als die vorhandene Vorspannkraft ist, ein weiteres Aufspreizen verursachen (Nachspreizen), siehe Bilder 3.3a) und 3.3b).

### **3.1.45**

#### **Hinterschnittdübel**

nachträglich montierter Dübel, der an seinem eingebetteten Ende Zugkräfte über einen Formschluss im Bohrloch in den Verankerungsgrund einleitet

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Hinterschnitt wird entweder durch einen Spezialbohrer vor der Montage des Dübels erzeugt oder alternativ durch den Dübel selbst während des Einbaus, siehe Bilder 3.3d) und 3.3e).

## 3.2 Symbole und Abkürzungen

### 3.2.1 Indizes

a	Beschleunigung
adm	zulässig
b	Verbund
c	Beton
ca	Verbindung
cb	lokaler Betonausbruch (blow-out)
cbo	Spezialschraube
ch	Schiene
cp	Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite (en: concrete pryout)
cr	gerissen; Eigenschaft
d	Bemessungswert
E	Auswirkung der Einwirkung
Ed	Bemessungseinwirkung
el	elastisch
eq	seismisch (Erdbeben)
F	Einwirkung
fat	Ermüdung
fi	Brand
fix	Anbauteil
flex	Biegung
ind	indirekt
k	charakteristischer Wert
L	Last
l	lokal
M	Werkstoff
max	Maximum
min	Minimum
N	Normalkraft
nom	nominal (Nennwert)
p	Herausziehen
pl	plastisch
pr	Ausbrechen von Beton auf der lastabgewandten Seite (en: prying)
R	Widerstand, Zwang
Rd	Bemessungswert des Widerstandes
re	Bewehrung
s	Stahl
sp	Spalten
u	Höchstwert
ucr	ungerissen
v	vertikal
V	Querkraft

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

y Streckgrenze

**3.2.2 Exponenten**

a Anker

cb Speziialschraube

ch Schiene

g Einwirkung bzw. Widerstand bei Gruppen von Befestigungselementen

h am stärksten belastetes (höchstbeanspruchtes) Befestigungselement in einer Gruppe von Befestigungselementen

0 Grundwert

**3.2.3 Einwirkungen und Widerstände (in alphabetischer Reihenfolge angegeben)**

ANMERKUNG Im Allgemeinen werden nur die Begriffe definiert, die in mehr als einem Abschnitt dieser Europäischen Norm verwendet werden. Wenn ein Begriff nur in einem Abschnitt verwendet wird, darf er nur in diesem Abschnitt definiert werden.

$a_g$  Bemessungswert der Bodenbeschleunigung (en: design ground acceleration) auf Boden vom Typ A

$a_{vg}$  Bemessungswert der vertikalen Bodenbeschleunigung auf Boden vom Typ A

$A_a$  seismischer Überhöhungsfaktor (siehe Gleichung (C.4) und Tabelle C.2)

$A_h$  lastlagernde Fläche auf dem Kopf eines Kopfbolzens

$A'_i$  Ordinate eines Dreiecks mit der Höhe 1 an der Stelle der Last  $N_{Ed}$  oder  $V_{Ed}$  und der Grundlänge  $2l_i$  an der Stelle des Ankers  $i$  einer Ankerschiene

$\alpha$  Verhältnis des Bemessungswertes der Bodenbeschleunigung auf Boden vom Typ A  $a_g$  zur Erdbeschleunigung  $g$

$\alpha_{eq}$  Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung des Einflusses von großen Rissen und der Streuung der Last-Verschiebungs-Kurven bei seismischer Beanspruchung

$\alpha_{gap}$  Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung von Trägheitseffekten infolge eines Lochspiels zwischen Befestigungselement und Anbauteil, im Falle seismischer Querbeanspruchung, angegeben in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation

$\alpha_v$  Verhältnis des Bemessungswertes der vertikalen Bodenbeschleunigung auf Boden vom Typ A  $a_{vg}$  zur Erdbeschleunigung  $g$  (siehe Gleichung (C.6))

$\alpha_v$  Winkel zwischen dem Bemessungswert der Querlast  $V_{Ed}$  (einzelnes Befestigungselement) oder  $V_{Ed}^g$  (Gruppe von Befestigungselementen) und einer Linie, die senkrecht auf der Kante steht, die auf Betonkantenbruch (en: concrete edge failure) geprüft wird,  $0^\circ \leq \alpha_v \leq 90^\circ$ , siehe Bild 7.12 und Gleichung (7.48)

$\alpha_1, \alpha_2$  Einflussfaktoren nach EN 1992-1-1:2004, 8.4.4

$C_d$  Nennwert, z. B. Grenzwert der Verschiebung

$C_{Ed}$  resultierender Bemessungswert der Druckkraft unter dem Anbauteil (siehe Bild 6.2) und Druck infolge Biegung (siehe Bild 6.8)



$C_{pr}$	Kraft zum Ausbrechen von Beton auf der lastabgewandten Seite (en: prying force)
$E$	Auswirkung der Einwirkung
$E_d$	Bemessungswert der Auswirkung der Einwirkung
$F$	Kraft im Allgemeinen
$F_{va}$	vertikale Auswirkungen der Erdbebeneinwirkung auf nichttragende Bauteile
$g$	Erdbeschleunigung
$\gamma$	Teilsicherheitsbeiwert
$\gamma_a$	Bedeutungsbeiwert des nichttragenden Bauteils
$\gamma_{inst}$	Faktor, der die Empfindlichkeit von nachträglich montierten Befestigungselementen hinsichtlich der Montage berücksichtigt
$\gamma_M$	Teilsicherheitsbeiwert für den Werkstoff
$\gamma_{Mc}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Versagensarten Betonausbruch, Betonkantenbruch, lokaler Betonausbruch und Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite
$\gamma_{Ms}$	Teilsicherheitsbeiwert für Stahlbruch
$H$	Gebäudehöhe, gemessen vom Boden oder von der Oberkante eines festen Fundaments
$M$	Moment
$M_{Ed}^{ch}$	Bemessungswert für Biegemomente, die in Folge von Zuglasten $N_{Ed}^{cb}$ (siehe 6.3.2 (4)) auf die Ankerschiene wirken
$M_{Rd,s,flex}$	Bemessungswert für den Widerstand gegen Verbiegen von Schienen bei Zuglast, im Falle von Stahlbruch
$M_{Rk,s,flex}$	charakteristischer Widerstand gegen Verbiegen von Schienen bei Zuglast, im Falle von Stahlbruch
$N$	Normalkraft (positiv = Zugkraft, negativ = Druckkraft)
$N_{Ed}$	resultierender Bemessungswert der Zugkraft des zugbeanspruchten Befestigungselementes
$N_{Ed}^a$	Bemessungswert der Zuglast, die auf den Anker einer Ankerschiene einwirkt
$N_{Ed}^{cb}$	resultierender Bemessungswert der auf die Spezialschraube einwirkenden Zugkraft
$N_{Ed}^h(V_{Ed}^h)$	Bemessungswert der Zuglast (Querlast), die auf das höchstbeanspruchte Befestigungselement einer Gruppe von Befestigungselementen einwirkt
$N_{Ed}^g(V_{Ed}^g)$	Bemessungswert der resultierenden Zuglast (Querlast) der Befestigungselemente einer Gruppe von Befestigungselementen, die Zuglasten (Querlasten) wirksam aufnehmen
$N_{Ed,re}$	Bemessungswert der auf die Zusatzbewehrung einwirkenden Zuglast
$N_{Ed,re}^a$	Bemessungswert der auf die Zusatzbewehrung eines Ankers einer Ankerschiene einwirkenden Zuglast
$N_{Rd,a}$	Bemessungswert des Widerstandes der Zusatzbewehrung im Zusammenhang mit

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

Verankerungsbruch

$N_{Rd,c}$	Bemessungswert des Widerstandes für den Versagensfall Betonausbruch bei Zuglast
$N_{Rd,cb}$	Bemessungswert des Widerstandes für den Versagensfall lokaler Betonausbruch bei Zuglast
$N_{Rd,p}$	Bemessungswert des Widerstandes für den Versagensfall Herausziehen bei Zuglast
$N_{Rd,re}$	Bemessungswert des Widerstandes für den Versagensfall Stahlbruch der Zusatzbewehrung
$N_{Rd,s}$	Bemessungswert für die Festigkeit des Stahls eines Befestigungselementes oder einer Spezialschraube bei Zuglast
$N_{Rd,s,a}$	Bemessungswert für die Festigkeit des Stahls eines Ankers einer Ankerschiene bei Zuglast
$N_{Rd,s,c}$	Bemessungswert für die Festigkeit des Stahls der Verbindung zwischen Anker und Schiene einer Ankerschiene bei Zuglast
$N_{Rd,s,l}$	Bemessungswert des Widerstandes für den Versagensfall Stahlbruch bezüglich lokaler Verbiegung der Schienenlippe bei Zuglast
$N_{Rd,sp}$	Bemessungswert des Widerstandes für den Versagensfall Betonspaltung bei Zuglast
$N_{Rk,c}$	charakteristischer Widerstand für den Versagensfall Betonausbruch bei Zuglast
$N_{Rk,cb}$	charakteristischer Widerstand für den Versagensfall lokaler Betonausbruch bei Zuglast
$N_{Rk,p}$	charakteristischer Widerstand für den Versagensfall Herausziehen bei Zuglast
$N_{Rk,p,fi}$	charakteristischer Widerstand gegen Zug für den Versagensfall Herausziehen bei Brandeinwirkung
$N_{Rk,re}$	charakteristischer Widerstand für den Versagensfall Stahlbruch der Zusatzbewehrung
$N_{Rk,s}$	charakteristischer Wert für die Festigkeit des Stahls eines Befestigungselementes oder einer Spezialschraube bei Zuglast
$N_{Rk,s,a}$	charakteristischer Wert für die Festigkeit des Stahls eines Ankers einer Ankerschiene bei Zuglast
$N_{Rk,s,c}$	charakteristischer Wert für die Festigkeit des Stahls der Verbindung zwischen Anker und Schiene einer Ankerschiene bei Zuglast
$N_{Rk,s,fi}$	charakteristischer Widerstand gegen Zug für den Versagensfall Stahlbruch bei Brandeinwirkung
$N_{Rk,s,l}$	charakteristischer Widerstand für den Versagensfall Stahlbruch bezüglich lokaler Verbiegung der Schienenlippe bei Zuglast
$N_{Rk,sp}$	charakteristischer Widerstand für den Versagensfall Betonspalten bei Zuglast
$\phi_m$	Biegerollendurchmesser eines Betonstahls
$\psi_{ch,c,N}$	Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses einer Ecke auf den Widerstand gegen Betonausbruch für eine Ankerschiene
$\psi_{ch,c,Nb}$	Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses einer Ecke auf den Widerstand gegen lokalen Betonausbruch für eine Ankerschiene

$\psi_{ch,c,V}$	Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses einer Ecke auf den Widerstand gegen Betonkantenbruch für eine Ankerschiene
$\psi_{ch,e,N}$	Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses eines Randes auf den Widerstand gegen Betonausbruch für eine Ankerschiene
$\psi_{ch,h,Nb}$	Faktor zur Berücksichtigung der Auswirkung der Dicke des Betonbauteils auf den Widerstand gegen lokalen Betonausbruch für eine Ankerschiene
$\psi_{ch,h,V}$	Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses der Dicke des Betonbauteils auf den Widerstand gegen Betonkantenbruch für eine Ankerschiene
$\psi_{ch,s,N}$	Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses benachbarter Anker auf den Widerstand gegen Betonausbruch für eine Ankerschiene
$\psi_{ch,s,Nb}$	Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses benachbarter Anker auf den Widerstand gegen lokalen Betonausbruch für eine Ankerschiene
$\psi_{ch,s,V}$	Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses benachbarter Anker auf den Widerstand gegen Betonkantenbruch für eine Ankerschiene
$\psi_{ch,90^\circ,V}$	Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses von Querlasten, die parallel zur Kante wirken, auf den Widerstand gegen Betonkantenbruch für eine Ankerschiene
$\psi_{ec,N}$	Faktor zur Berücksichtigung der Auswirkung auf die Gruppe für den Versagensfall Betonausbruch, wenn auf die einzelnen Befestigungselemente der Gruppe unterschiedliche Zuglasten einwirken
$\psi_{ec,Nb}$	Faktor zur Berücksichtigung der Auswirkung auf die Gruppe für den Versagensfall lokaler Betonausbruch, wenn auf die einzelnen Befestigungselemente der Gruppe unterschiedliche Zuglasten einwirken
$\psi_{ec,Np}$	Faktor zur Berücksichtigung der Auswirkung auf die Gruppe für den kombinierten Versagensfall Herausziehen und Betonausbruch bei Verbunddübeln, wenn auf die einzelnen Befestigungselemente der Gruppe unterschiedliche Zuglasten einwirken
$\psi_{ec,V}$	Faktor zur Berücksichtigung der Auswirkung auf die Gruppe für den Versagensfall Betonkantenbruch, wenn auf die einzelnen Befestigungselemente der Gruppe unterschiedliche Querlasten einwirken
$\psi_{g,Nb}$	Faktor zur Berücksichtigung der Auswirkung auf die Gruppe für den Versagensfall lokaler Betonausbruch, für eine Anzahl von Befestigungselementen in einer Reihe parallel zum Rand
$\psi_{g,Np}$	Faktor zur Berücksichtigung der Auswirkung auf die Gruppe für Verbunddübel mit engem Achsabstand
$\psi_{h,sp}$	Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses der wirklichen Bauteildicke auf den Widerstand gegen Spalten des Betons
$\psi_{h,V}$	Faktor zur Berücksichtigung der Tatsache, dass der Widerstand gegen Betonkantenbruch nicht proportional mit der Bauteildicke steigt
$\psi_{M,N}$	Faktor zur Berücksichtigung der Auswirkung von Druckkräften zwischen dem Anbauteil und dem Beton, im Fall von Biegemomenten mit oder ohne Axialkraft
$\psi_{re,N}$	Schalenabplatzbeiwert
$\psi_{re,V}$	Faktor zur Berücksichtigung der Auswirkung von Bewehrungen, die an einer Kante positioniert sind, für den Versagensfall Betonkantenbruch

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

$\psi_{s,N}$	Faktor zur Berücksichtigung der Störung des Spannungszustands im Beton durch die Nähe eines Randes im Betonbauteil, für den Versagensfall Betonausbruch
$\psi_{s,Nb}$	Faktor zur Berücksichtigung der Störung des Spannungszustands im Beton durch die Nähe eines Randes im Betonbauteil, für den Versagensfall lokaler Betonausbruch
$\psi_{s,Np}$	Faktor zur Berücksichtigung der Störung des Spannungszustands im Beton durch die Nähe eines Randes im Betonbauteil, für den kombinierten Versagensfall Herausziehen und Betonausbruch bei Verbunddübeln
$\psi_{s,V}$	Faktor zur Berücksichtigung der Störung des Spannungszustands im Beton durch die Nähe eines Randes im Betonbauteil, für den Versagensfall Betonkantenbruch
$\psi_{\alpha,V}$	Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses einer Querlast, die schräg zur Kante gerichtet ist, für den Versagensfall Betonkantenbruch
$q$	Verhaltensbeiwert
$q_a$	Verhaltensbeiwert für nichttragende Bauteile
$Q_{ind}$	indirekte variable Einwirkung
$R$	Widerstand
$R_d$	Bemessungswert des Widerstandes
$R_k$	charakteristischer Wert des Widerstandes
$\delta$	Verschiebung der Befestigungselemente
$S$	Bodenbeiwert
$S_a$	Erdbebenbeiwert für horizontale Einwirkung, gilt für nichttragende Bauteile
$S_{va}$	Erdbebenbeiwert für vertikale Einwirkung, gilt für nichttragende Bauteile
$s_{l,N}$	charakteristischer Achsabstand von Spezialschrauben für den Versagensfall Aufbiegen der Schienenlippe bei Zuglast
$s_{l,V}$	charakteristischer Achsabstand von Spezialschrauben für den Versagensfall Aufbiegen der Schienenlippe bei Querlast
$\sigma_{Rk,s,fi}$	charakteristische Zugfestigkeit eines Befestigungselementes für den Versagensfall Stahlbruch bei Brandeinwirkung
$T_a$	Grundschwingungsdauer eines nichttragenden Bauteils
$T_{Ed}$	Bemessungswert des auf das Anbauteil einwirkenden Torsionsmomentes (siehe Bild 6.4 und Bild 7.11)
$T_1$	Grundschwingungsdauer des Gebäudes in der betrachteten Richtung
$\tau_{Rk}$	charakteristische Verbundtragfähigkeit eines nachträglich montierten Befestigungselementes in Abhängigkeit von der Festigkeitsklasse des Betons, in ungerissenem Beton ( $\tau_{Rk,ucr}$ ) oder in gerissenem Beton ( $\tau_{Rk,cr}$ )
$\tau_{Rk,s,fi}$	charakteristische Querlasttragfähigkeit eines Befestigungselementes für den Versagensfall Stahlbruch bei Brandeinwirkung

$V$	Querkraft
$V_a$	Querkraft an einem Befestigungselement (siehe Bild 6.4)
$V_{Ed}$	Bemessungswert für die Querkraft
$V_{Rd,c}$	Bemessungswert für den Widerstand für den Versagensfall Betonkantenbruch bei Querlast
$V_{Rd,cp}$	Bemessungswert für den Widerstand für den Versagensfall Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite bei Querlast
$V_{Rd,s}$	Bemessungswert für die Festigkeit des Stahls eines Befestigungselementes oder einer Spezialschraube bei Querlast
$V_{Rd,s,a}$	Bemessungswert für die Festigkeit des Stahls eines Ankers einer Ankerschiene bei Querlast
$V_{Rd,s,c}$	Bemessungswert für die Festigkeit des Stahls der Verbindung zwischen Anker und Schiene einer Ankerschiene bei Querlast
$V_{Rd,s,l}$	Bemessungswert für den Widerstand für den Versagensfall Stahlbruch bezüglich lokaler Verbiegung der Schienenlippe bei Querlast
$V_{Rd,s,M}$	Bemessungswert für den Widerstand für den Versagensfall Stahlbruch mit Hebelarm bei Querlast
$V_{Rk,c}$	charakteristischer Widerstand für den Versagensfall Betonkantenbruch bei Querlast
$V_{Rk,cp}$	charakteristischer Widerstand für den Versagensfall Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite bei Querlast
$V_{Rk,cp,fi}$	charakteristischer Widerstand für den Versagensfall Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite bei Querlast und Brandeinwirkung
$V_{Rk,s}$	charakteristischer Wert für die Festigkeit des Stahls eines Befestigungselementes oder einer Spezialschraube bei Querlast
$V_{Rk,s,a}$	charakteristischer Wert für die Festigkeit des Stahls eines Ankers und Schiene einer Ankerschiene bei Querlast
$V_{Rk,s,c}$	charakteristischer Wert für die Festigkeit des Stahls der Verbindung zwischen Anker und Schiene einer Ankerschiene bei Querlast
$V_{Rk,s,fi}$	charakteristischer Wert für die Quertragfähigkeit für den Versagensfall Stahlbruch bei Brandeinwirkung
$V_{Rk,s,l}$	charakteristischer Wert für den Widerstand für den Versagensfall Stahlbruch bezüglich lokaler Verbiegung der Schienenlippe bei Querlast
$V_{Rk,s,M}$	charakteristischer Widerstand für den Versagensfall Stahlbruch mit Hebelarm bei Querlast
$W_a$	Gewicht eines nichttragenden Bauteils
$z$	Höhe des nichttragenden Bauteils über der Anwendungsebene der Erdbebeneinwirkung

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

**3.2.4 Beton und Stahl**

$A_s$	Spannungsquerschnitt eines Befestigungselements
$A_{s,re}$	Spannungsquerschnitt eines Betonstahls
$\varepsilon$	Dehnung
$f_{bd}$	Bemessungswert der Verbundfestigkeit der Zusatzbewehrung
$f_{ck}$	Nennwert der charakteristischen Zylinderdruckfestigkeit (150 mm Durchmesser über 300 mm Höhe)
$f_{uk}$	Nennwert der charakteristischen Zugfestigkeit des Stahls
$f_{yk}$	Nennwert der charakteristischen Streckgrenze
$f_{yk,re}$	Nennwert der charakteristischen Streckgrenze der Bewehrung
$I_p$	polares Flächenträgheitsmoment der Befestigung
$I_y$	Trägheitsmoment der Schiene bezogen auf die $y$ -Achse der Schiene (siehe Bild 3.2)
$\sigma$	Spannung im Beton (zur Bestimmung von gerissenem gegenüber ungerissenem Beton-zustand)
$w_k$	Rissbreite
$W_{el}$	elastisches Widerstandsmoment, berechnet aus dem Spannungsquerschnitt

**3.2.5 Befestigungselemente und Befestigungen, Bewehrung**

$a$	Abstand zwischen den äußeren Befestigungselementen von angrenzenden Befestigungen
$a_1$ ( $a_2$ )	Abstand der äußeren Befestigungselemente benachbarter Befestigungen in Richtung 1 (Richtung 2) (siehe Bild 3.4)
$a_3$	Abstand zwischen Betonoberfläche und Stelle der angenommenen Einspannung eines Befestigungselementes unter Querlast mit Hebelarm (siehe Bild 6.6)
$\alpha$	Faktor zur Berücksichtigung des Grades der Einspannung der Befestigung
$b_1$	Breite der Ankerplatte (siehe Bild 3.1)
$b_{ch}$	Breite der Schiene (siehe Bild 3.2)
$b_{fix}$	Breite des Anbauteils
$c$	Randabstand, gemessen zur Achse des Befestigungselementes oder zur Achse einer Ankerschiene
$c_1$	Randabstand in Richtung 1 (siehe Bild 3.4)
$c_2$	Randabstand in Richtung 2 (siehe Bild 3.4), dabei ist Richtung 2 senkrecht zur Richtung 1
$c_{cr}$	charakteristischer Randabstand zur Sicherstellung des charakteristischen Widerstandes eines einzelnen Befestigungselementes
$c_{cr,N}$ ( $c_{cr,V}$ )	charakteristischer Randabstand zur Sicherstellung der Übertragung des charakteristischen Widerstandes eines einzelnen Befestigungselementes oder eines Ankers einer Ankerschiene bei Zuglast im Falle eines Betonausbruchs (Betonkantenausbruch bei Scherbeanspruchung)

$c_{cr,Np}$	charakteristischer Randabstand zur Sicherstellung der Übertragung des charakteristischen Widerstandes eines einzelnen Verbunddübels bei Zuglast, für den kombinierten Versagensfall Betonausbruch und Herausziehen
$c_{min}$	kleinster zulässiger Randabstand
$d$	Durchmesser des Befestigungselementes oder des Gewindedurchmessers, Durchmesser des Bolzens oder des Kopfbolzenschafts, wirksame Tiefe der Zusatzbewehrung (siehe Bild 6.8)
$d_a$	Durchmesser des Ankers einer Ankerschiene (Rund-Anker)
$d_f$	Durchmesser des Durchgangslochs im Anbauteil
$d_h$	Durchmesser des Kopfes eines Kopfbolzens (siehe Bild 3.1)
$d_{nom}$	Außendurchmesser des Befestigungselementes
$E$	Elastizitätsmodul
$e_1$	Abstand zwischen Querlast und Betonoberfläche (siehe Bild 6.6)
$e_N$	Exzentrizität der resultierenden Zugkraft der zugbeanspruchten Befestigungselemente in Bezug auf den Schwerpunkt der zugbeanspruchten Befestigungselemente (siehe Bild 6.3)
$e_s$	Abstand zwischen der Achse der Querlast und der Achse der Zusatzbewehrung zur Aufnahme der Querlast (siehe Bild 6.8)
$e_V$	Exzentrizität der resultierenden Querkraft der querbeanspruchten Befestigungselemente in Bezug auf den Schwerpunkt der querbeanspruchten Befestigungselemente (siehe Bild 7.15)
$h$	Dicke des Betonbauteils, in dem das Befestigungselement montiert ist (siehe Bild 3.4)
$h_{ch}$	Höhe der Schiene (siehe Bild 3.2)
$h_{ef}$	wirksame Verankerungstiefe (siehe Bilder 3.1 bis 3.3)
$h_{min}$	minimale zulässige Dicke des Betonbauteils
$h_{nom}$	Nennlänge des an die Ankerplatte angeschweißten Kopfbolzens
$l_1$	Verankerungslänge des Betonstahls in dem angenommenen Betonausbruchkörper (siehe Bilder 7.2 und 7.10)
$l_a$	wirksamer Hebelarm der Querkraft, die auf das Befestigungselement oder auf die Ankerschiene wirkt (siehe Bild 6.6), in der Berechnung verwendet
$l_{bd}$	Bemessungswert der Verankerungslänge der Bewehrung
$l_i$	Einflusslänge einer externen Last $N_{Ed}$ oder $V_{Ed}$ entlang einer Ankerschiene (siehe Bild 6.7 und Gleichung (6.5))
$n$	Anzahl der Befestigungselemente in einer Gruppe
$n_{re}$	Anzahl der für ein Befestigungselement wirksamen Stäbe der Zusatzbewehrung
$\phi$	Durchmesser eines Bewehrungsstabs
$s$	Achsabstand der Befestigungselemente innerhalb einer Gruppe, gemessen von Mitte zu Mitte der Befestigungselemente (siehe Bild 3.4) oder Achsabstand bei Ankern einer Ankerschiene (siehe Bild 6.7) oder Achsabstand der Betonstähle
$s_1$ ( $s_2$ )	Achsabstand von Befestigungselementen in einer Gruppe in Richtung 1 (Richtung 2) (siehe Bild 3.4)
$s_{cbo}$	Achsabstand der Spezialschrauben einer Ankerschiene

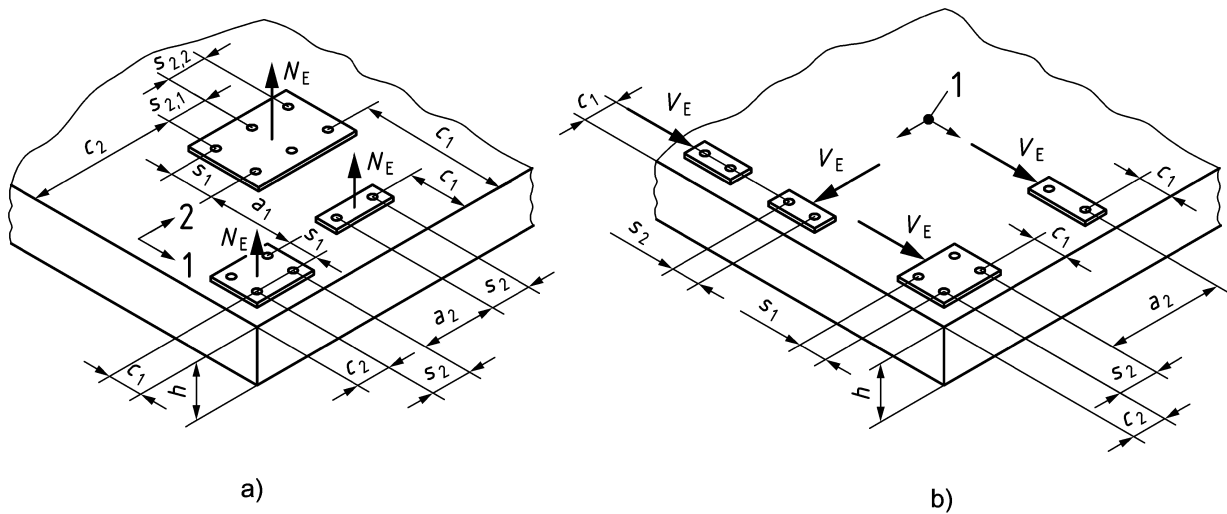
**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

$s_{cr}$	charakteristischer Achsabstand zur Sicherstellung des charakteristischen Widerstandes eines einzelnen Befestigungselementes oder Ankers einer Ankerschiene
$s_{cr,N} (s_{cr,V})$	charakteristischer Achsabstand von Befestigungselementen oder Ankern von Ankerschienen zur Sicherstellung des charakteristischen Widerstandes einzelner Befestigungselemente oder Anker einer Ankerschiene für den Fall des kegelförmigen Betonausbruches bei Zuglast (Betonkantenbruch bei Querlast)
$s_{min}$	kleinster zulässiger Achsabstand
$t$	Dicke einer Ankerplatte (siehe Bild 3.1)
$t_{fix}$	Dicke des Anbauteils
$t_{grout}$	Dicke des Mörtelbettes
$t_h$	Dicke des Kopfes eines Kopfbolzens
$z$	innerer Hebelarm einer Befestigung, mit Hilfe der Elastizitätstheorie berechnet (siehe Bild 6.2 und Gleichung (7.7)); innerer Hebelarm eines Betonbauteils (siehe Bild 6.8)

### 3.2.6 Einheiten

In dieser Europäischen Norm werden SI-Einheiten verwendet. Falls in den Gleichungen nicht anders angegeben, werden die folgenden Einheiten verwendet: Maße werden in mm, Querschnitte in mm<sup>2</sup>, Widerstandsmomente in mm<sup>3</sup>, Trägheitsmomente in mm<sup>4</sup>, Kräfte und Lasten in N und Spannungen, Festigkeiten und Elastizitätsmodule in N/mm<sup>2</sup> angegeben.





### Legende

- 1 Indizes 1 und 2: Bei Befestigungen, die nahe am Bauteilrand liegen und Zuglasten ausgesetzt sind, Index 1: in Richtung der Senkrechten zum Bauteilrand, Index 2: in Richtung parallel zum Bauteilrand. Bei Querlasten hängt der Index von der Kante ab, für die der Nachweis gegen Betonkantenbruch geführt wird (Index 1: Richtung senkrecht zum Bauteilrand, für die der Nachweis geführt wird; Index 2: senkrecht zu Richtung 1)
- a) Befestigungen, die einer Zuglast ausgesetzt sind
- b) Befestigungen, die einer Querlast ausgesetzt sind, im Fall einer Befestigung nahe am Bauteilrand

**Bild 3.4 — Definitionen zu Betonkörperabmessungen sowie Rand- und Achsabständen von Befestigungselementen**

## 4 Grundlagen der Bemessung

### 4.1 Allgemeines

(1) Befestigungselemente und Ankerschienen müssen allen Einwirkungen und Einflüssen, die während der Ausführung und Verwendung entstehen können, mit angemessener Zuverlässigkeit dauerhaft widerstehen (Grenzzustand der Tragfähigkeit). Sie dürfen sich nicht in unzulässigem Maß verformen (Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit) und sie müssen für die ihnen zugewiesene Verwendung geeignet bleiben (Dauerhaftigkeit). Sie dürfen durch außergewöhnliche Ereignisse nicht in einem zur ursprünglichen Ursache unverhältnismäßig großem Ausmaß beschädigt werden.

(2) Befestigungen und Ankerschienen müssen nach denselben Prinzipien und Anforderungen bemessen werden, die für Bauwerke nach EN 1990, einschließlich Lastkombinationen, und nach EN 1992-1-1 gelten.

ANMERKUNG Es wird angenommen, dass eine Bemessung, die auf den in dieser Europäischen Norm und in den Anhängen der EN 1990 angegebenen Teilsicherheitsbeiwerten basiert, zu einem Tragwerk führt, das der Zuverlässigkeitsklasse RC2 entspricht, d. h. einen  $\beta$ -Wert von 3,8 für einen Zeitraum von 50 Jahren aufweist. Weitere Informationen sind in EN 1990 angegeben.

(3) Die Entwurfsnutzungsdauer des Befestigungselementes oder der Ankerschiene darf nicht geringer sein als die des Anbauteils. Den Teilsicherheitsbeiwerten für den Widerstand und die Dauerhaftigkeit in dieser Europäischen Norm liegt eine Bemessungsnutzungsdauer der Befestigung von 50 Jahren für die Befestigung oder Ankerschiene zugrunde.

(4) Werte für Einwirkungen müssen den entsprechenden Teilen der Normenreihe EN 1991 oder im Fall von Erdbebeneinwirkungen der Normenreihe EN 1998 entnommen werden (siehe Anhang C).

## DIN EN 1992-4:2019-04 EN 1992-4:2018 (D)

(5) Ist die Befestigung Ermüdungs- oder Erdbebeneinwirkungen ausgesetzt, dürfen nur Befestigungselemente, die für diesen Anwendungsbereich geeignet sind, verwendet werden (siehe die entsprechende Europäische Technische Produktspezifikation).

(6) Die Bemessung der Betonbauteile, auf die das Anbauteil die einwirkenden Lasten weiterleitet, muss für eine sichere Übertragung der Lasten zu den Auflagern des Bauteils mit der Normenreihe EN 1992-1 und den Anforderungen von Anhang A übereinstimmen.

(7) Für die Bemessung und Ausführung von Befestigungen und Ankerschienen gelten dieselben Qualitätsanforderungen wie für die Bemessung und Ausführung des Bauwerks und des Anbauteils:

- Die Bemessung der Befestigung und Ankerschiene muss durch qualifiziertes Personal erfolgen;
- die Ausführung muss nach den Anforderungen aus Anhang F erfolgen.

### 4.2 Erforderliche Nachweise

(1) Befestigungselemente müssen in Übereinstimmung mit EN 1992-1-1 und EN 1998-1 (falls anwendbar) überprüft werden.

(2) Im Grenzzustand der Tragfähigkeit werden Nachweise für alle gegebenen Lastrichtungen und alle möglichen Versagensarten gefordert.

(3) Im Grenzzustand der Gebrauchsfähigkeit muss nachgewiesen werden, dass die Verschiebungen, die durch die maßgeblichen Einwirkungen auftreten, nicht größer sind als die zulässige Verschiebung.

(4) Der Werkstoff des Befestigungselementes und sein Korrosionsschutz müssen unter Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen am Ort der Montage und der Möglichkeiten der Inspektion, der Wartung und der Ersetzbarkeit des Befestigungselementes ausgewählt und nachgewiesen werden. Angaben sind im informativen Anhang B gegeben.

(5) Wenn anwendbar, muss die Befestigung einen entsprechenden Feuerwiderstand besitzen. Im Rahmen dieser Europäischen Norm wird davon ausgegangen, dass der Feuerwiderstand des Anbauteils ausreichend ist. Anhang D beschreibt die Grundlagen, Anforderungen und Regeln für die Bemessung von Befestigungen, die Brandeinwirkung ausgesetzt sind.

### 4.3 Nachweisverfahren

(1) Für den Grenzzustand der Tragfähigkeit ist nachzuweisen, dass:

$$E_d \leq R_d \quad (4.1)$$

und für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist nachzuweisen, dass:

$$E_d \leq C_d \quad (4.2)$$

(2) Die auf die Befestigungselemente einwirkenden Kräfte müssen unter Verwendung angemessener Kombinationen von Lasten auf das Anbauteil nach EN 1990 abgeleitet werden. Die Kräfte  $Q_{ind}$ , die sich aus Zwangsverformungen, von innen (z. B. Schwinden) oder von außen (z. B. Temperaturänderungen), des befestigten Bauteils ergeben, müssen bei der Bemessung der Befestigungselemente berücksichtigt werden. Die Bemessungslast muss als  $\gamma_{ind} \cdot Q_{ind}$  interpretiert werden.

(3) Im Allgemeinen dürfen die auf die Ankerplatte angreifenden Lasten unter Vernachlässigung der Verschiebungen der Befestigungselemente oder Ankerschienen berechnet werden. Die Auswirkung der Verschiebung der Befestigungselemente oder Ankerschienen sollte jedoch berücksichtigt werden, wenn ein statisch unbestimmtes steifes Bauteil befestigt wird.

(4) Für den Grenzzustand der Tragfähigkeit wird der Bemessungswert des Widerstandes aus dem charakteristischen Widerstand des Befestigungselementes, der Gruppe von Befestigungselementen oder der Ankerschienen wie folgt berechnet:

$$R_d = R_k / \gamma_M \quad (4.3)$$

(5) Für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit muss der Wert  $E_d$ , der der Bemessungswert für die Verschiebung des Befestigungselementes oder der Ankerschiene ist, auf Basis der Informationen aus der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation abgeleitet werden. Außerdem müssen bei Querlast Risse des Betons für die Befestigung mit Zusatzbewehrung und für eingebettete Grundplatten in randnahen Bereichen berücksichtigt werden. Für den Wert  $C_d$  siehe Abschnitt 11.

#### **4.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten**

##### **4.4.1 Teilsicherheitsbeiwerte für Lasten**

(1) Teilsicherheitsbeiwerte müssen mit EN 1990 übereinstimmen.

(2) Für den Nachweis von indirekten Lasten und Ermüdungslasten müssen die Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_{ind}$  und  $\gamma_{F,fat}$  verwendet werden.

ANMERKUNG Die Werte  $\gamma_{ind}$  und  $\gamma_{F,fat}$  für die Verwendung in einem Land dürfen seinem Nationalen Anhang entnommen werden. Die empfohlenen Werte für den Grenzzustand der Tragfähigkeit sind  $\gamma_{ind} = 1,2$  für Betonbruch und  $\gamma_{ind} = 1,0$  für andere Versagensarten, und im Fall von Ermüdungsbeanspruchung  $\gamma_{F,fat} = 1,0$ .

##### **4.4.2 Teilsicherheitsbeiwerte für den Widerstand**

###### **4.4.2.1 Allgemeines**

Der Faktor zur Berücksichtigung der Empfindlichkeit von nachträglich montierten Befestigungselementen hinsichtlich der Montage  $\gamma_{inst}$  ist als Teil in  $\gamma_{Mc}$  enthalten (siehe Tabelle 4.1). Er hat seinen Ursprung in der Vorqualifizierung des Produktes. Der Faktor  $\gamma_{inst}$  ist produktabhängig und in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben. Daher darf  $\gamma_{inst}$  nicht modifiziert werden.

Tabelle 4.1 — Empfohlene Werte für Teilsicherheitsbeiwerte

Versagensart	Teilsicherheitsbeiwert	
	Ständige und vorübergehende Bemessungssituationen	Außergewöhnliche Bemessungssituation
<b>Stahlversagen – Befestigungselemente</b>		
Zuglast	$= 1,2 \cdot f_{uk}/f_{yk} \geq 1,4$	$= 1,05 \cdot f_{uk}/f_{yk} \geq 1,25$
Querlast mit und ohne Hebelarm	$= 1,0 \cdot f_{uk}/f_{yk} \geq 1,25$ wenn $f_{uk} \leq 800 \text{ N/mm}^2$ und $f_{yk}/f_{uk} \leq 0,8$	$= 1,0 \cdot f_{uk}/f_{yk} \geq 1,25$ wenn $f_{uk} \leq 800 \text{ N/mm}^2$ und $f_{yk}/f_{uk} \leq 0,8$
	$\gamma_{Ms}$ $= 1,5$ wenn $f_{uk} > 800 \text{ N/mm}^2$ oder $f_{yk}/f_{uk} > 0,8$	$= 1,3$ wenn $f_{uk} > 800 \text{ N/mm}^2$ oder $f_{yk}/f_{uk} > 0,8$
<b>Stahlversagen – Ankerschienen</b>		
Zuglast in Anker und Spezialschrauben	$= 1,2 \cdot f_{uk}/f_{yk} \geq 1,4$	$= 1,05 \cdot f_{uk}/f_{yk} \geq 1,25$
Querlast mit und ohne Hebelarm in Spezialschrauben	$= 1,0 \cdot f_{uk}/f_{yk} \geq 1,25$ wenn $f_{uk} \leq 800 \text{ N/mm}^2$ und $f_{yk}/f_{uk} \leq 0,8$	$= 1,0 \cdot f_{uk}/f_{yk} \geq 1,25$ wenn $f_{uk} \leq 800 \text{ N/mm}^2$ und $f_{yk}/f_{uk} \leq 0,8$
	$\gamma_{Ms}$ $= 1,5$ wenn $f_{uk} > 800 \text{ N/mm}^2$ oder $f_{yk}/f_{uk} > 0,8$	$= 1,3$ wenn $f_{uk} > 800 \text{ N/mm}^2$ oder $f_{yk}/f_{uk} > 0,8$
Verbindung zwischen Anker und Schiene, bei Zug- und Querlast	$= 1,8$	$= 1,6$
Lokales Versagen der Ankerschiene durch Aufbiegen der Schienenlippe, bei Zug- und Querlast	$= 1,8$	$= 1,6$
Biegung der Schiene	$\gamma_{Ms,flex} = 1,15$	$= 1,0$
<b>Stahlversagen – Zusatzbewehrung</b>		
Zuglast	$\gamma_{Ms,re} = 1,15^a$	$= 1,0$
<b>Betonversagen</b>		
Betonausbruch, Betonkantenbruch, lokaler Betonausbruch, Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	$\gamma_{Mc} = \gamma_c \cdot \gamma_{inst}$ $= 1,5^a$ für seismische Reparatur und Verstärkung von Gebäuden siehe EN 1998	$= \gamma_c \cdot \gamma_{inst}$ $= 1,2^a$ für seismische Reparatur und Verstärkung von bestehenden Gebäuden siehe EN 1998
	$\gamma_c$	
	$\gamma_{inst}$	$= 1,0$ für Kopfbolzen und Ankerschienen, die die Anforderungen von 4.6 erfüllen (bei Zug- und Querlast) $\geq 1,0$ für nachträglich montierte Befestigungselemente bei Zuglast, siehe entsprechende Europäische

Versagensart	Teilsicherheitsbeiwert	
	Ständige und vorübergehende Bemessungssituationen	Außergewöhnliche Bemessungssituation
	Technische Produktspezifikation = 1,0 für nachträglich montierte Befestigungselemente bei Querlast	
Betonspalten	$\gamma_{Msp}$	$\gamma_{Mc}$
Versagensart Herausziehen und kombinierte Versagensart Herausziehen und Betonbruch	$\gamma_{Mp}$	$\gamma_{Mc}$

<sup>a</sup> Die Werte sind in Übereinstimmung mit EN 1992-1-1.

## DIN EN 1992-4:2019-04 EN 1992-4:2018 (D)

### 4.4.2.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit (Beanspruchung durch statische, quasi-statische und seismische Einwirkungen)

(1) Die Teilsicherheitsbeiwerte für Befestigungen, die statischen, quasi-statischen und seismischen Belastungen ausgesetzt sind, müssen zur Ermittlung der charakteristischen Widerstände verwendet werden.

(2) Die empfohlenen Werte für die Teilsicherheitsbeiwerte von Befestigungen, die seismischen Beanspruchungen ausgesetzt sind, sind mit den entsprechenden Werten für quasi-statische Lasten identisch. Für außergewöhnliche Lasten werden die Teilsicherheitsbeiwerte nach Tabelle 4.1 empfohlen.

ANMERKUNG Der Wert für den Teilsicherheitsbeiwert für die Verwendung in einem Land bei statischen, quasi-statischen, seismischen und außergewöhnlichen Beanspruchungen darf dem jeweiligen Nationalen Anhang entnommen werden, wenn der Teilsicherheitsbeiwert produktunabhängig ist. Die empfohlenen Werte sind in Tabelle 4.1 angegeben. Darin ist berücksichtigt, dass der charakteristische Widerstand in Bezug auf das Versagen von Stahl auf  $f_{yk}$  basiert, außer im Fall Biegung der Schiene von Ankerschienen und Stahlbruch der Zusatzbewehrung, wo der charakteristische Widerstand auf  $f_{yk}$  beruhen sollte.

### 4.4.2.3 Grenzzustand der Tragfähigkeit (Ermüdungsbeanspruchung)

Für charakteristische Widerstände von Befestigungen unter Ermüdungsbeanspruchung müssen die Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_{Ms,fat}$ ,  $\gamma_{Mc,fat}$ ,  $\gamma_{Msp,fat}$  und  $\gamma_{Mp,fat}$  verwendet werden.

ANMERKUNG Die Werte für die Teilsicherheitsbeiwerte von Befestigungen, die Ermüdungsbeanspruchungen ausgesetzt sind, dürfen für die Verwendung in einem Land seinem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert für den Materialbeiwert ist  $\gamma_{Ms,fat} = 1,35$  (Stahlbruch),  $\gamma_{Mc,fat} = \gamma_{Msp,fat} = \gamma_{Mp,fat} = 1,5 \cdot \gamma_{inst}$  (Versagensart Betonbruch).

### 4.4.2.4 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Der Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand ist  $\gamma_M$  und muss auf die charakteristischen Widerstände angewendet werden.

ANMERKUNG Der Wert für den Teilsicherheitsbeiwert für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit darf für die Verwendung in einem Land seinem Nationalen Anhang entnommen werden. Für den Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  ist der Wert  $\gamma_M = 1,0$  empfohlen.

## 4.5 Projektspezifikation

(1) Die Projektbeschreibung muss typischerweise Folgendes enthalten:

- a) Betonfestigkeitsklasse, die bei der Bemessung verwendet wurde, und eine Angabe darüber, ob der Beton bei der Bemessung als gerissen oder ungerissen angenommen wurde. Wird von ungerissenen Beton ausgegangen, ist ein Nachweis erforderlich (siehe 4.7).
- b) Umweltbeanspruchung, die bei der Bemessung angenommen wurde (siehe EN 206).
- c) Eine Anmerkung mit der Aussage, dass die Anzahl, der Hersteller, die Art und die Geometrie der Befestigungselemente oder Hersteller, Art und Geometrie der Ankerschiene oder Spezialschrauben nicht geändert werden dürfen, wenn dies nicht vom verantwortlichen Tragwerksplaner nachgewiesen und gestattet ist.
- d) Konstruktionszeichnungen oder zusätzliche Bemessungsdokumente sollten Folgendes enthalten:
  - 1) Lage der Befestigungselemente oder Ankerschienen im Bauwerk, einschließlich Toleranzen;
  - 2) Anzahl und Art der Befestigungselemente (einschließlich der Einbettungstiefe) oder Art der Ankerschienen und Spezialschrauben;
  - 3) Achs- und Randabstände der Befestigungen oder Ankerschienen, einschließlich Toleranzen (üblicherweise sollten diese nur mit positiven Toleranzen festgelegt sein);

- 4) Dicke des Anbauteils und Durchmesser der Durchgangslöcher (wenn anwendbar);
  - 5) Lage des Bauteils auf dem Anbauteil, einschließlich Toleranzen;
  - 6) maximale Dicke einer möglichen Zwischenschicht, z. B. Mörtelbett oder Wärmedämmung zwischen Anbauteil und Betonoberfläche;
  - 7) (besondere) Installationsanleitungen (wenn anwendbar); diese dürfen nicht im Widerspruch zu den Installationsanleitung des Herstellers stehen.
- e) Verweisung auf die Montageanleitung des Herstellers.
- f) Anmerkungen, dass das Befestigungselement so montiert werden muss, dass die festgelegte Verankerungstiefe sichergestellt ist.
- (2) Zur zusätzlichen Qualitätssicherung der Montage darf die Projektspezifikation nach einer Probelastung des Befestigungsmittels auf der Baustelle verlangen.

#### 4.6 Montage der Befestigungselemente

Der Widerstand und die Zuverlässigkeit von Befestigungen werden entscheidend durch die Art und Weise der Montage der Befestigungselemente beeinflusst. Die Teilsicherheitsbeiwerte aus 4.4 gelten nur, wenn die Bedingungen und Annahmen aus Anhang F erfüllt sind.

#### 4.7 Bestimmung des Zustandes des Betons

(1) In der Umgebung der Befestigung darf der Beton gerissen oder ungerissen sein. Der Zustand des Betons ist vom bemessenden Ingenieur für die Nutzungsdauer der Befestigung festzulegen.

ANMERKUNG Im Allgemeinen ist es konservativ, den Beton für die Nutzungsdauer als gerissen anzunehmen.

(2) Es darf von ungerissenem Beton ausgegangen werden, wenn nachgewiesen ist, dass sich das Befestigungselement unter der charakteristischen Kombination der Beanspruchung beim Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit mit seiner gesamten Verankerungstiefe in ungerissenem Beton befindet. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn Gleichung (4.4) befolgt wird (Druckspannungen sind negativ einzusetzen):

$$\sigma_L + \sigma_R \leq \sigma_{adm} \quad (4.4)$$

Dabei ist

$\sigma_L$  die Spannung im Beton, die durch äußere Lasten, einschließlich der Lasten aus dem Befestigungselement, hervorgerufen werden;

$\sigma_R$  die Spannung im Beton, die durch innere Zwangsverformungen (z. B. Schwinden des Betons) oder durch äußere Zwangsverformungen (z. B. durch Auflagerverschiebungen oder Temperaturschwankungen) hervorgerufen werden. Wird keine detaillierte Analyse durchgeführt, sollte  $\sigma_R = 3 \text{ N/mm}^2$  angenommen werden;

$\sigma_{adm}$  die zulässige Zugspannung für die Definition von ungerissenem Beton.

Die Spannungen  $\sigma_L$  und  $\sigma_R$  sollten unter der Annahme berechnet werden, dass der Beton ungerissen ist. Bei Betonbauteilen, die Lasten in zwei Richtungen übertragen (z. B. Platten, Wände und Schalen) sollte Gleichung (4.4) für beide Richtungen erfüllt sein.

ANMERKUNG Der Wert für  $\sigma_{adm}$  ist im Nationalen Anhang eines Landes angegeben. Der empfohlene Wert ist  $\sigma_{adm} = 0$  und basiert auf der charakteristischen Kombination der Beanspruchung beim Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

## 5 Dauerhaftigkeit

Befestigungselemente und Anbauteile müssen so ausgewählt werden, dass sie unter Berücksichtigung der Umweltbedingungen für das Bauwerk (wie zum Beispiel Expositionsklassen) eine ausreichende Dauerhaftigkeit besitzen, wie angegeben in EN 1992-1-1.

ANMERKUNG 1 Produktspezifische Angaben können in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben sein.

ANMERKUNG 2 Weitere Angaben enthält der informative Anhang B.

## 6 Ableitung von Lasteinwirkungen auf die Befestigungselemente — Berechnung

### 6.1 Allgemeines

(1) Abschnitt 6 gilt für statische und quasi-statische Lasten. Die Anforderungen an Ermüdungsbeanspruchung und seismische Beanspruchung sind in den entsprechenden Abschnitten 8 und 9 angegeben.

(2) Die auf ein Anbauteil einwirkenden Lasten müssen als statisch äquivalente Zug- und Querkräfte auf die Befestigungselemente übertragen werden.

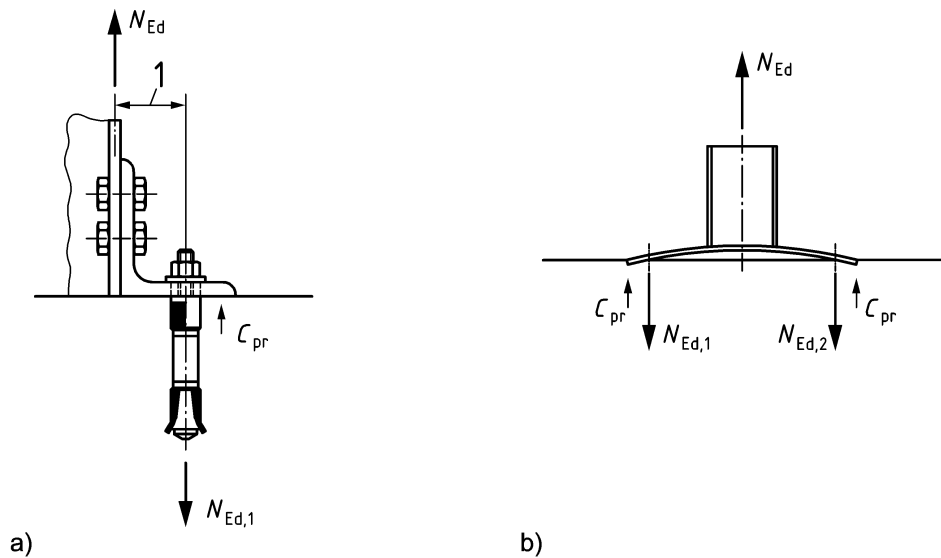
(3) Wirken ein Biegemoment und/oder eine Druckkraft auf ein Anbauteil, das Kontakt mit Beton oder einem Mörtelbett hat, entsteht eine Reibungskraft. Wirkt zudem eine Querlast an einem Anbauteil, vermindert diese Reibung die auf das Befestigungselement einwirkende Querkraft. Die Reibungskräfte werden jedoch bei der Bemessung von Befestigungen im Rahmen dieser Europäischen Norm vernachlässigt.

(4) Exzentrizitäten und Abstützeffekte müssen ausdrücklich bei der Bemessung der Befestigungen berücksichtigt werden (siehe Bild 6.1). Abstützkkräfte  $C_{pr}$  entstehen mit der Verformung des Anbauteils und der Verschiebung der Befestigungselemente.

(5) Im Allgemeinen darf die Verteilung der Lasten auf die einzelnen Befestigungselemente nach der Elastizitätstheorie erstellt werden, im Grenzzustand der Tragfähigkeit und im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.

Für den Grenzzustand der Tragfähigkeit darf für Kopfbolzen und für nachträglich montierte Befestigungselemente die Plastizitätstheorie verwendet werden, wenn die Bedingungen von CEN/TR 17081, *Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton — Traglastverfahren für Befestigungsmittel von Kopfbolzen und Dübeln* befolgt werden.





### Legende

1 Exzentrizität

$C_{pr}$  Stützkraft

a)  $N_{Ed,1} = N_{Ed} + C_{pr}$

b)  $N_{Ed,1} = N_{Ed,2} = 0,5 N_{Ed} + C_{pr}$

**Bild 6.1 — Exzentrizität und Stützwirkung - Beispiele für Erhöhung von Zugkräften, die a) durch Exzentrizität und b) durch Stützwirkung auf Befestigungselemente einwirken**

## 6.2 Kopfbolzen und nachträglich montierte Befestigungselemente

### 6.2.1 Zuglasten

(1) Die Bemessungswerte der auf jedes Befestigungselement einwirkenden Zugkräfte, die aus den Bemessungswerten der auf das steife Einbauteil einwirkenden Normalkräfte und Biegemomente resultieren, dürfen unter der Annahme einer linearen Verteilung der Dehnungen, wie in Bild 6.2 dargestellt, und einer linearen Spannungs-Dehnungs-Beziehung berechnet werden. Wenn sich die Ankerplatte mit oder ohne Mörtelbett auf den Beton abstützt, werden die Druckkräfte über das Anbauteil in den Beton eingeleitet. Die Verteilung der Lasten auf die Befestigungselemente darf analog der Elastizitätstheorie von Stahlbeton mit den folgenden Annahmen berechnet werden (siehe Bild 6.2):

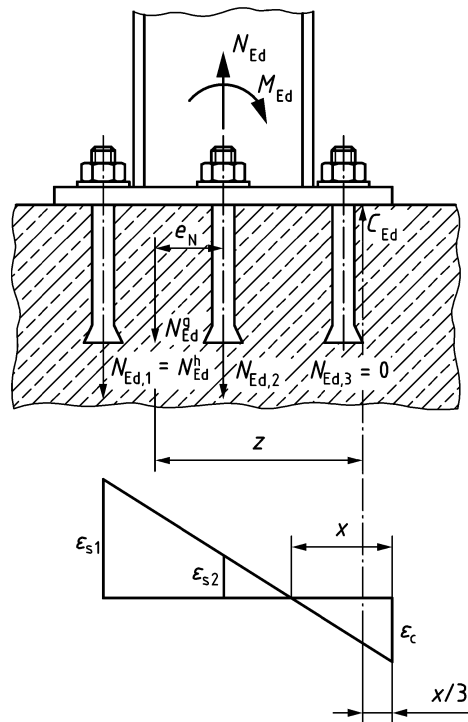
- Das Anbauteil ist ausreichend steif, so dass eine lineare Dehnungsverteilung gilt (analog zur Bernoulli-hypothese).
- Die axiale Steifigkeit aller Befestigungselemente ist gleich. Die Steifigkeit sollte auf Grundlage der elastischen Dehnungen des Stahls im Befestigungselement bestimmt werden.
- Der Elastizitätsmodul des Betons ist EN 1992-1-1 zu entnehmen. Vereinfachend darf der Elastizitätsmodul von Beton mit  $E_c = 30\,000\text{ N/mm}^2$  angenommen werden. Wenn in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation keine spezifische Angabe enthalten ist, darf der Elastizitätsmodul von Stahl für das Befestigungselement zur Vereinfachung mit  $E_s = 210\,000\text{ N/mm}^2$  angenommen werden.
- In der Druckzone unterhalb des Anbauteils nehmen die Befestigungselemente keine Normalkräfte auf.

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

- e) <sup>N1)</sup> Die Annahme aus 6.2.1 (1) a) darf als zutreffend betrachtet werden, wenn die Verformung der Grundplatte unter den Bemessungslasten ( $\sigma_{Ed} \leq \sigma_{Rd}$ ) elastisch und ihre Verformung im Vergleich zu den axialen Verschiebungen der Befestigungselemente vernachlässigbar bleibt. Ist diese Anforderung an die Verformung nicht erfüllt, muss das elastische Verformungsverhalten des Anbauteils entsprechend berücksichtigt werden, um den Bemessungswert für die auf jedes Befestigungselement einwirkenden Zuglasten zu bestimmen.
- f) Bei Gruppen von Befestigungselementen, bei denen auf die einzelnen Befestigungselementen der Gruppe unterschiedlich große Zugkräfte  $N_{Ed,i}$  einwirken, wird der Widerstand der Gruppe gegen Versagen des Betons (d. h. Widerstand in den Versagensfällen kegelförmiger Betonausbruch, Kombination von Herausziehen und Betonausbruch bei Verbunddübeln, Betonspalten und lokaler Betonausbruch) durch die Exzentrizität  $e_N$  der Zugkraft  $N_{Ed}^g$  der Gruppe, bezogen auf den Schwerpunkt der zugbeanspruchten Befestigungselemente, beeinflusst. Daher muss diese Exzentrizität berechnet werden (siehe Bilder 6.2 und 6.3). Bilden die zugbeanspruchten Befestigungselemente keine rechteckige Anordnung (siehe Bild 6.3c)), darf diese Gruppe zur Vereinfachung zu einer rechteckigen Form ergänzt werden, um den Schwerpunkt zu ermitteln. Er darf als Punkt „5“ in Bild 6.3c) angenommen werden. Diese Vereinfachung führt zu einer größeren Exzentrizität und einem abgeminderten Widerstand des Betons.

---

<sup>N1)</sup> Nationale Fußnote: Die Listenelemente e) und f) dieses Unterabschnittes müssen richtig „(2)“ und „(3)“ heißen.

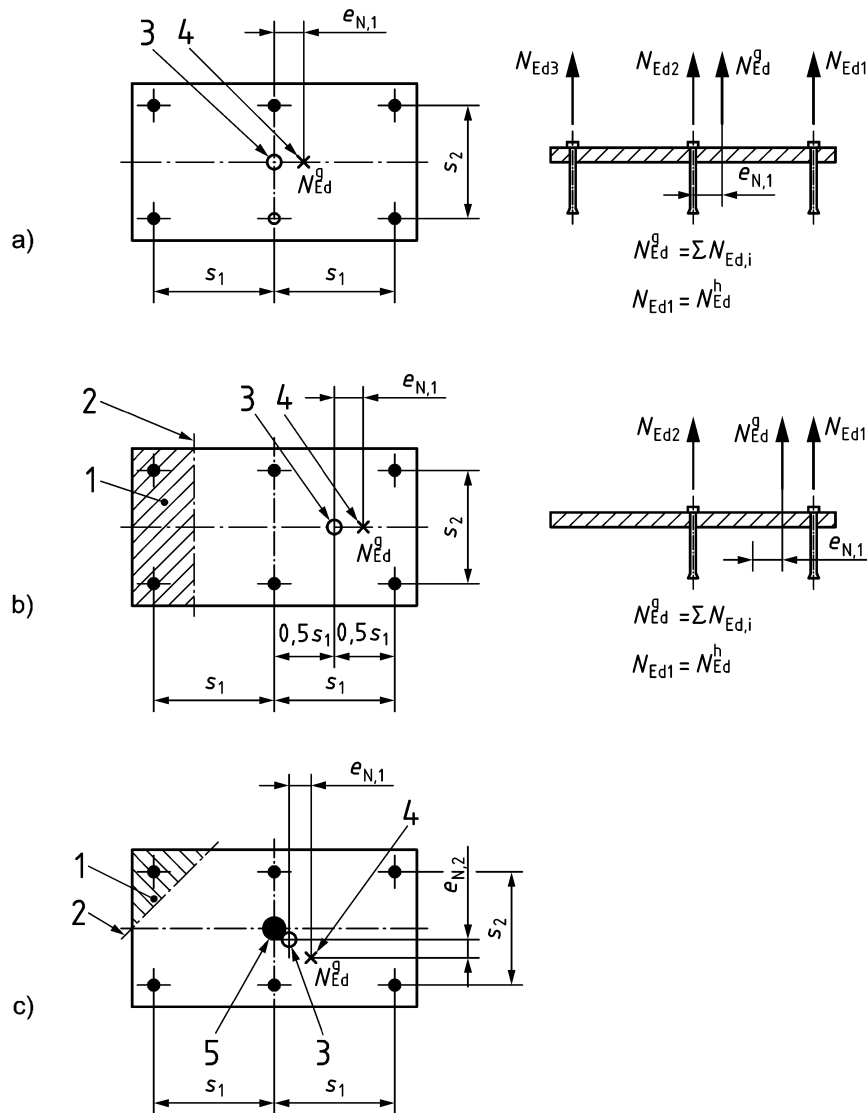
**Legende**

$$N_{Ed,i} = \epsilon_{s,i} \cdot E_s \cdot A_s$$

$$C_{Ed} = 0,5 \cdot b_{fix} \cdot x \cdot \epsilon_c \cdot E_c$$

**Bild 6.2 — Befestigung mit einem steifen Anbauteil, das auf dem Beton lagert und durch ein Biegemoment und eine Normalkraft beansprucht wird – Beispiel**

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**



**Legende**

- 1 druckbeanspruchte Fläche
  - 2 neutrale Achse
  - 3 geometrischer Schwerpunkt der zugbeanspruchten Befestigungselemente
  - 4 Angriffspunkt der resultierenden Zugkraft der zugbeanspruchten Befestigungselemente
  - 5 Schwerpunkt in vereinfachter Annäherung
- a) Exzentrizität in einer Richtung, alle Befestigungselemente werden durch Zugkräfte beansprucht
- b) Exzentrizität in einer Richtung, nur ein Teil der Befestigungselemente einer Gruppe ist durch Zugkräfte beansprucht
- c) Exzentrizität in zwei Richtungen, nur ein Teil der Befestigungselemente einer Gruppe ist durch Zugkräfte beansprucht

**Bild 6.3 — Befestigungen, die durch eine exzentrisch einwirkende Zugkraft  $N_{Ed}$  beansprucht werden – Beispiele**

## 6.2.2 Querlasten

### 6.2.2.1 Allgemeines

In dieser Europäischen Norm werden nur Befestigungen ohne Lochspiel oder mit Lochspiel in Richtung der Querlast nach Tabelle 6.1 behandelt.

### 6.2.2.2 Verteilung der Lasten

(1) Die Lastverteilung hängt von der Wirksamkeit der Befestigungselemente im Hinblick auf den Widerstand gegen Querlasten ab, die z. B. durch das Lochspiel und dem Randabstand beeinflusst wird. Die folgenden Fälle werden unterschieden:

- a) Alle Befestigungselemente gelten in jedem der folgenden Fälle als wirksam:
  - 1) wenn die Befestigung einen großen Randabstand aufweist ( $c_i \geq \max\{10 h_{ef}; 60 d_{nom}\}$ );
  - 2) für den Nachweis gegen Stahlbruch oder Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite;
  - 3) wenn die Befestigung durch ein Torsionsmoment (siehe Bild 6.4) oder durch eine Querlast parallel zum Rand beansprucht wird (siehe Bild 6.5a)).
- b) Nur die randnahen Befestigungselemente, die mit Querlast belastet sind, werden beim Nachweis gegen Betonkantenbruch als wirksam angenommen, wenn die Befestigung einen kleinen Randabstand aufweist ( $c < \max\{10 h_{ef}; 60 d_{nom}\}$ ) und senkrecht zum Rand belastet wird (siehe Bild 6.5b)).

(2) Ein Befestigungselement wird nicht als querlastabtragend betrachtet, wenn ein Langloch in Richtung der Querlast vorhanden ist.

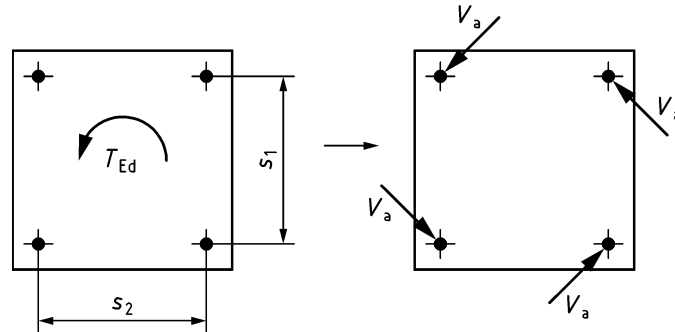
**Tabelle 6.1 — Lochspiel**

Maße in mm

1	Außendurchmesser des Befestigungselementes $d^a$ oder $d_{nom}^b$	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	> 30
2	Durchmesser $d_f$ des Durchgangslochs im Anbauteil	7	9	12	14	16	18	20	22	24	26	30	33	$d + 3$ oder $d_{nom} + 3$
<sup>a</sup>	Wenn der Bolzen am Anbauteil anliegt.													
<sup>b</sup>	Wenn die Hülse am Anbauteil anliegt.													

ANMERKUNG 1 Anwendungen, bei denen Bolzen an das Anbauteil angeschweißt oder in das Anbauteil geschraubt sind, oder in Fällen, in denen jeder Spalt zwischen dem Befestigungselement und dem Anbauteil mit Mörtel ausreichender Druckfestigkeit ( $\geq 40 \text{ N/mm}^2$ ) gefüllt oder durch ein anderes geeignete Maßnahmen beseitigt wurde, gelten als Befestigungen ohne Lochspiel.

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**



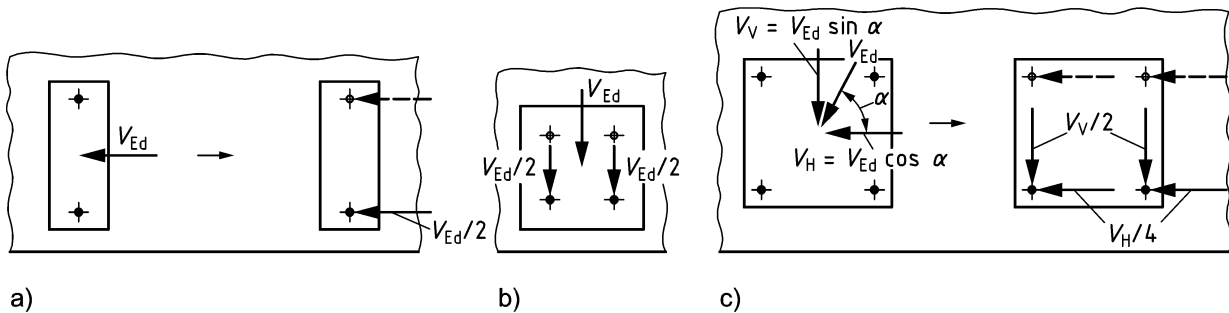
**Legende**

$$V_a = \frac{T_{Ed}}{I_p} \left[ \left( \frac{s_1}{2} \right)^2 + \left( \frac{s_2}{2} \right)^2 \right]^{0,5}$$

mit

$$I_p = s_1^2 + s_2^2$$

**Bild 6.4 — Bestimmung von Querlasten, wenn beim Nachweis alle Befestigungselemente wirksam sind – Beispiel für ein auf eine Vierfachbefestigung einwirkendes Torsionsmoment**



**Legende**

- a) Gruppe mit zwei randnahen Befestigungselementen, belastet parallel zum Rand
- b) Gruppe mit vier randnahen Befestigungselementen, belastet senkrecht zum Rand
- c) randnahe Vierfachbefestigung, belastet mit einer geneigten Querlast

**Bild 6.5 — Bestimmung der Querlasten für den Nachweis von Betonkantenbruch; nur die Kräfte in den Befestigungselementen, die dem Rand (durchgezogene Linie) am nächsten sind, werden für den Nachweis berücksichtigt – Beispiele**

**ANMERKUNG 2** Im Fall von Gruppen von Befestigungselementen, bei denen nur die randnahen Befestigungselemente wirksam sind, wird der Lastanteil, der senkrecht zum Rand wirkt, von den randnahen Befestigungselementen aufgenommen, während die Lastanteile, die parallel zum Bauteilrand wirken, — aus Gleichgewichtsgründen — gleichmäßig auf alle Befestigungselemente der Gruppe verteilt werden (siehe Bild 6.5c)).

Querlasten, die vom Rand weg wirken, beeinflussen den Widerstand gegen Betonkantenbruch nicht maßgeblich. Daher darf der Anteil einer Querlast, der entgegengesetzt zum nachzuweisenden Betonrand wirkt, bei der Berechnung der auf die randnahen Befestigungselemente wirkenden Querkräfte vernachlässigt werden.

**6.2.2.3 Querlasten mit und ohne Hebelarm**

(1) Querlasten, die auf Befestigungen einwirken, dürfen als ohne Hebelarm wirkend angenommen werden, wenn alle nachfolgenden Bedingungen erfüllt sind:

- a) Das Anbauteil ist aus Metall hergestellt und berührt das Befestigungselement über eine Länge von mindestens  $0,5 \cdot t_{\text{fix}}$ .
- b) Das Anbauteil ist wie folgt befestigt:
  - 1) entweder direkt auf der Betonoberfläche ohne eine Zwischenschicht; oder
  - 2) mit einem Ausgleichsmörtelzwischenschicht mit einer Dicke  $t_{\text{grout}} \leq 0,5d$ , auf einer rauen Betonoberfläche (siehe EN 1992-1-1:2004, 6.2.5), die mindestens die vollständigen Abmessungen der Unterseite des Anbauteils abdeckt; die Druckfestigkeit des Mörtels muss mindestens der Festigkeit des als Verankerungsgrund dienenden Betonbauteils entsprechen, beträgt mindestens jedoch  $30 \text{ N/mm}^2$ .

Werden die zuvor genannten Bedingungen nicht erfüllt, sollte angenommen werden, dass die auf die Befestigungen einwirkende Querkraft mit einem Hebelarm wirkt.

(2) Wenn nur Bedingung b) in 6.2.2.3 (1) nicht erfüllt ist, darf für Befestigungen in ungerissenem Beton anstelle einer Bemessung mit Hebelarm eine nach 7.2.2.3.1 (3) abgeminderte Querlasttragfähigkeit des Stahls der Befestigungselemente verwendet werden, vorausgesetzt die folgenden Bedingungen sind erfüllt:

- mindestens zwei Befestigungselemente haben dieselbe Richtung wie die Querkraft;
- es wirken keine Biegemomente oder Zugkräfte auf die Grundplatte ein;
- der Achsabstand der Befestigungselemente in Richtung der Querkraft überschreitet  $10d$  (wenn Querkräfte unter einem Winkel wirken, muss diese Bedingung für beide Richtungen erfüllt sein);
- die Dicke des Mörtelbettes  $t_{\text{grout}}$  beträgt weniger als oder gleich  $40 \text{ mm}$ , und ist  $\leq 5d$  (Befestigungselemente ohne Hülse) oder  $\leq 5d_{\text{nom}}$  (Befestigungselemente mit Hülse);
- das Mörtelbett ist mindestens in den vollständigen Abmessungen des Anbauteils auf einer rauen Betonoberfläche aufgebracht (siehe EN 1992-1-1:2004, 6.2.5);
- die Festigkeit des Mörtelbettes ist mindestens die des als Verankerungsgrund dienenden Betonbauteils, aber nicht weniger als  $30 \text{ N/mm}^2$ .

(3) Wenn die Querlast mit Hebelarm wirkt, muss das Biegemoment, das auf das Befestigungselement einwirkt, berechnet werden. Das Bemessungsdrehmoment, das auf das Befestigungselement einwirkt, wird nach Gleichung (6.1) berechnet:

$$M_{\text{Ed}} = V_{\text{Ed}} \cdot \frac{l_{\text{a}}}{\alpha_{\text{M}}} \quad (6.1)$$

Mit

$$l_{\text{a}} = a_3 + e_1 \quad (6.2)$$

$V_{\text{Ed}}$  ist die Querlast, die auf das betrachtete Befestigungselement einwirkt (siehe Bild 6.6).

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

Dabei ist

$e_1$  der Abstand zwischen Querlast und Betonoberfläche, unter Vernachlässigung der Dicke jedes Mörtelbetts (siehe Bild 6.6).

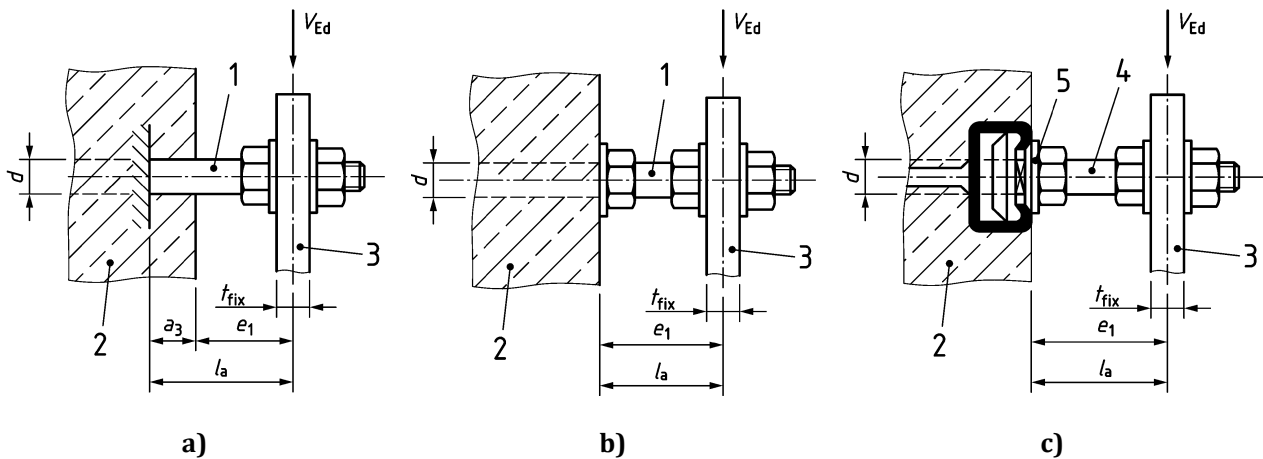
$$a_3 = 0,5 d_{\text{nom}}$$

= 0, wenn eine Unterlegscheibe und eine Mutter direkt gegen die Betonoberfläche oder gegen die Oberfläche einer Ankerschiene gespannt sind oder wenn ein Mörtelbett mit einer Druckfestigkeit  $\geq 30 \text{ N/mm}^2$  und einer Dicke  $t_{\text{grout}} \leq d/2$  vorhanden ist.

$\alpha_M$  ist der Faktor zur Berechnung des Einspanngrades des Befestigungselementes auf der Anbauteilseite bei der jeweiligen Anwendung. Er sollte nach guter Ingenieurspraxis bestimmt werden.

Keine Einspannung ( $\alpha_M = 1,0$ ) muss angenommen werden, wenn sich das Anbauteil frei verdrehen kann.

Volle Einspannung ( $\alpha_M = 2,0$ ) darf nur dann angenommen werden, wenn sich das Anbauteil nicht verdrehen kann.



**Legende**

- 1 Befestigungselement
- 2 Betonbauteil
- 3 Anbauteil
- 4 Spezialschraube
- 5 Spezialunterlegscheibe
- a) Abstandsmontage
- b) Abstandsmontage mit Mutter und Scheibe, zur Verhinderung von lokalem Betonspalten
- c) Abstandsmontage mit Ankerschiene

**Bild 6.6 — Definition des Hebelarms**



## 6.3 Ankerschienen

### 6.3.1 Allgemeines

(1) Die Verteilung der auf die Schiene einwirkenden Zuglasten auf die Anker der Ankerschiene darf berechnet werden, indem die Ankerschiene als Träger auf elastischem Auflager (Anker) mit einer Teileinspannung der Schienenenden als statisches System behandelt wird. Die resultierenden Ankerkräfte hängen maßgeblich von der angenommenen Ankersteifigkeit und vom Einspanngrad ab. Unter Querbeanspruchung wird die Lastverteilung zusätzlich durch die Druckverteilung in der Kontaktzone zwischen Schiene und Beton beeinflusst.

(2) Bei Ankerschienen mit zwei Ankern darf die auf die beiden Anker wirkende Last vereinfachend, unter der Annahme eines Balkens auf zwei Stützen, mit der Spannweite gleich dem Achsabstand der beiden Anker, berechnet werden.

(3) Im Fall von Ankerschienen mit zwei oder mehr Ankern darf als Alternative die dreieckförmige Lastverteilungsmethode für die Berechnung der Verteilung der auf die Anker wirkenden Zug- und Querlasten verwendet werden (siehe 6.3.2 und 6.3.3).

(4) Im Fall von Querlasten behandelt diese Europäische Norm nur Querlasten, die senkrecht zur Längsachse der Ankerschiene einwirken.

ANMERKUNG Querlasten, die in Längsrichtung der Ankerschiene wirken, werden in CEN/TR 17080, *Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton — Ankerschienen — Ergänzende Regelungen* behandelt.

### 6.3.2 Zuglasten

(1) Die Zugbeanspruchung, die sich für jeden Anker aus der auf die Schiene einwirkenden Zuglast ergibt, wird nach Gleichung (6.3) berechnet, für die eine lineare Lastverteilung über die Einflusslänge  $l_i$  angenommen wird und die die Gleichgewichtsbedingungen berücksichtigt. Die Einflusslänge  $l_i$  muss nach Gleichung (6.5) berechnet werden. In Bild 6.7 ist ein Beispiel für die Berechnung der auf die Anker einwirkenden Kräfte angegeben.

$$N_{Ed,i}^a = k \cdot A_i' \cdot N_{Ed}^{cb} \quad (6.3)$$

Dabei ist

$A_i'$  die Ordinate eines Dreiecks an der Stelle des Ankers  $i$  mit der Einheitshöhe an der Angriffsstelle der Last  $N_{Ed}^{cb}$  und mit der Grundlänge  $2l_i$ ;

$$k = \frac{1}{\sum_1^n A_i'} \quad (6.4)$$

$$l_i = 13 \cdot l_y^{0,05} \cdot s^{0,5} \geq s \quad (6.5)$$

$n$  die Anzahl der Anker einer Schiene innerhalb der Einflusslänge  $l_i$  auf einer Seite der aufgebrachtten Kraft  $N_{Ed}$  (Bild 6.7).

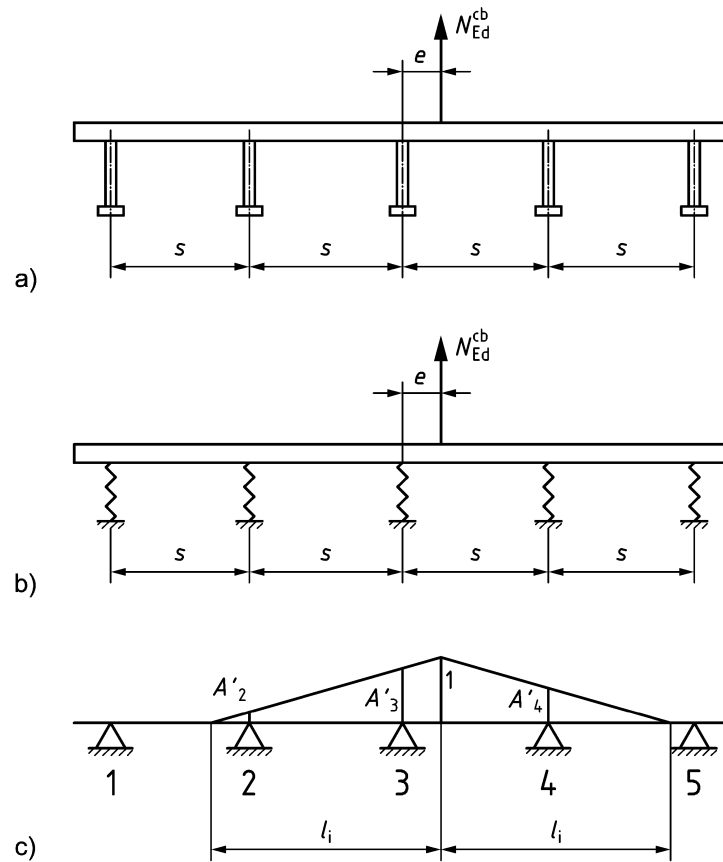
(2) Wirken mehrere Zuglasten auf die Schiene, muss eine lineare Überlagerung der Ankerkräfte für alle Lasten angenommen werden.

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

(3) Ist der genaue Lastangriffspunkt an der Schiene nicht bekannt, muss der ungünstigste Lastangriffspunkt für jede Versagensart angenommen werden (z. B. Lastangriff direkt über einem Anker im Fall des Versagens eines Ankers durch Stahlbruch oder Herausziehen und Lastangriff zwischen den Ankern im Fall von Biegeversagen der Ankerschiene).

(4) Das Bemessungsbiegemoment  $M_{Ed}^{ch}$  in der Schiene infolge der auf die Spezialschrauben einwirkenden Zuglasten  $N_{Ed}^{cb}$  darf unter der Annahme eines Einfeldträgers, mit der Spannweite gleich dem Achsabstand der Anker, berechnet werden.

Die Annahme eines Einfeldträgers zur Berechnung der Momente stellt eine Vereinfachung dar, die die Einflüsse von Teileinspannungen an den Enden, der Durchlaufwirkung bei Schienen mit mehr als zwei Ankern und der Seiltragwirkung nach dem Fließen der Schiene vernachlässigt. Die charakteristischen Werte der Widerstandsmomente, die in der Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben sind, berücksichtigen diese Auswirkungen. Sie dürfen größer als die plastischen Momente sein, die mit den Abmessungen der Schiene und der Nennstreckgrenze des Stahls berechnet werden.



### Legende

- a) Ankerschiene mit 5 Ankern  
 b) auf elastischem Auflager  
 c) dreieckförmige Lastverteilungsmethode

$$A'_2 = \frac{l_i - e - s}{l_i}; \quad N_{Ed,2}^a = A'_2 \cdot k \cdot N_{Ed}^{cb}$$

$$A'_3 = \frac{l_i - e}{l_i}; \quad N_{Ed,3}^a = A'_3 \cdot k \cdot N_{Ed}^{cb}$$

$$A'_4 = \frac{l_i - s + e}{l_i}; \quad N_{Ed,4}^a = A'_4 \cdot k \cdot N_{Ed}^{cb}$$

$$N_{Ed,1}^a = N_{Ed,5}^a = 0$$

**Bild 6.7 — Berechnung der Ankerkräfte nach der dreieckförmigen Lastverteilungsmethode für eine Ankerschiene mit fünf Ankern - Beispiel**

### 6.3.3 Querlasten

(1) Um zu bestimmen, ob auf den Spezialschrauben eine Querlast mit oder ohne Hebelarm wirkt, müssen die in 6.2.2.3 angegebenen Regelungen angewendet werden.

(2) Die Querkräfte, die auf jeden Anker infolge der auf die Schiene senkrecht zu deren Längsachse aufgetragenen Querlasten wirken, dürfen wie in 6.3.2 beschrieben berechnet werden.

## DIN EN 1992-4:2019-04 EN 1992-4:2018 (D)

ANMERKUNG Querlasten, die senkrecht zur Schiene aufgebracht werden, werden über Druckspannungen in der Schnittstelle zwischen Schiene und Beton und über die Anker in den Beton übertragen. Zusätzlich werden die Anker aus Gleichgewichtsgründen durch Zugkräfte beansprucht. Allgemein kann der Prozentanteil der Querlast, der von der Schiene und den Ankern aufgenommen wird, in Abhängigkeit von der Geometrie der Ankerschiene variieren. In dem zuvor vorgestellten Ansatz wird angenommen, dass die Querkräfte über Biegung der Schiene auf die Anker und von den Ankern in den Beton übertragen werden. Dieser vereinfachte Ansatz wurde gewählt, um eine einfache Interaktion zwischen auf die Schiene wirkenden Zug- und Querkräften zu ermöglichen.

(3) Für den Nachweis von Betonkantenbruch dürfen die Anteile der Querlast, die von dem Rand weg wirken, bei der Berechnung der Ankerkräfte vernachlässigt werden.

### 6.4 Kräfte, die in der Zusatzbewehrung wirken

#### 6.4.1 Allgemeines

Die Bemessungswerte der auf die Zusatzbewehrung einwirkenden Zugkräfte müssen nach einem geeigneten Fachwerksmodell festgelegt werden. Beispiele, siehe Bild 7.2 (Zuglast) und Bild 7.10 (Querlast).

#### 6.4.2 Zuglasten

(1) Die Zusatzbewehrung muss für  $N_{Ed}$  (einzelnes Befestigungselement) oder  $N_{Ed}^h$  (Gruppe von Befestigungselementen) bemessen werden. Diese Bewehrung wird dann bei jedem Befestigungselement eingebaut.

(2) Bei Ankerschienen muss die Zusatzbewehrung aller Anker für die Kraft  $N_{Ed}^a$  des am stärksten belasteten Ankers bemessen werden.

#### 6.4.3 Querlasten

(1) Ist die Zusatzbewehrung in der Richtung der Bemessungsquerkraft eingelegt, dann muss die Bemessungszugkraft  $N_{Ed, re}$  der Zusatzbewehrung, die durch die Bemessungsquerkraft  $V_{Ed}$ , die senkrecht zur und entgegen dem Rand einwirkt, verursacht wird, nach Gleichung (6.6) berechnet werden.

$$N_{Ed, re} = \left( \frac{e_s}{z} + 1 \right) \cdot V_{Ed} \quad (6.6)$$

Dabei ist (siehe Bild 6.8)

$e_s$  der Abstand zwischen der Achse der Bewehrung und der Wirkungslinie der auf das Anbauteil einwirkenden Querkraft;

$z \approx 0,85 \cdot d$ , mit  $d$  nicht größer als  $\min \{ 2 h_{ef}; 2 c_1 \}$ .

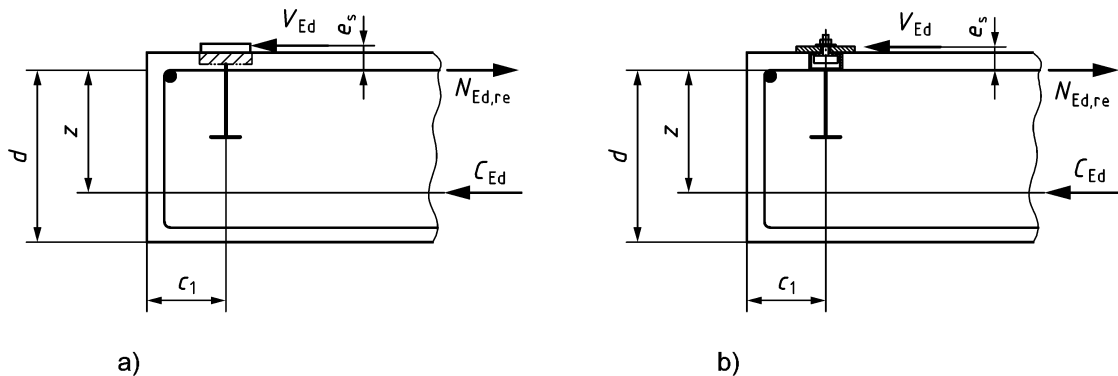
ANMERKUNG Im Fall von hohen Bauteilen wird der innere Hebelarm viel kleiner sein als die Bauteildicke. Deshalb ist die wirksame Höhe auf  $\min \{ 2 h_{ef}; 2 c_1 \}$  begrenzt.

Ist die Bemessungsquerkraft geneigt und zum Rand gerichtet, darf die Zusatzbewehrung unter der Annahme bemessen werden, dass die gesamte Bemessungsquerkraft senkrecht zum Rand wirkt. Ist die Bemessungsquerkraft parallel zum Rand oder geneigt und von dem Rand weg gerichtet, darf die Zusatzbewehrung konservativ unter der Annahme bemessen werden, dass der Anteil der Bemessungsquerkraft, der parallel zum Rand verläuft, senkrecht zum Rand wirkt.

(2) Bei unterschiedlichen auf die Befestigungselemente eines Anbauteils einwirkenden Querkräften, muss Gleichung (6.6) für die Querlast  $V_{Ed}^h$  des am stärksten beanspruchten Befestigungselementes gelöst werden, die zu  $N_{Ed, re}^h$  führt. Diese Kraft wird dann für die Bemessung der Zusatzbewehrung aller Befestigungselemente angewendet.

(3) Ist die Zusatzbewehrung nicht in Richtung der Querkraft angeordnet, muss das bei der Berechnung des Bemessungswertes der auf die Zusatzbewehrung einwirkenden Zugkraft berücksichtigt werden, um das Gleichgewicht im Fachwerkmodell zu erhalten.

(4) Bei Ankerschienen muss die Zusatzbewehrung aller Anker für eine Kraft  $V_{Ed}$  bemessen werden, die größer ist als die Querkraft, die auf den am höchsten belasteten Anker und die am höchsten belastete Spezialschraube einwirkt.



### Legende

- a) Grundplatte mit Kopfbolzen
- b) Ankerschiene

**Bild 6.8 — Oberflächenbewehrung zur Aufnahme von Querkraften – Kräfte in der Bewehrung**

## 7 Nachweis für den Grenzzustand der Tragfähigkeit

### 7.1 Allgemeines

(1) Abschnitt 7 gilt für statische Beanspruchung. Die Anforderungen für Ermüdungsbeanspruchung und seismische Beanspruchung sind in den entsprechenden Abschnitten 8 und 9 angegeben.

(2) Bei der Bemessung von Befestigungselementen dürfen die zur Berechnung von  $f_{ck}$  verwendeten Werte  $60 \text{ N/mm}^2$  nicht überschreiten, selbst wenn für die Konstruktion eine höhere Festigkeitsklasse gilt.

(3) Es ist nachzuweisen, dass Gleichung (4.1) für alle Lastrichtungen (Zuglast, Querlast, kombinierte Zug- und Querlast) sowie alle Versagensarten für jede Lastkombination erfüllt ist.

(4) Der Nachweis muss für die Befestigungselemente oder Gruppen von Befestigungselementen durchgeführt werden, die für die spezifische Versagensart der Lasten, die aus den auf das Anbauteil einwirkenden Lasten resultieren, wirksam sind.

(5) Dieser Abschnitt gilt, wenn zur Berechnung der auf die Befestigungselemente einwirkenden Kräfte die Elastizitätstheorie verwendet wird.

(6) Beide, der Randabstand und der Achsabstand, dürfen nur mit positiven Toleranzen festgelegt werden.

(7) Die Gleichungen zur Berechnung des charakteristischen Widerstandes für die Betonversagensarten bei Zuglast und für Versagen durch Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite bei Querlast gelten für einen Abstand zwischen den äußeren Befestigungselementen benachbarter Gruppen oder für einen Abstand zwischen einzelnen Befestigungselementen oder für einen Abstand zwischen einzelnen Befestigungselementen und den äußeren Befestigungselementen benachbarter Gruppen von  $a \geq s_{cr,N}$ . Bei Querlasten im Falle von Betonkantenbruch gilt  $a \geq 3c_1$ .

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

(8) Fehlbohrungen, die mit nichtschwindendem Mörtel gefüllt sind, der eine Festigkeit hat, die mindestens gleich der des Verankerungsgrundes und  $\geq 40 \text{ N/mm}^2$  ist, dürfen bei der Bemessung vernachlässigt werden.

(9) Die Nachweise, die in 7.2 angegeben sind, berücksichtigen alle Richtungen von Lasten und alle Versagensarten. Ein alternatives vereinfachtes Bemessungsverfahren ist im informativen Anhang G angegeben.

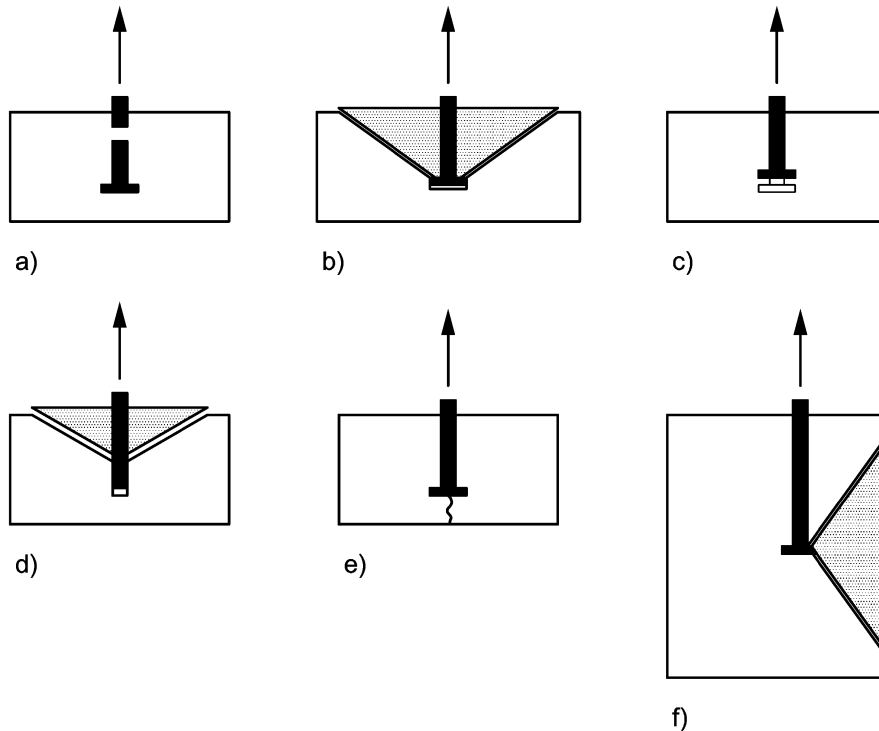
(10) Bei der Berechnung der Querschnittsfläche der Zusatzbewehrung darf die Querschnittsfläche aller unausgelasteter Bewehrungen, die im Bauteil für andere Zwecke vorgesehen sind, enthalten sein, vorausgesetzt, diese Bewehrung erfüllt die konstruktiven Anforderungen dieses Dokuments.

## 7.2 Kopfbolzen und nachträglich montierte Befestigungselemente

### 7.2.1 Zuglast

#### 7.2.1.1 Geforderte Nachweise

Es gelten die Nachweise nach Tabelle 7.1. Die behandelten Versagensarten sind in Bild 7.1 gegeben.



#### Legende

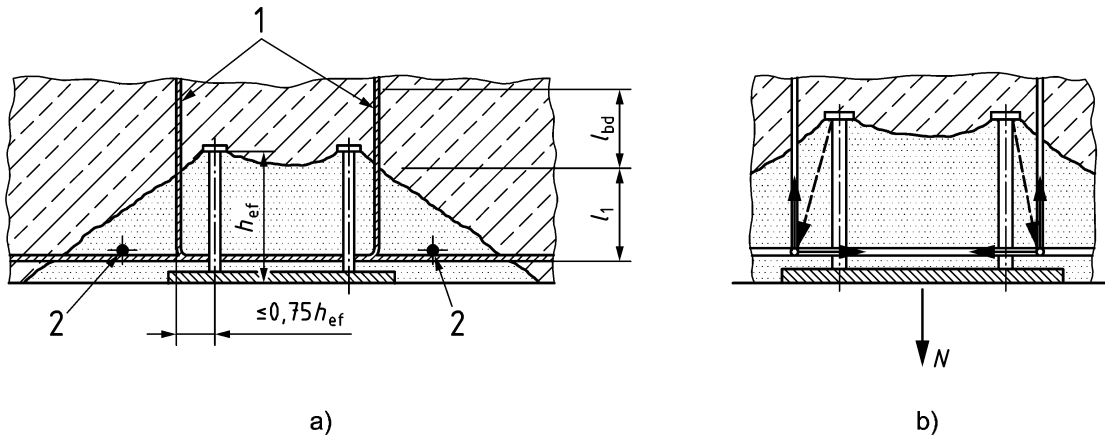
- a) Versagensart Stahlbruch
- b) Versagensart kegelförmiger Betonausbruch
- c) Versagensart Herausziehen
- d) kombinierte Versagensart Herausziehen und Betonbruch
- e) Versagensart Betonspalten
- f) Versagensart lokaler Betonausbruch

**Bild 7.1 — Versagensarten von Kopfbolzen und nachträglich montierte Befestigungselemente bei Zuglast**

### 7.2.1.2 Konstruktionsregeln für die Zusatzbewehrung

- (1) Beruht die Bemessung auf der Zusatzbewehrung, ist es nicht notwendig, den Betonausbruch nach Tabelle 7.1 und nach 7.2.1.4 nachzuweisen; die Zusatzbewehrung hingegen muss nach 7.2.1.9 für die gesamte abzutragende Last bemessen werden, .
- (2) Die Zusatzbewehrung zur Aufnahme von Zuglasten muss mit den folgenden Anforderungen übereinstimmen (siehe auch Bild 7.2):
- Die Bewehrung muss aus gerippten Betonstählen ( $f_{yk, re} \leq 600 \text{ N/mm}^2$ ) mit einem Durchmesser  $\phi$  nicht größer als 16 mm bestehen und sie muss als Bügel oder Schlaufen mit einem Biegerollendurchmesser  $\phi_m$  nach EN 1992-1-1 ausgebildet sein.
  - Wenn die Größe der Zusatzbewehrung für das am höchsten belastete Befestigungselement bestimmt worden ist, muss die gleiche Bewehrung um alle Befestigungselemente vorgesehen werden.
  - Die Zusatzbewehrung sollte symmetrisch und so nah wie praktisch möglich an den Befestigungselementen angeordnet sein, um den Einfluss der vom Kegelwinkel abhängigen Exzentrizität zu minimieren. Vorzugsweise sollte die Zusatzbewehrung die Oberflächenbewehrung umschließen. Nur Betonstähle, die sich in einem Abstand  $\leq 0,75h_{ef}$  von den Befestigungselementen befinden, sind als wirksam anzusetzen.
  - Nur die Zusatzbewehrung mit einer Verankerungslänge im Betonausbruchkegel von  $l_1 \geq 4\phi$  (Verankerung mit Biegungen, Haken oder Schlaufen) oder  $l_1 \geq 10\phi$  (Verankerung mit geraden Stäben mit oder ohne angeschweißte Querstangen) ist als wirksam anzusetzen.
  - Die Zusatzbewehrung muss außerhalb des angenommenen Betonausbruchkegels mit einer Verankerungslänge  $l_{bd}$  nach EN 1992-1-1 verankert sein (siehe Bild 7.2a)). Der kegelförmige Betonausbruch muss unter der Annahme, dass die Verankerungslänge mit dem Ende der Zusatzbewehrung korrespondiert, unter Verwendung der Gleichung (7.1) für  $N_{Rk,c}$  nachgewiesen werden. Dieser Nachweis darf entfallen, wenn in bewehrten tragenden Bauteilen die Zuglast im verankerten Betonstahl durch einen entsprechenden Bewehrungsstoß an die Bewehrung im tragenden Bauteil übertragen wird.
  - Die Oberflächenbewehrung sollte, wie in Bild 7.2 dargestellt, vorgesehen und so bemessen sein, dass sie den Kräften, die sich nach dem angenommenen Fachwerkmodell ergeben, und den Spaltkräften nach 7.2.1.7 (2) b widersteht.

DIN EN 1992-4:2019-04  
EN 1992-4:2018 (D)



Legende

- a) Zusatzbewehrung
- b) Oberflächenbewehrung

Bild 7.2 — a) Befestigung mit Zusatzbewehrung zur Aufnahme der Zuglasten;  
b) zugehöriges Fachwerkmodell - Beispiel

Tabelle 7.1 — Erforderliche Nachweise für Kopfbolzen und Dübel bei Zugbeanspruchung

Versagensart	Einzelnes Befestigungselement	Gruppe von Befestigungselementen	
		Höchstbeanspruchtes Befestigungselement	Gruppe
1 Stahlbruch des Befestigungselementes	$N_{Ed} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}}$	$N_{Ed}^h \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}}$	
2 Kegelförmiger Betonausbruch	$N_{Ed} \leq N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}}$		$N_{Ed}^g \leq N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}}$
3 Herausziehen des Befestigungselementes <sup>a</sup>	$N_{Ed} \leq N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}}$	$N_{Ed}^h \leq N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}}$	
4 Kombiniertes Versagen Herausziehen und Betonbruch <sup>b</sup>	$N_{Ed} \leq N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}}$		$N_{Ed}^g \leq N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}}$
5 Betonspalten	$N_{Ed} \leq N_{Rd,sp} = \frac{N_{Rk,sp}}{\gamma_{Msp}}$		$N_{Ed}^g \leq N_{Rd,sp} = \frac{N_{Rk,sp}}{\gamma_{Msp}}$
6 Lokaler Betonausbruch <sup>c</sup>	$N_{Ed} \leq N_{Rd,cb} = \frac{N_{Rk,cb}}{\gamma_{Mc}}$		$N_{Ed}^g \leq N_{Rd,cb} = \frac{N_{Rk,cb}}{\gamma_{Mc}}$
7 Stahlbruch der Bewehrung	$N_{Ed,re} \leq N_{Rd,re} = \frac{N_{Rk,re}}{\gamma_{Ms,re}}$	$N_{Ed,re}^h \leq N_{Rd,re} = \frac{N_{Rk,re}}{\gamma_{Ms,re}}$	
8 Ankersversagen der Bewehrung	$N_{Ed,re} \leq N_{Rd,a}$	$N_{Ed,re}^h \leq N_{Rd,a}$	

<sup>a</sup> Bei nachträglich montierten Verbunddübeln nicht erforderlich.  
<sup>b</sup> Bei Kopfbolzen und nachträglich montierten mechanischen Befestigungselementen nicht erforderlich.  
<sup>c</sup> Bei Fällen, die einen Nachweis erfordern, siehe 7.2.1.8 (1).



### 7.2.1.3 Stahlbruch des Befestigungselementes

Der charakteristische Widerstand eines Befestigungselementes im Fall von Stahlbruch  $N_{\text{Rk},s}$  ist in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben. Der charakteristische Widerstand basiert auf  $f_{\text{uk}}$ .

### 7.2.1.4 Kegelförmiger Betonausbruch

(1) Der charakteristische Widerstand eines Befestigungselementes, einer Gruppe von Befestigungselementen und der zugbeanspruchten Befestigungselemente einer Gruppe von Befestigungselementen muss für den Versagensfall kegelförmiger Betonausbruch nach Gleichung (7.1) berechnet werden.

$$N_{\text{Rk},c} = N_{\text{Rk},c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{M,N} \quad (7.1)$$

Die unterschiedlichen Faktoren der Gleichung (7.1) sind nachfolgend angegeben.

(2) Der charakteristische Widerstand eines im Beton montierten einzelnen Befestigungselementes, ohne Einfluss benachbarter Befestigungselemente oder Betonbauteilränder, wird wie folgt berechnet:

$$N_{\text{Rk},c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{\text{ck}}} \cdot h_{\text{ef}}^{1,5} \quad (7.2)$$

mit

$$\begin{aligned} k_1 &= k_{\text{cr},N} \text{ für gerissenen Beton;} \\ &= k_{\text{ucr},N} \text{ für ungerissenen Beton;} \end{aligned}$$

$k_{\text{cr},N}$  und  $k_{\text{ucr},N}$  sind in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben.

ANMERKUNG Anhaltswerte für  $k_{\text{cr},N}$  und  $k_{\text{ucr},N}$  sind  $k_{\text{cr},N} = 7,7$  und  $k_{\text{ucr},N} = 11,0$  für nachträglich montierte Befestigungselemente und die Werte  $k_{\text{cr},N} = 8,9$  und  $k_{\text{ucr},N} = 12,7$  gelten für einbetonierte Kopfbolzen.

(3) Der geometrische Einfluss von Achs- und Randabständen auf den charakteristischen Widerstand wird durch den Wert  $A_{c,N}/A_{c,N}^0$  berücksichtigt.

Dabei ist

$$A_{c,N}^0 = s_{\text{cr},N} \cdot s_{\text{cr},N} \quad (7.3)$$

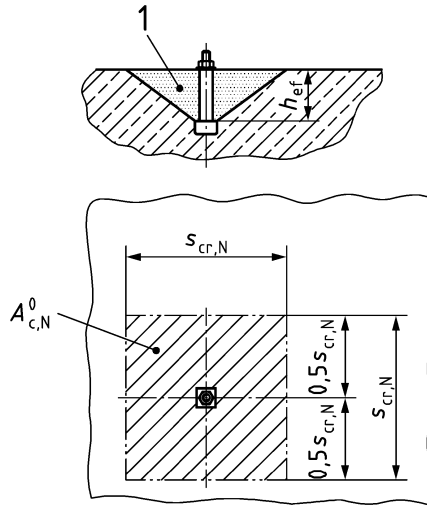
der Bezugswert der projizierten Fläche, siehe Bild 7.3

$A_{c,N}$  die wirkliche projizierte Fläche, begrenzt durch sich überschneidende Betonausbruchkörper benachbarter Befestigungselemente ( $s \leq s_{\text{cr},N}$ ) sowie durch Ränder des Betonbauteils ( $c \leq c_{\text{cr},N}$ ). Bild 7.4 enthält ein Beispiel für die Berechnung von  $A_{c,N}$ .

$c_{\text{cr},N}$  ist in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben und  $s_{\text{cr},N} = 2 c_{\text{cr},N}$ .

ANMERKUNG Bei Kopfbolzen und nachträglich montierten Befestigungselementen gilt nach derzeitiger Erfahrung  $s_{\text{cr},N} = 2 c_{\text{cr},N} = 3 h_{\text{ef}}$ .

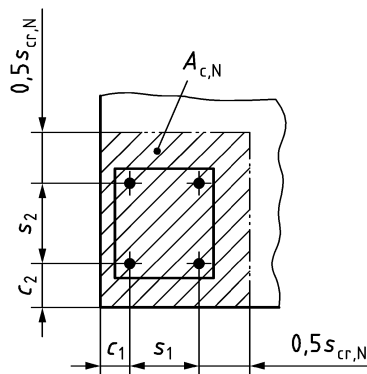
**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**



**Legende**

1 Betonausbruch

**Bild 7.3 — Idealisierter kegelförmiger Betonausbruch und Fläche  $A_{c,N}^0$  des Betonausbruchkegels eines einzelnen Befestigungselementes**



**Legende**

$$A_{c,N} = (c_1 + s_1 + 0,5 s_{cr,N}) \cdot (c_2 + s_2 + 0,5 s_{cr,N})$$

wenn  $c_1$  und  $c_2 \leq c_{cr,N}$

$s_1$  und  $s_2 \leq s_{cr,N}$

Wenn sich die Befestigung in der Nähe nur eines Randes befindet, sollte der Wert von  $c_1$  (oder  $c_2$ ) parallel zum Rand durch  $0,5 s_{cr,N}$  ersetzt werden und  $A_{c,N}$  sollte entsprechend modifiziert werden.

**Bild 7.4 — Wirkliche Fläche  $A_{c,N}$  des idealisierten Betonausbruchkegels für eine Gruppe von vier Befestigungselementen - Beispiel**

(4) Der Faktor  $\psi_{s,N}$  berücksichtigt die Störung der Spannungsverteilung im Beton durch die Nähe eines Bauteilrandes des Betonbauteils. Bei Befestigungen mit mehreren Bauteilrändern (z. B. Befestigungen in einer Ecke des Betonbauteils oder in einem schmalen Bauteil) muss der kleinste Randabstand  $c$  in Gleichung (7.4) eingesetzt werden.

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1 \quad (7.4)$$

(5) Der Schalenabplatzfaktor  $\psi_{re,N}$  berücksichtigt die Auswirkung von dichter Bewehrung, zwischen der das Befestigungselemente montiert ist:

$$\psi_{re,N} = 0,5 + \frac{h_{ef}}{200} \leq 1 \quad (7.5)$$

Für den Faktor  $\psi_{re,N}$  darf in den folgenden Fällen 1,0 verwendet werden:

- a) Bewehrung (jeder Durchmesser) ist mit einem Achsabstand  $\geq 150$  mm vorhanden, oder
- b) Bewehrung mit einem Durchmesser von 10 mm oder kleiner ist mit einem Achsabstand  $\geq 100$  mm vorhanden.

Im Fall von Bewehrung in zwei Richtungen müssen die Bedingungen a) oder b) für beide Richtungen erfüllt werden.

(6) Der Beiwert  $\psi_{ec,N}$  berücksichtigt einen Gruppeneffekt, wenn unterschiedliche Zuglasten auf die einzelnen Befestigungselemente einer Gruppe einwirken.

$$\psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + 2 \cdot e_N / s_{cr,N}} \leq 1 \quad (7.6)$$

Liegt eine Exzentrizität in zwei Richtungen vor, muss  $\psi_{ec,N}$  für jede Richtung einzeln bestimmt und das Produkt beider Faktoren muss in Gleichung (7.1) eingesetzt werden.

(7) Der Faktor  $\psi_{M,N}$  berücksichtigt die Auswirkung einer Druckkraft zwischen Anbauteil und Beton, in Fällen von Biegemomenten mit oder ohne Axialkraft.

$\psi_{M,N} = 1$ , für folgende Fälle:

- Befestigungen mit einem Randabstand ( $c < 1,5 h_{ef}$ );
- Befestigungen mit  $c \geq 1,5 h_{ef}$ , beansprucht durch ein Biegemoment und eine Zugkraft mit  $C_{Ed}/N_{Ed} < 0,8$ , wobei  $C_{Ed}$  die resultierende Druckkraft zwischen Anbauteil und Beton (als absoluter Wert) und  $N_{Ed}$  die resultierende Zugkraft der zugbelasteten Befestigungselemente ist; oder
- Befestigungen mit  $z/h_{ef} \geq 1,5$

$$= 2 - \frac{z}{1,5 \cdot h_{ef}} \geq 1 \quad \text{für alle anderen Fälle.} \quad (7.7)$$

In Fällen von Biegung in zwei Richtungen muss  $z$  für die kombinierte Wirkung der Momente in zwei Richtungen und der Axialkraft bestimmt werden.

(8) Bei Befestigungen in einer Anwendung mit drei oder mehr Randabständen kleiner als  $c_{cr,N}$  von den Befestigungselementen (siehe Bild 7.5) führt die Berechnung nach Gleichung (7.1) zu konservativen Ergebnissen. Genauere Ergebnisse werden erzielt, wenn im Fall von einzelnen Befestigungselementen der Wert  $h_{ef}$  ersetzt wird durch:

$$h'_{ef} = \frac{c_{\max}}{c_{cr,N}} \cdot h_{ef} \quad (7.8)$$

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

oder im Fall von Gruppen  $h_{ef}$  ersetzt wird durch

$$h'_{ef} = \max \left\{ \frac{c_{\max}}{c_{cr,N}} \cdot h_{ef}; \frac{s_{\max}}{s_{cr,N}} \cdot h_{ef} \right\} \quad (7.9)$$

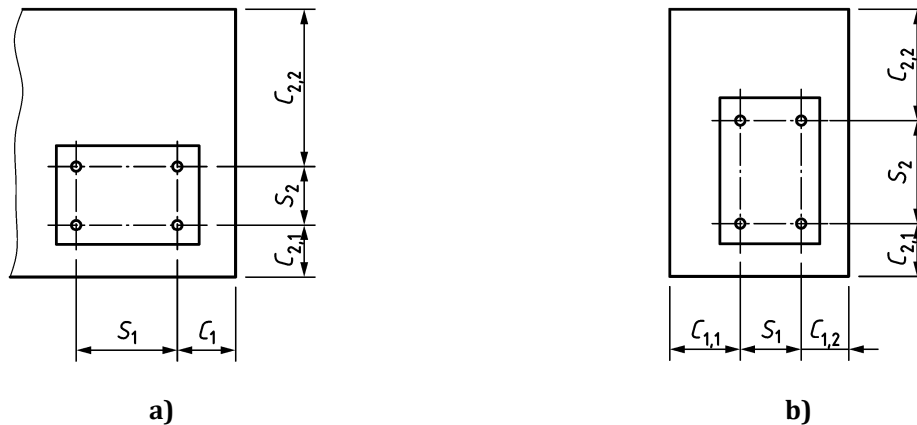
Dabei ist

$c_{\max}$  der maximale Abstand von der Achse eines Befestigungselementes zum Rand des Betonbauteils  $\leq c_{cr,N}$ ;

$s_{\max} = s_2 (\leq s_{cr,N})$  bei Anwendungen mit drei Rändern (siehe Bild 7.5 a));

$= \max (s_1; s_2) \leq s_{cr,N}$  (siehe Bild 7.5 b)).

Bei Befestigungen ohne Lochspiel, bei denen drei Befestigungselemente in einer Reihe nahe zu einem Rand erlaubt sind, ist  $s_{\max}$  der maximale Achsabstand der äußeren Befestigungselemente  $\leq 2 s_{cr,N}$ .



**Legende**

a)  $(c_1; c_{2,1}; c_{2,2}) \leq c_{cr,N}$

b)  $(c_{1,1}; c_{1,2}; c_{2,1}; c_{2,2}) \leq c_{cr,N}$

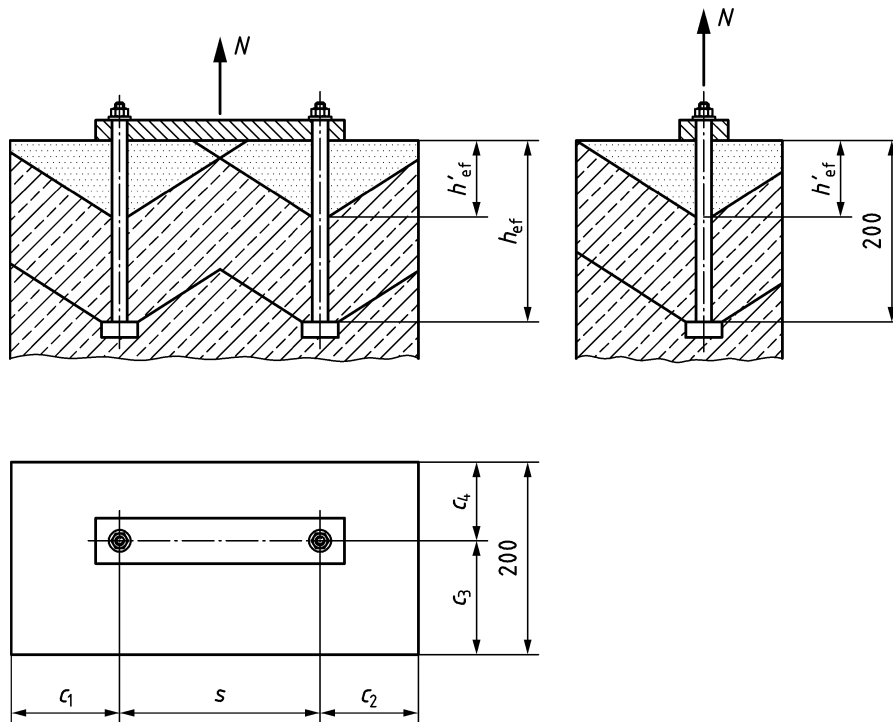
**Bild 7.5 — Befestigungen in Betonbauteilen, in denen  $h'_{ef}$ ,  $s'_{cr,N}$  und  $c'_{cr,N}$  verwendet werden dürfen – Beispiele**

Der Wert  $h'_{ef}$  wird in Gleichung (7.2) eingesetzt. In den Gleichungen (7.3), (7.4) und (7.6) und zur Bestimmung von  $A_{c,N}$  nach Bild 7.4 sind die Werte  $s'_{cr,N}$  und  $c'_{cr,N}$ , die definiert sind als:

$$s'_{cr,N} = 2 c'_{cr,N} = s_{cr,N} \frac{h'_{ef}}{h_{ef}} \quad (7.10)$$

für  $s_{cr,N}$  bzw.  $c_{cr,N}$  eingesetzt.

ANMERKUNG Bild 7.6 enthält ein Beispiel für die Berechnung von  $h'_{ef}$

**Legende**

$$c_1 = 110 \text{ mm}$$

$$c_2 = 100 \text{ mm}$$

$$c_3 = 120 \text{ mm} = c_{\max}$$

$$c_4 = 80 \text{ mm}$$

$$s = 210 \text{ mm}$$

$$h_{\text{ef}} = 200 \text{ mm}$$

$$h'_{\text{ef}} = \max \{120/1,5; 210/3\} = 80 \text{ mm}$$

**Bild 7.6 — Darstellung der Berechnung von  $h'_{\text{ef}}$  für eine Zweifachbefestigung, die von 4 Rändern beeinflusst wird**

**7.2.1.5 Versagen durch Herausziehen des Befestigungselementes**

Der charakteristische Widerstand im Versagensfall Herausziehen  $N_{\text{Rk,p}}$  von nachträglich montierten mechanischen Befestigungselementen und Kopfbolzen ist in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben.

Bei Kopfbolzen ist der charakteristische Widerstand  $N_{\text{Rk,p}}$  durch die Betonpressung unter dem Kopf des Befestigungselementes nach Gleichung (7.11) begrenzt:

$$N_{\text{Rk,p}} = k_2 \cdot A_h \cdot f_{\text{ck}} \quad (7.11)$$

Dabei ist

$A_h$  die lastabtragende Fläche des Kopfes des Befestigungselementes

$$= \frac{\pi}{4} (d_h^2 - d_a^2) \text{ für kreisförmige Köpfe} \quad (7.12)$$

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

$k_2 = 7,5$  bei Befestigungselementen in gerissenem Beton  
 $= 10,5$  bei Befestigungselementen in ungerissenem Beton

In Gleichung (7.12) sollte  $d_h$  nicht größer als  $6 t_h + d$  sein.

**7.2.1.6 Kombiniertes Versagen durch Herausziehen und Betonbruch bei nachträglich montierten Verbunddübeln**

(1) Der charakteristische Widerstand eines Befestigungselementes, einer Gruppe von Befestigungselementen und des zugbeanspruchten Befestigungselementes einer Gruppe von Befestigungselementen im kombinierten Versagensfall Herausziehen und Betonbruch muss nach Gleichung (7.13) berechnet werden.

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,Np} \quad (7.13)$$

Die unterschiedlichen Faktoren von Gleichung (7.13) sind nachfolgend angegeben.

(2) Der charakteristische Widerstand eines einzelnen Verbunddübels  $N_{Rk,p}^0$ , der nicht durch benachbarte Verbunddübel oder Ränder von Betonbauteilen beeinflusst wird, wird berechnet nach:

$$N_{Rk,p}^0 = \psi_{sus} \cdot \tau_{Rk} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef} \quad (7.14)$$

Dabei ist

$$\psi_{sus} = 1 \text{ für } \alpha_{sus} \leq \psi_{sus}^0 \quad (7.14a)$$

$$\psi_{sus} = \psi_{sus}^0 + 1 - \alpha_{sus} \text{ für } \alpha_{sus} > \psi_{sus}^0 \quad (7.14b)$$

$\psi_{sus}^0$  der produktabhängige Faktor, der den Einfluss einer Dauerlast auf die Verbundfestigkeit berücksichtigt, der aus der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation entnommen wird;

$\alpha_{sus}$  das Verhältnis zwischen dem Wert der Dauerlast (einschließlich ständiger Lasten und ständiger Anteile von variablen Lasten) und dem Wert der Gesamtlasten, alle im Grenzzustand der Tragfähigkeit betrachtet;

$\tau_{Rk} = \tau_{Rk,cr}$  bei gerissenem Beton;  
 $= \tau_{Rk,ucr}$  bei ungerissenem Beton;

$\tau_{Rk,cr}$  und  $\tau_{Rk,ucr}$  sind in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben.

**ANMERKUNG** Die Werte  $\tau_{Rk,cr}$  und  $\tau_{Rk,ucr}$  können von der Festigkeitsklasse des Betons abhängen.

Sind in der Europäischen Technischen Produktspezifikation für das Produkt keine Werte angegeben, dann sollte ein Wert  $\psi_{sus}^0 = 0,6$  verwendet werden. Der Wert  $\psi_{sus}^0 = 0,6$  entspricht einer dauerhaften Zuglast, die während einer Betriebsdauer von 50 Jahren und für mindestens 10 Jahre bei einer Temperatur des Betons von 43 °C im Bereich des Befestigungselementes vorliegt. Bei Befestigungen mit Langzeitemperaturen anders als 43 °C gelten andere Werte und diese sollten durch geeignete Prüfungen und Beurteilungen gewonnen werden. Im Allgemeinen wird für eine Temperatur im Beton kleiner als 43 °C, der Faktor  $\psi_{sus}^0$  größer sein als 0,6.

Das Verhältnis  $\alpha_{\text{SUS}}$  sollte durch den Bemessungsingenieur für die Befestigung im Sinne der Bemessung ermittelt werden. In nationalen Dokumenten dürfen Richtlinien gegeben werden.

(3) Die geometrische Auswirkung von Achs- und Randabstand auf den charakteristischen Widerstand wird durch den Wert  $A_{p,N}^0/A_{p,N}$  berücksichtigt, dabei ist

$A_{p,N}^0$  =  $s_{cr,Np} \cdot s_{cr,Np}$  der Bezugswert der Verbundeinflussfläche eines einzelnen Befestigungselementes;

$A_{p,N}$  die wirkliche Verbundeinflussfläche, begrenzt durch Überschneidungsbereiche benachbarter Befestigungselemente ( $s \leq s_{cr,Np}$ ) sowie durch Ränder des Betonbauteils ( $c \leq c_{cr,Np}$ );

$$s_{cr,Np} = 7,3 d (\psi_{\text{SUS}} \tau_{\text{Rk}})^{0,5} \leq 3 h_{\text{ef}} \quad (7.15)$$

$\tau_{\text{Rk}}$  der Wert  $\tau_{\text{Rk,ucr}}$  für ungerissenen Beton C20/25

$$c_{cr,Np} = s_{cr,Np}/2 \quad (7.16)$$

ANMERKUNG  $A_{p,N}^0$  und  $A_{p,N}$  werden ähnlich berechnet wie der Bezugswert der projizierten Fläche  $A_{c,N}^0$  und die wirkliche projizierte Fläche  $A_{c,N}$  im Versagensfall kegelförmiger Betonausbruch (siehe Bilder 7.3 und 7.4). Jedoch sind die Werte  $s_{cr,N}$  und  $c_{cr,N}$  durch die Werte  $s_{cr,Np}$  bzw.  $c_{cr,Np}$  ersetzt. Der nach Gleichung (7.15) berechnete Wert  $s_{cr,Np}$  gilt für gerissenen und ungerissenen Beton.

(4) Der Faktor  $\psi_{g,Np}$  berücksichtigt einen Gruppeneffekt bei Befestigungselementen mit geringem Achsabstand.

$$\psi_{g,Np} = \psi_{g,Np}^0 - \left( \frac{s}{s_{cr,Np}} \right)^{0,5} \cdot (\psi_{g,Np}^0 - 1) \geq 1 \quad (7.17)$$

mit

$$\psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left( \frac{\tau_{\text{Rk}}}{\tau_{\text{Rk,c}}} \right)^{1,5} \geq 1 \quad (7.18)$$

$$\tau_{\text{Rk,c}} = \frac{k_3}{\pi \cdot d} \sqrt{h_{\text{ef}} \cdot f_{\text{ck}}} \quad (7.19)$$

$k_3$  = 7,7 für gerissenen Beton;

= 11,0 für ungerissenen Beton.

Bei ungleichen Achsabständen sollte in Gleichung (7.17) der Mittelwert der Achsabstände verwendet werden.

(5) Der Faktor  $\psi_{s,Np}$  berücksichtigt die Störung der Spannungsverteilung im Beton durch die Nähe eines Randes des Betonbauteils. Bei Befestigungen mit mehreren Randabständen (z. B. Befestigungen in einer Ecke des Betonbauteils oder in einem schmalen Bauteil) muss der kleinste Randabstand  $c$  in die Gleichung (7.20) eingesetzt werden.

$$\psi_{s,Np} = 0,7 + 0,3 \cdot \left( \frac{c}{c_{cr,Np}} \right) \leq 1 \quad (7.20)$$

(6) Für den Schalenabplatzfaktor  $\psi_{re,N}$  gelten die entsprechenden Festlegungen aus 7.2.1.4 (5).

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

(7) Der Faktor  $\psi_{ec,Np}$  berücksichtigt den Gruppeneffekt, wenn verschiedene Zuglasten auf die einzelnen Befestigungselemente einer Gruppe einwirken.

$$\psi_{ec,Np} = \frac{1}{1 + 2 \cdot (e_N/s_{cr,Np})} \leq 1 \quad (7.21)$$

Liegt eine Exzentrizität in zwei Richtungen vor, muss  $\psi_{ec,Np}$  für jede Richtung einzeln bestimmt werden und das Produkt beider Faktoren in Gleichung (7.13) eingesetzt werden.

(8) Bei Befestigungselementen in Anwendungen mit drei oder mehr Randabständen vom Befestigungselement, die kleiner als  $c_{cr,Np}$  sind (Bild 7.5), führt die Berechnung nach Gleichung (7.13) zu konservativen Ergebnissen. Genauere Ergebnisse werden erzielt, wenn der Wert  $h_{ef}$  durch  $h'_{ef}$  ersetzt wird, der nach den Gleichungen (7.8) und (7.9) durch Ersetzen von  $c_{cr,N}$  durch  $c_{cr,Np}$  und  $s_{cr,N}$  durch  $s_{cr,Np}$  bestimmt wird.

Der Wert  $h'_{ef}$  wird in die Gleichungen (7.14) und (7.19) eingesetzt. Der Wert  $s'_{cr,Np}$  wird nach der Gleichung (7.15) durch Ersetzen von  $h_{ef}$  durch  $h'_{ef}$  berechnet.

Die Werte  $s'_{cr,Np}$  und  $c'_{cr,Np} = 0,5 s'_{cr,Np}$  werden zur Bestimmung von  $A_{p,N}^0$  und  $A_{p,N}$  wie in den Gleichungen (7.17), (7.20) und (7.21) verwendet.

#### 7.2.1.7 Versagen durch Spalten des Betons

(1) Versagen durch Spalten des Betons während der Montage (z. B. beim Aufbringen des Drehmoments bei der Montage eines Befestigungselementes) wird durch Einhalten der minimalen Werte für Randabstände  $c_{min}$ , Achsabstände  $s_{min}$  und Bauteildicke  $h_{min}$  und durch Erfüllen der Anforderungen an die Bewehrung, wie in der entsprechenden zutreffenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben, verhindert.

(2) Versagen durch Spalten des Betons bei Belastung ist nach folgenden Regeln zu berücksichtigen.

- a) Der charakteristische Randabstand  $c_{cr,sp}$  im Fall von Versagen infolge Spalten unter Last ist in den entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikationen angegeben. Der charakteristische Achsabstand ist als  $s_{cr,sp} = 2 c_{cr,sp}$  definiert.
- b) Es ist kein Nachweis erforderlich, wenn mindestens eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:
  - 1) Der Randabstand beträgt in allen Richtungen bei einzelnen Befestigungselementen  $c \geq 1,0c_{cr,sp}$  und bei Gruppen von Befestigungselementen  $c \geq 1,2c_{cr,sp}$  und die Bauteildicke beträgt in beiden Fällen  $h \geq h_{min}$ , mit  $h_{min}$  entsprechend zu  $c_{cr,sp}$ .
  - 2) Die charakteristischen Widerstände bei Betonausbruch und Versagen durch Herausziehen (Kopfbolzen und nachträglich montierte Befestigungselemente) oder bei kombiniertem Versagen durch Herausziehen und Betonbruch (Verbunddübel) werden für gerissenen Beton berechnet und die Bewehrung widersteht den Spaltkräften und begrenzt die Rissweite auf  $w_k \leq 0,3$  mm.

Wenn keine besseren Angaben verfügbar sind, kann der Querschnitt der Bewehrung  $\sum A_{s,re}$  zum Widerstehen der Spaltkräfte wie folgt ermittelt werden:

$$\sum A_{s,re} = k_4 \frac{\sum N_{Ed}}{f_{yk,re}/\gamma_{Ms,re}} \quad (7.22)$$



mit

$k_4 = 2,0$  wegkontrollierter Spreizdübel,

$= 1,5$  drehmomentkontrollierter Spreizdübel und Verbundspreizdübel,

$= 1,0$  Hinterschnittdübel und Betonschrauben,

$= 0,5$  Verbunddübel, Kopfbolzen;

$\Sigma N_{Ed}$  = der Summe der Bemessungswerte der Zugkraft der zugbeanspruchten Befestigungselemente unter dem Bemessungswert der Lasten;

$f_{yk, re}$  = der Nennstreckgrenze des Bewehrungsstahls  $\leq 600 \text{ N/mm}^2$ .

Es wird empfohlen, dass die Bewehrung symmetrisch und nahe an dem Befestigungselement oder, im Falle einer Gruppe, an jedem Befestigungselement eingebaut wird.

- c) Wenn weder Bedingung b) 1) noch Bedingung b) 2) erfüllt sind, muss der charakteristische Widerstand eines Befestigungselementes oder einer Gruppe von Befestigungselementen für den Versagensfall Betonspalten nach Gleichung (7.23) berechnet werden.

$$N_{Rk, sp} = N_{Rk, sp}^0 \cdot \frac{A_{c, N}}{A_{c, N}^0} \cdot \psi_{s, N} \cdot \psi_{re, N} \cdot \psi_{ec, N} \cdot \psi_{h, sp} \quad (7.23)$$

Dabei ist

$N_{Rk, sp}^0$  in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben;

$A_{c, N}, A_{c, N}^0, \psi_{s, N}, \psi_{re, N}, \psi_{ec, N}$  nach 7.2.1.4,

die Werte  $c_{cr, N}$  und  $s_{cr, N}$  müssen jedoch durch  $c_{cr, sp}$  und  $s_{cr, sp}$ , jeweils entsprechend der zugehörigen minimalen Bauteildicke  $h_{min}$ , ersetzt werden;

$\psi_{h, sp}$  berücksichtigt den Einfluss der wirklichen Bauteildicke  $h$  auf den Widerstand gegen die Versagensart Betonspalten (siehe Gleichung (7.24)).

$$\psi_{h, sp} = \left( \frac{h}{h_{min}} \right)^{2/3} \leq \max \left\{ 1; \left( \frac{h_{ef} + 1,5c_1}{h_{min}} \right)^{2/3} \right\} \leq 2 \quad (7.24)$$

- d) Enthält die entsprechende Europäischen Technischen Produktspezifikation Werte von  $c_{cr, sp}$  für mehr als eine minimale Bauteildicke  $h_{min}$ , muss die minimale Bauteildicke entsprechend  $c_{cr, sp}$  verwendet in Gleichung (7.23), in die Gleichung (7.24) eingesetzt werden.

ANMERKUNG Ist  $N_{Rk, sp}^0$  in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation nicht verfügbar, kann dieser Wert, im Fall von nachträglich montierten mechanischen Befestigungselementen und Einlegeteilen, als  $N_{Rk, sp}^0 = \min \{ N_{Rk, p}; N_{Rk, c}^0 \}$ , mit  $N_{Rk, p}$  nach 7.2.1.5, konservativ berechnet oder im Fall von Verbunddübeln durch  $N_{Rk, sp}^0$  nach 7.2.1.6 ersetzt werden.  $N_{Rk, c}^0$  wird nach Gleichung (7.2) berechnet.

### 7.2.1.8 Versagen durch lokalen Betonausbruch

(1) Der Nachweis gegen Versagen durch lokalen Betonausbruch ist bei Kopfbolzen und nachträglich montieren mechanischen Hinterschnittdübeln, die als Kopfbolzen wirken, erforderlich, wenn der Randabstand  $c \leq 0,5h_{ef}$  beträgt. Jeder Rand muss nacheinander berücksichtigt werden. Der charakteristische Widerstand gegen Versagen durch lokalen Betonausbruch wird wie folgt berechnet:

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

$$N_{Rk,cb} = N_{Rk,cb}^0 \cdot \frac{A_{c,Nb}}{A_{c,Nb}^0} \cdot \psi_{s,Nb} \cdot \psi_{g,Nb} \cdot \psi_{ec,Nb} \quad (7.25)$$

Bei Gruppen von Befestigungselementen, die senkrecht zum Rand angeordnet sind, ist der Nachweis nur für die Befestigungselemente zu führen, die am nächsten am Rand liegen. Die unterschiedlichen Faktoren der Gleichung (7.25) sind nachfolgend angegeben.

(2) Der charakteristische Widerstand eines einzelnen Befestigungselementes, das nicht von benachbarten Befestigungselementen oder weiteren Rändern beeinflusst ist, wird wie in Gleichung (7.26) angegeben, errechnet:

$$N_{Rk,cb}^0 = k_5 \cdot c_1 \cdot \sqrt{A_h} \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad (7.26)$$

Dabei ist

$k_5 = 8,7$  für gerissenen Beton,

$= 12,2$  für ungerissenen Beton;

$A_h$  wie in Gleichung (7.12) definiert oder der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben.

(3) Die geometrische Auswirkung von Achs- und Randabständen auf den charakteristischen Widerstand wird durch den Wert  $A_{c,Nb}/A_{c,Nb}^0$  berücksichtigt.

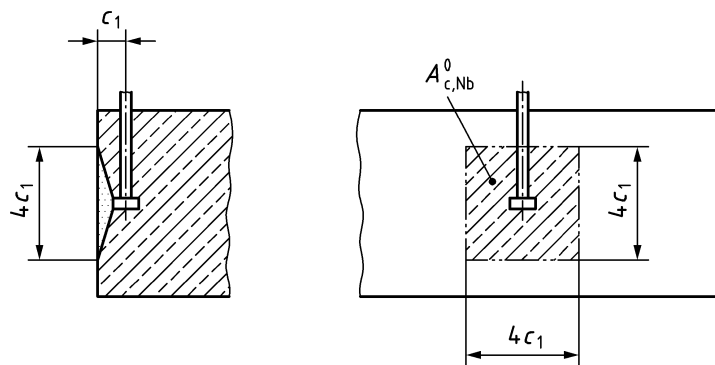
Dabei ist

$A_{c,Nb}^0$  der Bezugswert der projizierten Fläche für ein einzelnes Befestigungselement mit einem Randabstand  $c_1$ , siehe Bild 7.7

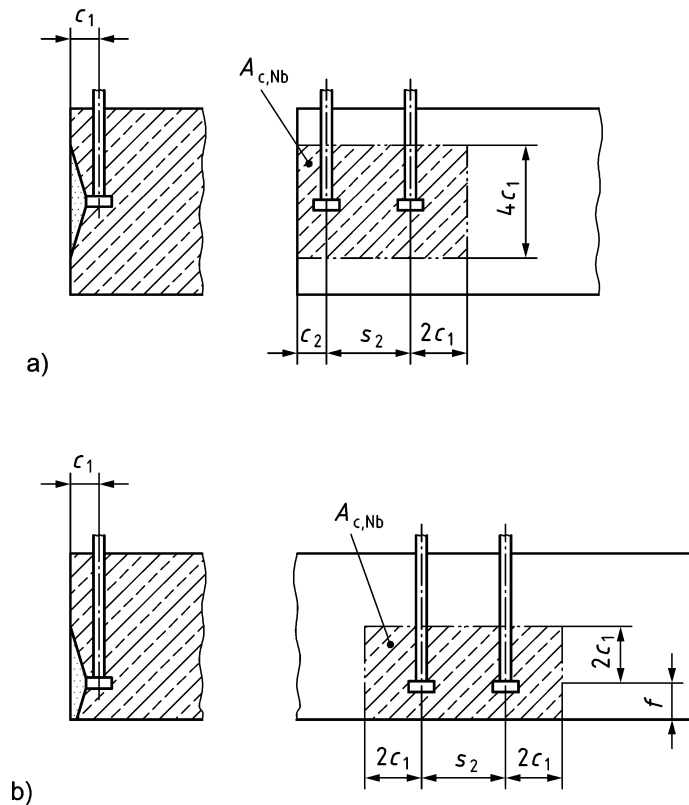
$$= (4c_1)^2 \quad (7.27)$$

$A_{c,Nb}$  die wirkliche projizierte Fläche, begrenzt durch die Überschneidungen der Betonausbruchkörper benachbarter Befestigungselemente ( $s \leq 4c_1$ ) sowie durch nahe Betonbauteilränder ( $c_2 \leq 2 \cdot c_1$ ) oder durch die Bauteildicke.

Beispiele für die Berechnung von  $A_{c,Nb}$  sind in Bild 7.8 gezeigt.



**Bild 7.7 — Idealisierter Betonausbruchkörper und Fläche  $A_{c,Nb}^0$  eines einzelnen Befestigungselementes im Versagensfall lokaler Betonausbruch**

**Legende**

$$\begin{aligned} \text{a) } A_{c,Nb} &= 4c_1(c_2 + s_2 + 2c_1) \\ c_2 &\leq 2c_1 \\ s_2 &\leq 4c_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } A_{c,Nb} &= (2c_1 + f)(4c_1 + s_2) \\ f &\leq 2c_1 \\ s_2 &\leq 4c_1 \end{aligned}$$

**Bild 7.8 — Beispiele für wirkliche Flächen  $A_{c,Nb}$  der idealisierten Betonausbruchkörper für verschiedene Anordnungen von Kopfbolzen für den Versagensfall lokaler Betonausbruch**

(4) Der Faktor  $\psi_{s,Nb}$  berücksichtigt die Störung der Spannungsverteilung im Beton durch die Nähe eines Randes des Betonbauteils (siehe Bild 7.8 a)). Bei Befestigungen mit mehreren Randabständen (z. B. Befestigungen in einem schmalen Betonbauteil) muss der kleinste Randabstand  $c_2$  in Richtung 2 in Gleichung (7.28) eingesetzt werden.

$$\psi_{s,Nb} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{2c_1} \leq 1 \quad (7.28)$$

(5) Der Faktor  $\psi_{g,Nb}$  berücksichtigt den Gruppeneffekt einer Anzahl von Befestigungselementen  $n$  in einer Reihe parallel zum Rand.

$$\psi_{g,Nb} = \sqrt{n} + (1 - \sqrt{n}) \cdot \frac{s_2}{4c_1} \geq 1 \quad (7.29)$$

mit

$$s_2 \leq 4c_1$$

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

(6) Der Faktor  $\psi_{ec,Nb}$  berücksichtigt einen Gruppeneffekt, wenn auf die einzelnen Befestigungselemente einer Gruppe unterschiedliche Lasten einwirken.

$$\psi_{ec,Nb} = \frac{1}{1 + 2 \cdot e_N / (4 c_1)} \quad (7.30)$$

### 7.2.1.9 Versagen der Zusatzbewehrung

#### 7.2.1.9.1 Stahlbruch

Der charakteristische Widerstand gegen Fließen der Zusatzbewehrung  $N_{Rk,re}$  eines Befestigungselementes ist

$$N_{Rk,re} = \sum_{i=1}^{n_{re}} A_{s,re,i} \cdot f_{yk,re} \quad (7.31)$$

Dabei ist

$$f_{yk,re} \leq 600 \text{ N/mm}^2;$$

$n_{re}$  die Anzahl der Stäbe der Zusatzbewehrung, die für ein Befestigungselement wirksam sind.

#### 7.2.1.9.2 Verbundversagen

Der Bemessungswert des Widerstandes  $N_{Rd,a}$  der Zusatzbewehrung für ein Befestigungselement, in Verbindung mit dem Verbundversagen im Betonkonus, ist

$$N_{Rd,a} = \sum_{i=1}^{n_{re}} N_{Rd,a,i}^0 \quad (7.32)$$

Dabei ist

$$N_{Rd,a}^0 = \frac{l_1 \cdot \pi \cdot \phi \cdot f_{bd}}{\alpha_1 \cdot \alpha_2} \leq A_{s,re} \cdot f_{yk,re} \cdot \frac{1}{\gamma_{Ms,re}} \quad (7.33)$$

$l_1$  die Verankerungslänge im Ausbruchskörper (siehe Bild 7.2);  $l_1$  muss länger sein als die minimale Verankerungslänge in 7.2.1.2 (2) d);

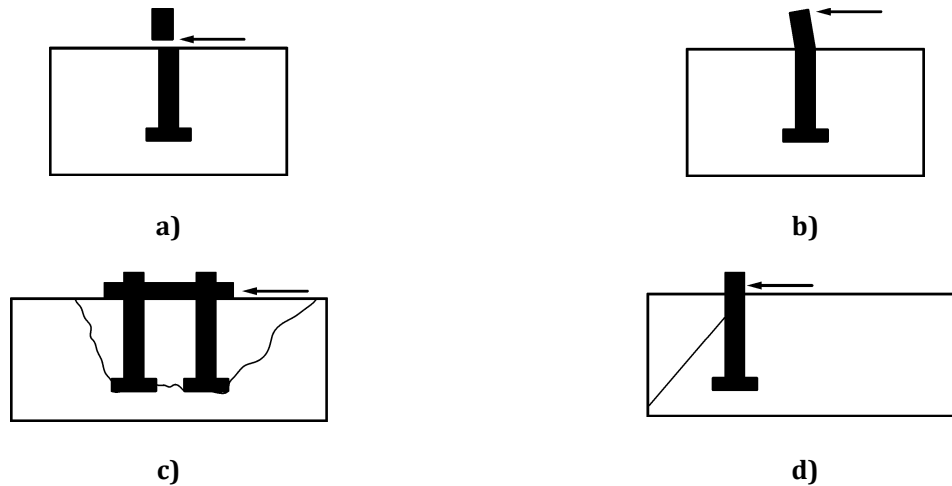
$f_{bd}$  der Bemessungswert der Verbundfestigkeit nach EN 1992-1-1:2004, 8.4.2;

$\alpha_1, \alpha_2$  die Einflussfaktoren nach EN 1992-1-1:2004, 8.4.4.

## 7.2.2 Querlast

### 7.2.2.1 Geforderte Nachweise

Es gelten die Nachweise aus Tabelle 7.2. Die aufgeführten Versagensarten sind in Bild 7.9 gegeben.



#### Legende

- a) Stahlbruch ohne Hebelarm
- b) Stahlbruch mit Hebelarm
- c) Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite
- d) Betonkantenbruch

**Bild 7.9 — Versagensarten von Kopfbolzen und nachträglich montierten Befestigungselementen bei Querlast**

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

**Tabelle 7.2 — Geforderte Nachweise für Kopfbolzen und nachträglich montierte Befestigungselemente bei Querbeanspruchung**

	Versagensart	Einzelnes Befestigungselement	Gruppe von Befestigungselementen	
			höchstbeanspruchtes Befestigungselement	Gruppe
1	<b>Stahlbruch des Befestigungselementes ohne Hebelarm</b>	$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}}$	$V_{Ed}^h \leq V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}}$	
2	<b>Stahlbruch des Befestigungselementes mit Hebelarm</b>	$V_{Ed} \leq V_{Rd,s,M} = \frac{V_{Rk,s,M}}{\gamma_{Ms}}$	$V_{Ed}^h \leq V_{Rd,s,M} = \frac{V_{Rk,s,M}}{\gamma_{Ms}}$	
3	<b>Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite</b>	$V_{Ed} \leq V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}}$		$V_{Ed}^g \leq V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc}}$ <sup>a</sup>
4	<b>Betonkantenbruch</b>	$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}}$		$V_{Ed}^g \leq V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}}$
5	<b>Stahlbruch der Zusatzbewehrung<sup>b</sup></b>	$N_{Ed,re} \leq N_{Rd,re} = \frac{N_{Rk,re}}{\gamma_{Ms,re}}$	$N_{Ed,re}^h \leq N_{Rd,re} = \frac{N_{Rk,re}}{\gamma_{Ms,re}}$	
6	<b>Verbundversagen der Zusatzbewehrung<sup>b</sup></b>	$N_{Ed,re} \leq N_{Rd,a}$	$N_{Ed,re}^h \leq N_{Rd,a}$	

<sup>a</sup> Ausnahme siehe 7.2.2.4 (4).  
<sup>b</sup> Die Zugkraft, die auf die Bewehrung einwirkt, wird nach Gleichung (6.6) aus  $V_{Ed}$  berechnet.

### 7.2.2.2 Konstruktionsregeln für die Zusatzbewehrung

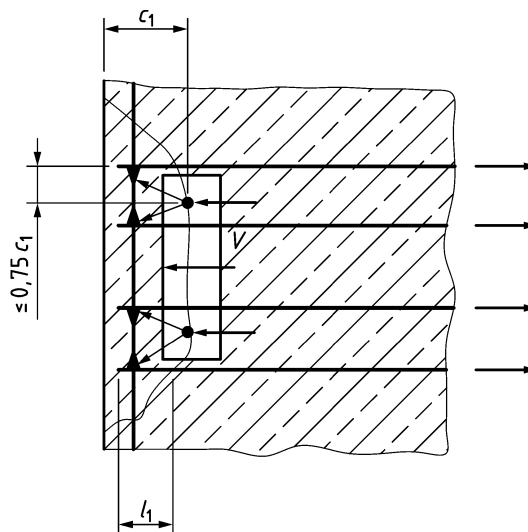
(1) Beruht die Bemessung auf der Zusatzbewehrung, ist es nicht nötig, einen Nachweis gegen Betonkantenbruch nach Tabelle 7.2 und 7.2.2.5 durchzuführen, aber die Zusatzbewehrung muss so nach 7.2.2.6 bemessen werden, dass sie die gesamte Last abträgt. Die Zusatzbewehrung darf in Form einer Oberflächenbewehrung (siehe Bild 7.10a)) oder als Bügel oder Schlaufen ausgeführt sein (siehe Bild 7.10b) und Bild 7.10c)).

(2) Die Zusatzbewehrung muss außerhalb des angenommenen Bruchkörpers mit einer Verankerungslänge  $l_{bd}$  nach EN 1992-1-1 verankert sein. In bewehrten Betonbauteilen muss die Zugbeanspruchung in den verankerten Bewehrungsstäben durch einen entsprechenden Bewehrungsstoß an die Bewehrung im Bauteil übertragen werden. Andernfalls muss die Lastübertragung von der Zusatzbewehrung auf das tragende Bauteil mit einem geeigneten Modell, z. B. Fachwerkmodell, nachgewiesen werden.

(3) Soll die Querlast durch eine Bewehrung nach Bild 7.10a) aufgenommen werden, sind die Stäbe nur als wirksam anzusetzen, wenn die folgenden Anforderungen erfüllt sind:

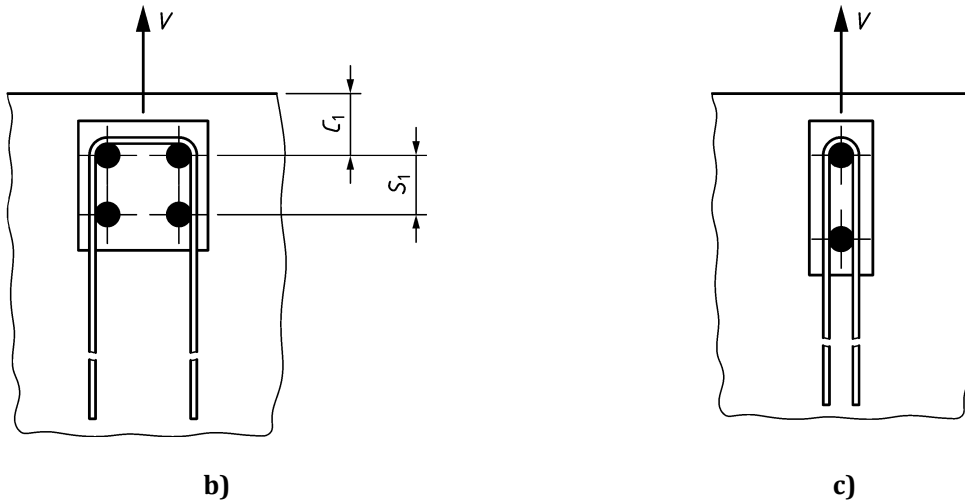
- Wenn die Zusatzbewehrung für das am höchsten belastete Befestigungselement festgelegt wurde, ist eine Bewehrung mit demselben Querschnitt bei jedem Befestigungselement, das als für den Betonkantenbruch wirksam angesehen wird, einzubauen.
- Die Zusatzbewehrung besteht aus gerippten Stäben mit  $f_{yk} \leq 600 \text{ N/mm}^2$  und der Durchmesser  $\phi$  ist nicht größer als 16 mm. Der Biegerollendurchmesser  $\phi_m$  stimmt mit EN 1992-1-1 überein.

- c) Die Stäbe haben einen Abstand von  $\leq 0,75 c_1$  vom Befestigungselement.
- d) Die Verankerungslänge  $l_1$  im Betonausbruchkörper beträgt mindestens  $\min l_1 = 10 \phi$  bei geraden Stäben mit oder ohne angeschweißte Querstäbe und  $\min l_1 = 4 \phi$  bei Stäben mit Winkelhaken, Haken oder Schlaufen. Ausnahme siehe 7.2.2.2 (4).
- e) Der angenommene Ausbruchkörper sollte der gleiche wie der sein, der für die Berechnung des Widerstandes gegen Betonkantenbruch verwendet wird (siehe 6.2.2.2 und 7.2.2.5).
- f) Die Bewehrung entlang des Randes des Bauteils wird für die Kräfte nach einem geeigneten Fachwerkmodell ausgeführt und bemessen. Zur Vereinfachung darf ein Winkel der Druckstrebe von  $45^\circ$  angenommen werden.
- (4) Wenn die Querkräfte durch eine Zusatzbewehrung in Form von Bügeln oder Schlaufen (siehe Bilder 7.10b) und c)) aufgenommen werden, muss die Bewehrung das Befestigungselement mit direktem Kontakt zum Schaft umschließen und so nah wie möglich an dem Anbauteil angeordnet sein, da eine direkte Kraftübertragung vom Befestigungselement zu der Zusatzbewehrung angenommen wird und deshalb kein Nachweis der Verankerungslänge in dem Ausbruchkörper erforderlich ist.



a)

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**



**Legende**

- a) Oberflächenbewehrung zur Aufnahme von Querkräften mit vereinfachtem Fachwerkmodell zur Bemessung der Randbewehrung
- b) Zusatzbewehrung in der Form von Stegen
- c) Zusatzbewehrung in der Form von Schlaufen

**Bild 7.10 — Bewehrung zur Aufnahme von Querlasten, die auf eine Befestigung einwirken**

**7.2.2.3 Stahlbruch des Befestigungselementes**

**7.2.2.3.1 Querlast ohne Hebelarm**

(1) Der charakteristische Widerstand eines einzelnen Befestigungselementes im Fall von Stahlbruch  $V_{Rk,s}^0$  ist in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben.

ANMERKUNG 1 Für ein einzelnes Befestigungselement ohne Hülse in dem querbeanspruchten Querschnitt (Gewindestange), das aus Kohlenstoffstahl hergestellt ist, und ohne signifikante Verringerung des Querschnitts über die gesamte Länge, kann  $V_{Rk,s}^0$  wie folgt berechnet werden:

$$V_{Rk,s}^0 = k_6 \cdot A_s \cdot f_{uk} \quad (7.34)$$

Dabei ist

$$k_6 = 0,6 \quad \text{für } f_{uk} \leq 500 \text{ N/mm}^2;$$

$$= 0,5 \quad \text{für } 500 \text{ N/mm}^2 < f_{uk} \leq 1\,000 \text{ N/mm}^2.$$

Bei Befestigungselementen mit einem Verhältnis von  $h_{ef}/d < 5$  und einer Betondruckfestigkeitsklasse  $< C20/25$  sollte der charakteristische Widerstand  $V_{Rk,s}^0$  mit einem Faktor 0,8 multipliziert werden.

(2) Der charakteristische Widerstand eines Befestigungselementes  $V_{Rk,s}$ , der die Duktilität des Befestigungselementes in einer Gruppe und die Möglichkeit des Vorhandenseins eines Mörtelbetts mit einer Dicke von  $t_{grout} \leq d/2$  berücksichtigt, ist:

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 \quad (7.35)$$



Dabei ist

für einzelne Befestigungselemente  $k_7 = 1$ ;

für Befestigungselemente in einer Gruppe  $k_7$  in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben.

ANMERKUNG Bei Befestigungselementen in einer Gruppe kann der Faktor  $k_7$  bei duktilem Stahl mit  $k_7 = 1$  angenommen werden, bei Stahl mit einer Bruchdehnung  $A_5 \leq 8\%$  kann der Wert  $k_7 = 0,8$  verwendet werden.

(3) Sind die Bedingungen in 6.2.2.3 (2) erfüllt, ist der charakteristische Widerstand eines Befestigungselementes  $V_{Rk,s}$  für ungerissenen Beton:

$$V_{Rk,s} = (1 - 0,01 \cdot t_{\text{grout}}) \cdot k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 \quad (7.36)$$

#### 7.2.2.3.2 Querlast mit Hebelarm

Der charakteristische Widerstand im Fall von Stahlbruch  $V_{Rk,s,M}$  muss nach Gleichung (7.37) berechnet werden.

$$V_{Rk,s,M} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l_a} \quad (7.37)$$

mit

$\alpha_M, l_a$  siehe 6.2.2.3 (3)

$$M_{Rk,s} = M_{Rk,s}^0 \cdot (1 - N_{Ed}/N_{Rd,s}) \quad (7.38)$$

$$N_{Rd,s} = N_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$$

Der charakteristische Widerstand unter Zuglast im Fall von Stahlbruch  $N_{Rk,s}$ , der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Ms}$  und der charakteristische Biege­widerstand eines einzelnen Befestigungselementes  $M_{Rk,s}^0$  sind gegebenenfalls in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben.

Die Gleichung (7.38) kann nur für die Zuglast  $N_{Ed}$  verwendet werden; wenn  $N_{Ed}$  eine Drucklast ist, sollte das Befestigungselement als ein Stahlbauteil nach EN 1993-1-8 bemessen werden.

#### 7.2.2.4 Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite

(1) Bei Befestigungen kann die Versagensart Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite auftreten. Durch Zugkraft, die durch Querlast in die Befestigungselemente eingeleitet wird, kann auch das Versagen Herausziehen auftreten. Aus Gründen der Vereinfachung wird dieses Verhalten nicht explizit nachgewiesen, aber, wenn relevant, bei dem Nachweis von Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite indirekt berücksichtigt.

ANMERKUNG Die Zugkraft wird durch die Exzentrizität zwischen der aufgetragenen Querlast und dem resultierenden Widerstand im Beton verursacht.

(2) Der entsprechende charakteristische Widerstand  $V_{Rk,cp}$  muss für Befestigungen mit Kopfbolzen oder nachträglich montierten Befestigungselementen wie folgt berechnet werden:

— für Befestigungen ohne Zusatzbewehrung

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} \quad (7.39a)$$

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

— für Befestigungen mit Zusatzbewehrung

$$V_{Rk,cp} = 0,75 \cdot k_8 \cdot N_{Rk,c} \quad (7.39b)$$

Dabei ist

$k_8$  der aus der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation zu entnehmende Faktor

$N_{Rk,c}$  bestimmt nach 7.2.1.4, für ein einzelnes Befestigungselement oder für alle Befestigungselemente einer Gruppe bei Querbelastung.

(3) Der charakteristische Widerstand  $V_{Rk,cp}$  muss für Befestigungen mit Verbunddübeln wie folgt berechnet werden:

— für Befestigungen ohne Zusatzbewehrung

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot \min \{N_{Rk,c}; N_{Rk,p}\} \quad (7.39c)$$

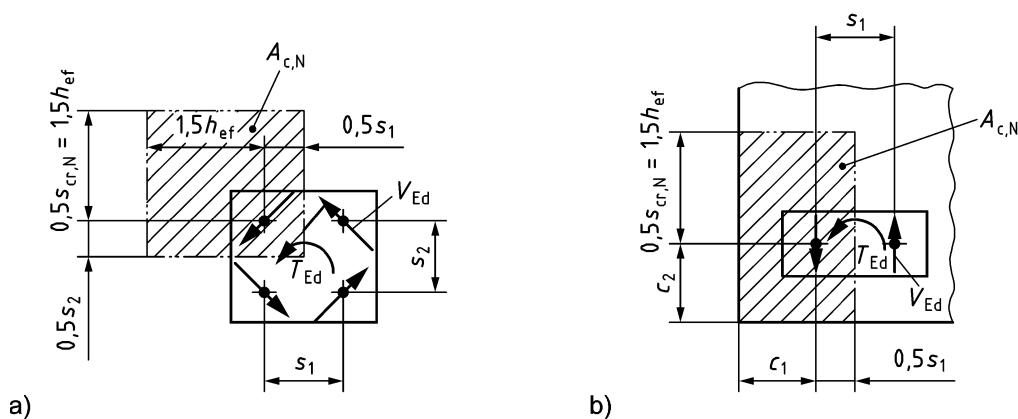
— für Befestigungen mit Zusatzbewehrung

$$V_{Rk,cp} = 0,75 \cdot k_8 \cdot \min \{N_{Rk,c}; N_{Rk,p}\} \quad (7.39d)$$

Dabei ist

$N_{Rk,p}$  bestimmt nach 7.2.1.6, für ein einzelnes Befestigungselement oder für alle Befestigungselemente einer Gruppe bei Querbelastung.

(4) Bei Ankergruppen von Befestigungselementen mit Querkräften (oder Komponenten davon) auf den einzelnen Befestigungselementen, die in entgegengesetzter Richtung wirken (z. B. Befestigungen, die hauptsächlich durch Torsionsmomente beansprucht werden), muss der Nachweis für das höchstbeanspruchte Befestigungselement durchgeführt werden. Bei der Berechnung der Flächen  $A_{c,N}$  und  $A_{p,N}$  muss ein virtueller Rand ( $c = 0,5s$ ) in Richtung der benachbarten Befestigungselemente angenommen werden (siehe Bild 7.11).



**Legende**

- a) Gruppe von vier Befestigungselementen ohne Randeinfluss  
 b) Gruppe von zwei Befestigungselementen, die in einer Ecke angeordnet ist

**Bild 7.11 — Berechnung der Fläche  $A_{c,N}$  für Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite bei einer Gruppe von Befestigungselementen mit Querlast (oder Komponenten davon) auf Befestigungselemente, die in entgegengesetzter Richtung wirken - Beispiele, unter der Annahme  $s_{cr,N} = 3h_{ef}$**

### 7.2.2.5 Betonkantenbruch

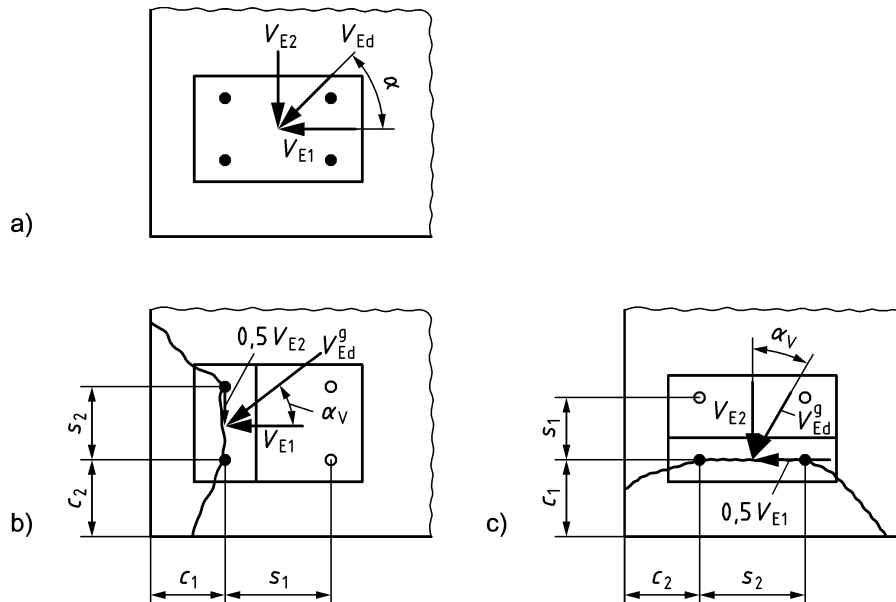
(1) Für eingebettete Grundplatten mit einem Randabstand in Richtung der Querlast  $c \leq \max \{10 h_{ef}; 60 d\}$ , sind die Festlegungen nur gültig, wenn die Dicke  $t$  der Grundplatte, die mit dem Beton in Kontakt ist, kleiner als  $0,25 h_{ef}$  ist. Für Befestigungen, bei denen die Querlast mit einem Hebelarm einwirkt, sind die Festlegungen gültig, wenn  $c > \max \{10 h_{ef}; 60 d\}$ .

ANMERKUNG In Fällen, in denen die Befestigung nahe an einem Rand liegt und mit einer Querlast mit Hebelarm beansprucht ist, ist die Auswirkung eines Kippmomentes auf den Widerstand gegen Betonkantenbruch in den folgenden Festlegungen nicht berücksichtigt.

(2) Nur die Befestigungselemente, die sich am nächsten zu einem Rand befinden, werden für den Nachweis von Betonkantenbruch verwendet (siehe Bild 7.12). Zur Lastverteilung siehe 6.2.2.2.

(3) Für Befestigungen mit mehr als einem Rand (siehe Bild 7.12) muss der Nachweis für alle Ränder durchgeführt werden.

(4) Der minimale Achsabstand von Befestigungselementen einer Gruppe sollte  $s_{\min} \geq 4 d_{\text{nom}}$  betragen.



#### Legende

$$V_{E1} = V_{Ed} \cos \alpha$$

$$V_{E2} = V_{Ed} \sin \alpha$$

a) aufgebrachte Last

b) Nachweis für den linken Rand

c) Nachweis für den unteren Rand

• Befestigungselement in a); beanspruchtes Befestigungselement in b) und c)

o unbeanspruchtes Befestigungselement in b) und c)

**Bild 7.12 — Nachweis für eine Vierfachbefestigung mit Lochspiel in einer Ecke – Beispiel**

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

(5) Der charakteristische Widerstand  $V_{Rk,c}$  eines Befestigungselementes oder einer Gruppe von Befestigungselementen bei Belastung in Richtung dem Rand beträgt:

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{re,V} \quad (7.40)$$

Die verschiedenen Faktoren der Gleichung (7.40) werden nachfolgend angegeben.

(6) Der Ausgangswert des charakteristischen Widerstandes eines Befestigungselementes, das senkrecht zum Bauteilrand belastet wird, wird berechnet mit:

$$V_{Rk,c}^0 = k_9 \cdot d_{nom}^\alpha \cdot l_f^\beta \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c_1^{1,5} \quad (7.41)$$

mit

$k_9 = 1,7$  für gerissenen Beton;

$= 2,4$  für ungerissenen Beton;

$$\alpha = 0,1 \cdot \left(\frac{l_f}{c_1}\right)^{0,5} \quad (7.42)$$

$$\beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1}\right)^{0,2} \quad (7.43)$$

$l_f = h_{ef}$  im Fall von einheitlichem Schaftdurchmesser des Kopfbolzens und einheitlichem Durchmesser des nachträglich montierten Befestigungselementes;

$\leq 12d_{nom}$ , im Fall von  $d_{nom} \leq 24$  mm;

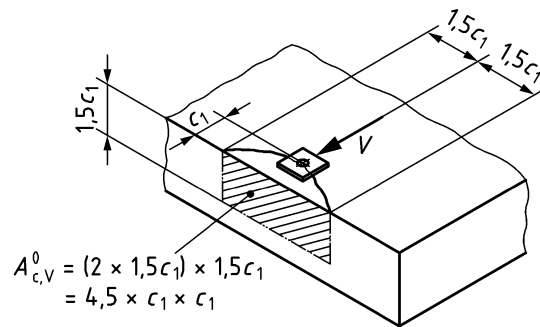
$\leq \max\{8d_{nom}; 300 \text{ mm}\}$ , im Fall von  $d_{nom} > 24$  mm.

Die Werte  $d_{nom}$  und  $l_f$  sind in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben.

(7) Die geometrische Auswirkung der Achsabstände sowie weiterer Randabstände und die Auswirkung der Betonbauteildicke auf den charakteristischen Widerstand wird durch das Verhältnis  $A_{c,V}/A_{c,V}^0$  berücksichtigt; dabei ist:

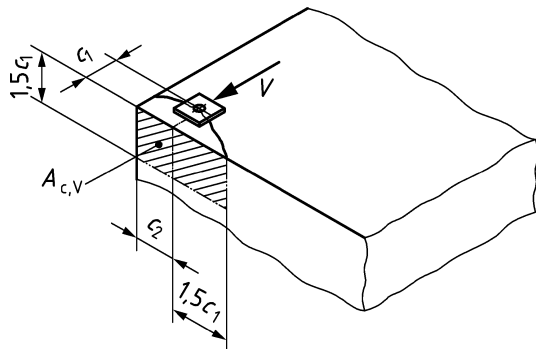
$$A_{c,V}^0 \quad \text{der Bezugswert der projizierten Fläche, siehe Bild 7.13} \\
= 4,5c_1^2 \quad (7.44)$$

$A_{c,V}$  die Fläche des idealisierten Betonausbruchkörpers, begrenzt durch die sich überschneidenden Ausbruchkörper benachbarter Befestigungselemente ( $s \leq 3c_1$ ) sowie durch Ränder parallel zur angenommenen Lastrichtung ( $c_2 \leq 1,5c_1$ ) und durch die Bauteildicke ( $h \leq 1,5c_1$ ). Beispiele für die Berechnung von  $A_{c,V}$  sind in Bild 7.14 gegeben.



**Bild 7.13 — Idealisierter Betonausbruchkörper und Fläche  $A_{c,V}^0$  für ein einzelnes Befestigungselement**

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

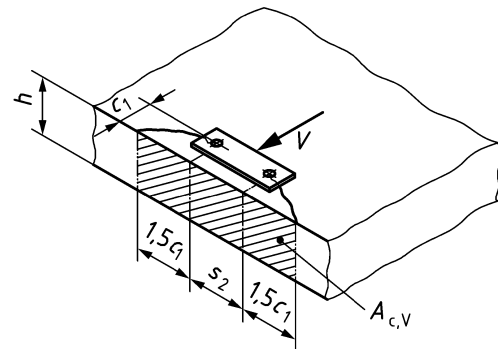


$$A_{c,V} = 1,5c_1(1,5c_1 + c_2)$$

$$h \geq 1,5c_1$$

$$c_2 \leq 1,5c_1$$

**a) Einzelnes Befestigungselement in einer Ecke**



$$A_{c,V} = (2 \cdot 1,5c_1 + s_2) \cdot h$$

$$h < 1,5c_1$$

$$s_2 \leq 3c_1$$

**b) Gruppe von Befestigungselementen am Rand in einem dünnen Betonbauteil**

**Bild 7.14 — Beispiele für wirkliche projizierte Flächen  $A_{c,V}$  der idealisierten Betonausbruchkörper für verschiedene Anordnungen von Befestigungselementen unter Querbeanspruchung**

(8) Der Widerstand einer durch ein Torsion beanspruchten Befestigung, die aus zwei durch Querlasten in entgegengesetzter Richtung belastete Befestigungselemente besteht und nach Gleichung (7.40) berechnet wird, kann bei Betonkantenbruch infolge der Überschneidungen der Betonausbruchkörper nicht-konservativ sein. Wenn das Verhältnis zwischen dem Widerstand gegen Betonkantenbruch (nachgewiesener Rand) und dem Widerstand gegen Betonausbruch des zweiten Befestigungselementes (Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite oder Betonkantenbruch) größer als 0,7 ist und  $s_2 \leq s_{crit}$ , dann sollte  $V_{Rk,c}$  nach Gleichung (7.40) mit einem Faktor 0,8, der als konservativ angenommen wird, multipliziert werden. Dabei ist  $s_{crit}$  wie folgt definiert:

- $s_{crit} = 1,5 h_{ef} + 1,5c_1$ , wenn das zweite Befestigungselement bei Versagen durch Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite bestimmt wird;
- $s_{crit} = 1,5 c_1$ , wenn das zweite Befestigungselement durch Betonkantenbruch an einem zweiten Rand (senkrecht zum nachgewiesenen Rand) bestimmt wird.

(9) Der Faktor  $\psi_{s,V}$  berücksichtigt die Störung der Spannungsverteilung im Beton durch weitere Ränder des Betonbauteils und deren Einfluss auf den Widerstand gegen Querlast. Bei Befestigungselementen mit zwei Rändern parallel zur Lastrichtung (z. B. in einem schmalen Betonbauteil) muss der kleinere Randabstand für  $c_2$  in Gleichung (7.45) verwendet werden.

$$\psi_{s,V} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5 c_1} \leq 1 \quad (7.45)$$

(10) Der Faktor  $\psi_{h,V}$  berücksichtigt, dass der Widerstand gegen Betonkantenbruch nicht, wie beim Verhältnis  $A_{c,V}/A_{c,V}^0$  angenommen (Bild 7.14 b)), proportional zur Bauteildicke abnimmt.

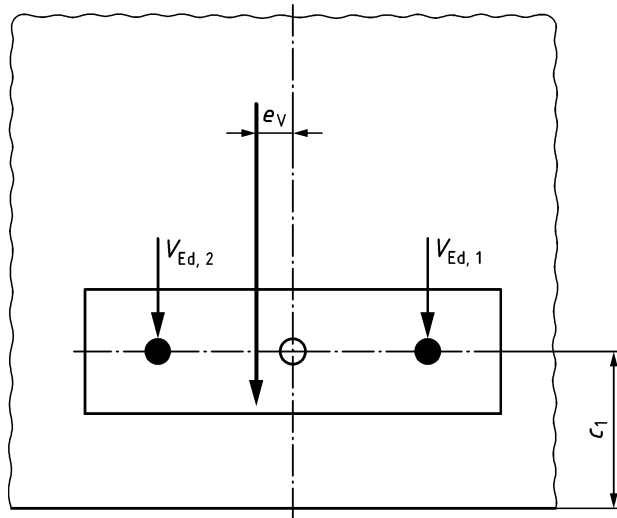
$$\psi_{h,V} = \left( \frac{1,5c_1}{h} \right)^{0,5} \geq 1 \quad (7.46)$$

(11) Der Faktor  $\psi_{ec,V}$  berücksichtigt einen Gruppeneffekt, wenn unterschiedliche Querlasten auf die einzelnen Befestigungselemente einer Gruppe einwirken (siehe Bild 7.15).

$$\psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + 2 \cdot e_v / (3c_1)} \leq 1 \quad (7.47)$$

Dabei ist

$e_v$  die Exzentrizität der resultierenden Querlast, die auf die Befestigungselemente bezogen auf den Schwerpunkt der querbelasteten Befestigungselemente einwirkt.



**Bild 7.15 — Bildung einer exzentrischen Querlastresultierenden aus ungleichen Querlastanteilen – Beispiel**

(12) Der Faktor  $\psi_{\alpha,V}$  berücksichtigt den Einfluss der Querlast, die gegenüber dem betrachteten Rand geneigt ist, auf den Widerstand gegen Betonkantenbruch.

$$\psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos\alpha_V)^2 + (0,5 \cdot \sin\alpha_V)^2}} \geq 1 \quad (7.48)$$

Dabei ist

$\alpha_V$  der Winkel zwischen einwirkender Querlast  $V_{Ed}$  (einzelnes Befestigungselement) oder  $V_{Ed}^g$  (Gruppe von Befestigungselementen) und einer Linie, die senkrecht zur nachzuweisenden Kante,  $0^\circ \leq \alpha_V \leq 90^\circ$  verläuft, siehe Bild 7.12.

(13) Der Faktor  $\psi_{re,V}$  berücksichtigt die Auswirkung der Lage der Bewehrung am Bauteilrand.

$\psi_{re,V} = 1,0$  Befestigung in ungerissenem Beton und Befestigung in gerissenem Beton ohne Rand- oder Bügelbewehrung.

$\psi_{re,V} = 1,4$  Befestigung in gerissenem Beton mit Randbewehrung (siehe Bild 7.10) und Bügeln mit engem Achsabstand oder Baustahlmatten mit einem Achsabstand  $a \leq 100$  mm und  $a \leq 2c_1$ .

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

Ein Faktor  $\psi_{re,V} > 1$  muss bei Anwendungen in gerissenem Beton nur angewendet werden, wenn die Verankerungstiefe  $h_{ef}$  des Befestigungselementes mindestens dem 2,5fachen Wert der Betondeckung der Randbewehrung entspricht.

(14) Bei Befestigungen in einem schmalen dünnen Bauteil mit  $c_{2,max} \leq 1,5c_1$  und  $h \leq 1,5c_1$  (siehe Bild 7.16) führt die Berechnung nach Gleichung (7.40) zu konservativen Ergebnissen. Genauere Ergebnisse werden erzielt, wenn  $c_1$  ersetzt wird durch

$$c_1' = \max \{ c_{2,max}/1,5; \quad h/1,5 \} \quad \text{im Fall von einzelnen Befestigungselementen} \quad (7.49)$$

oder

$$c_1' = \max \{ c_{2,max}/1,5; \quad h/1,5; \quad s_{2,max}/3 \} \quad \text{im Fall von Gruppen} \quad (7.50)$$

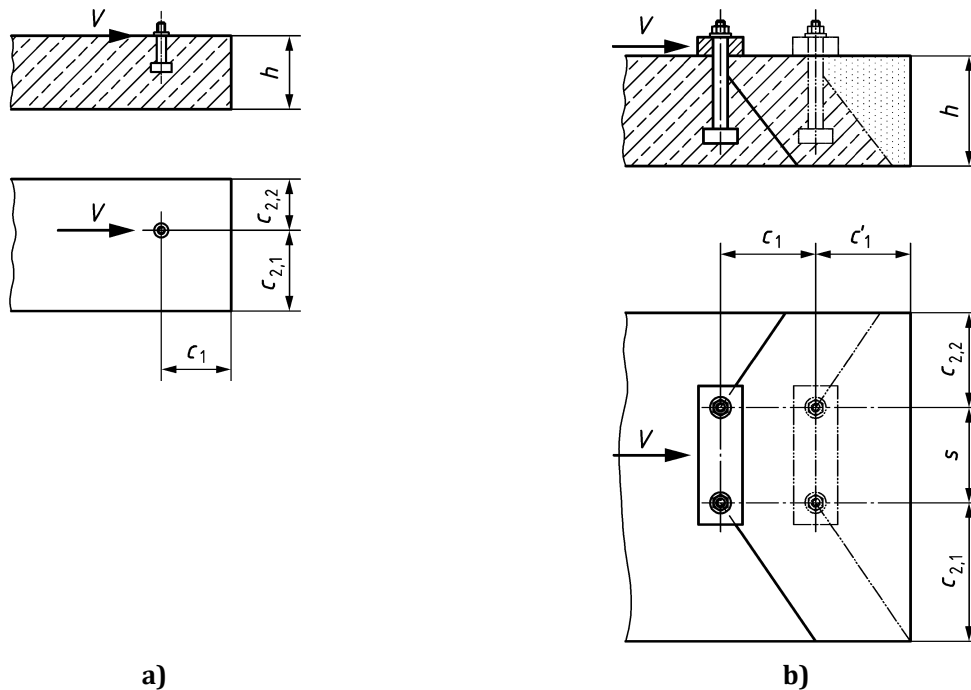
Dabei ist

$c_{2,max}$  der größere der beiden Randabstände parallel zur Lastrichtung; und

$s_{2,max}$  der maximale Achsabstand in Richtung 2 zwischen den Befestigungselementen innerhalb einer Gruppe.

Der Wert  $c_1'$  wird anstelle von  $c_1$  in den Gleichungen (7.41) bis (7.47), sowie zur Bestimmung der Flächen  $A_{c,V}^0$  und  $A_{c,V}$  nach den Bildern 7.13 und 7.14, verwendet.





$$\max(c_{2,1}; c_{2,2}) < 1,5c_1 \text{ und } h < 1,5c_1$$

$$s = 100 \text{ mm}, c_1 = 200 \text{ mm}, h = 120 \text{ mm} < 1,5 \cdot 200 \text{ mm},$$

$$c_{2,1} = 150 \text{ mm} \leq 1,5 \cdot 200 \text{ mm}, c_{2,2} = 100 \text{ mm} < 1,5 \cdot 200 \text{ mm},$$

$$c'_1 = \max \{150/1,5; 120/1,5; 100/3\} = 100 \text{ mm}.$$

**Bild 7.16 — Befestigungselemente in dünnen schmalen Bauteilen, bei denen der Wert  $c'_1$  verwendet werden darf**

### 7.2.2.6 Versagen der Zusatzbewehrung

#### 7.2.2.6.1 Allgemeines

(1) Wenn die Zusatzbewehrung eine Mischung aus Oberflächenbewehrung (siehe Bild 7.10 a)) und Schlaufen mit Kontakt zu dem Befestigungselement (siehe Bild 7.10 b) und c)) darstellt, dürfen deren Widerstände nicht addiert werden, es sei denn, die Verträglichkeit der verschiedenen Versagensarten (Stahl- und Verankerungsbruch) der zwei Arten von Bewehrungen ist berücksichtigt.

#### 7.2.2.6.2 Stahlbruch

Der charakteristische Widerstand eines Befestigungselementes für den Versagensfall Stahlbruch der Zusatzbewehrung darf nach Gleichung (7.51) berechnet werden.

$$N_{Rk, re} = k_{10} \sum_{i=1}^{n_{re}} A_{s, re, i} \cdot f_{yk, re} \quad (7.51)$$

Dabei ist

$n_{re}$  die Anzahl der Stäbe der Zusatzbewehrung, die für ein Befestigungselement wirksam sind;

$k_{10}$  der Wirksamkeitsbeiwert

= 1,0 Oberflächenbewehrung nach Bild 7.10 a);

## DIN EN 1992-4:2019-04 EN 1992-4:2018 (D)

= 0,5 Zusatzbewehrung in Form von Bügeln oder Schlaufen, die das Befestigungselement umschließen (siehe Bilder 7.10 b) und c));

$$f_{yk,re} \leq 600 \text{ N/mm}^2.$$

ANMERKUNG Kann der Kontakt zwischen der Zusatzbewehrung, in Form von Bügeln und Schlaufen, und dem Schaft des Befestigungselementes sowie der Lage dieser Bewehrung, in Bezug auf die Betonoberfläche, durch Toleranzen der Ausführungsgüte nicht sichergestellt werden (siehe 7.2.2.2 (4)), berücksichtigt der Faktor  $k_{10} = 0,5$  die Auswirkungen für den Widerstand.

### 7.2.2.6.3 Verbundbruch

(1) Bei Anwendungen mit Zusatzbewehrung in Form von Bügeln oder Schlaufen, die mit den Befestigungselementen Kontakt haben (siehe Bilder 7.10 b) und c)), ist kein Nachweis für die Tragfähigkeit der Verankerung der Zusatzbewehrung in dem angenommenen Betonausbruchskörper erforderlich.

(2) Bei Anwendungen nach Bild 7.10 a) ist der Bemessungswert des Widerstandes  $N_{Rd,a}$  der Zusatzbewehrung eines Befestigungselementes im Fall eines Verankerungsbruchs im Betonkantenbruchkörper durch Gleichung (7.52) gegeben.

$$N_{Rd,a} = \sum_{i=1}^{n_{re}} N_{Rd,a}^0 \quad (7.52)$$

Dabei ist

$$N_{Rd,a}^0 = \frac{l_1 \cdot \pi \cdot \phi \cdot f_{bd}}{\alpha_1 \cdot \alpha_2} \leq A_{s,re} \cdot f_{yk,re} \cdot \frac{1}{\gamma_{Ms,re}} \quad (7.53)$$

$l_1$  die Verankerungslänge im Ausbruchskörper (siehe Bild 7.10 a));  $l_1$  muss größer sein als die minimale Verankerungslänge in 7.2.2.2 (3) d);

$f_{bd}$  der Bemessungswert der Verbundfestigkeit nach EN 1992-1-1:2004, 8.4.2;

$\alpha_1, \alpha_2$  die Einflussfaktoren nach EN 1992-1-1:2004, 8.4.4.

## 7.2.3 Kombinierte Zug- und Querlasten

### 7.2.3.1 Befestigungen ohne Zusatzbewehrung

Die geforderten Nachweise sind in Tabelle 7.3 gegeben. Die Nachweise sind getrennt für die Versagensarten Stahl- und Betonbruch zu führen. Beide Nachweise müssen erfüllt sein.

**Tabelle 7.3 — Erforderliche Nachweise für Kopfbolzen und nachträglich montierte Befestigungselemente ohne Zusatzbewehrung, die kombinierter Zug- und Querbeanspruchung ausgesetzt sind**

	Versagensart	Nachweis
1	<b>Stahlbruch des Befestigungselementes<sup>a</sup></b>	$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}}\right)^2 \leq 1 \quad (7.54)$ <p>Wenn <math>N_{Ed}</math> und <math>V_{Ed}</math> für die einzelnen Befestigungselemente einer Gruppe unterschiedlich sind, muss das Zusammenwirken für alle Befestigungselemente nachwiesen werden.</p>
2	<b>Andere Versagensarten als Stahlbruch</b>	$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,i}}\right)^{1,5} + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,i}}\right)^{1,5} \leq 1 \quad (7.55)$ <p>oder</p> $\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,i}}\right) + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,i}}\right) \leq 1,2 \quad (7.56)$ <p>mit</p> $N_{Ed}/N_{Rd,i} \leq 1 \text{ und } V_{Ed}/V_{Rd,i} \leq 1$ <p>Für die verschiedenen Versagensarten muss der größte Wert von <math>N_{Ed}/N_{Rd,i}</math> und <math>V_{Ed}/V_{Rd,i}</math> verwendet werden.</p>

<sup>a</sup> Der Nachweis ist im Fall von Querlast mit Hebelarm nicht erforderlich, da Gleichung (7.37) die Interaktion berücksichtigt.

### 7.2.3.2 Befestigungselemente mit Zusatzbewehrung

(1) Bei Befestigungselementen mit einer Zusatzbewehrung für Zug- und Querlasten, gilt 7.2.3.1. Jedoch werden für den Nachweis nach Tabelle 7.3, Zeile 2,  $N_{Ed}/N_{Rd,i}$  für die Versagensart Betonausbruch (Zuglast) und  $V_{Ed}/V_{Rd,i}$  für die Versagensart Betonkantenbruch (Querlast) durch die entsprechenden Werte für Versagen der Zusatzbewehrung ersetzt.

(2) Bei Befestigungselementen mit einer Zusatzbewehrung zur Aufnahme von ausschließlich entweder Zug- oder Querlasten muss Gleichung (7.57) mit dem größten Wert von  $N_{Ed}/N_{Rd,i}$  und  $V_{Ed}/V_{Rd,i}$  für andere Versagensarten als Stahlbruch des Befestigungselementes verwendet werden.

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,i}}\right)^{k_{11}} + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,i}}\right)^{k_{11}} \leq 1 \quad (7.57)$$

Dabei ist

$k_{11}$  ist in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben;

$$N_{Ed}/N_{Rd,i} \leq 1 \text{ und}$$

$$V_{Ed}/V_{Rd,i} \leq 1.$$

Im Fall von Befestigungen mit Zusatzbewehrung zur Aufnahme von ausschließlich Zuglasten stehen  $N_{Rd,i}$  und  $V_{Rd,i}$  für die jeweiligen Bemessungswerte der Widerstände  $N_{Rd,p}$ ,  $N_{Rd,sp}$ ,  $N_{Rd,cb}$ ,  $N_{Rd,re}$ ,  $N_{Rd,a}$  und  $V_{Rd,c}$ ,  $V_{Rd,cp}$ . Wird die Zusatzbewehrung verwendet, um ausschließlich Querlasten aufzunehmen, stehen  $N_{Rd,i}$  und  $V_{Rd,i}$  für die jeweiligen Bemessungswerte der Widerstände  $N_{Rd,p}$ ,  $N_{Rd,c}$ ,  $N_{Rd,sp}$ ,  $N_{Rd,cb}$  und  $V_{Rd,cp}$ ,  $N_{Rd,re}$ ,  $N_{Rd,a}$ . Für  $N_{Ed}$  und  $V_{Ed}$  müssen die Einwirkungen entsprechend den spezifischen Versagensarten verwendet werden.

Ist in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation kein Wert für  $k_{11}$  angegeben, darf  $k_{11} = 2/3$  angenommen werden. Dieser Wert basiert auf ingenieurmäßigen Betrachtungen und wird als konservativ angesehen.

## DIN EN 1992-4:2019-04 EN 1992-4:2018 (D)

### 7.3 Befestigungselemente für redundante nichttragende Systeme

(1) Tritt bei redundanten nichttragenden Systemen eine sehr große Verschiebung oder Versagen eines einzelnen Befestigungselementes auf, wird angenommen, dass die Last auf benachbarte Befestigungselemente übertragen werden kann, ohne die Anforderungen an das Anbauteil hinsichtlich des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit zu verletzen.

(2) Die Definition von redundanten nichttragenden Systemen ist in den nationalen Regelungen gegeben.

ANMERKUNG Einzelheiten zur Bemessung von Befestigungselementen für die Verwendung in redundanten nichttragenden Systemen können CEN/TR 17079, *Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton — Redundante nicht tragende Systeme* entnommen werden.

(3) Der Nachweis für Befestigungselemente von redundanten nichttragenden Systemen muss nach 7.1 und 7.2 durchgeführt werden. Anhang G darf angewendet werden.

### 7.4 Ankerschienen

#### 7.4.1 Zuglast

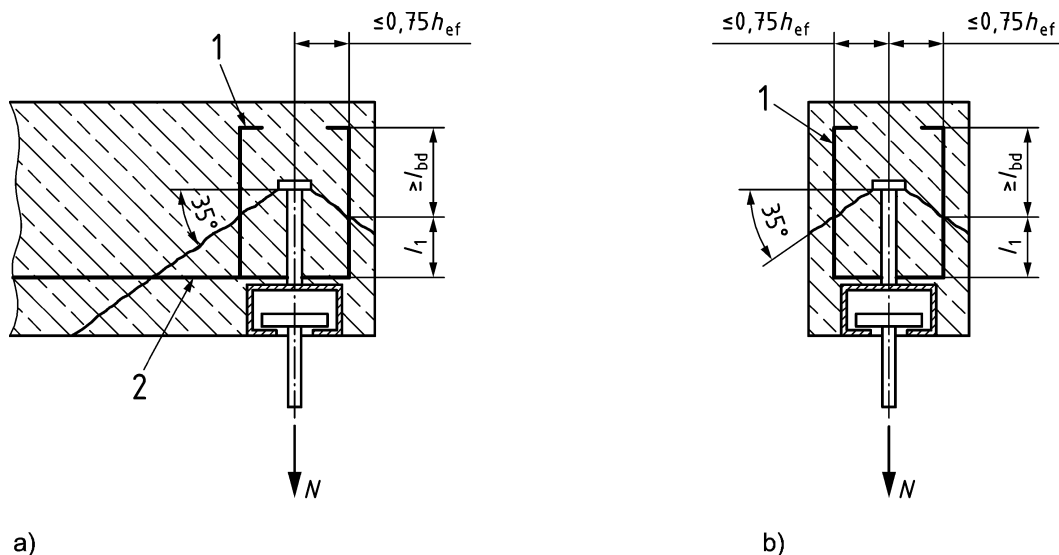
##### 7.4.1.1 Geforderte Nachweise

Es gelten die Nachweise aus Tabelle 7.4. Die aufgeführten Versagensarten sind in Tabelle 7.4 dargestellt.

##### 7.4.1.2 Konstruktionsregeln für Zusatzbewehrung

(1) Beruht die Bemessung auf der Zusatzbewehrung, ist es nicht erforderlich, Versagen durch kegelförmigen Betonausbruch nach Gleichung (7.60) nachzuweisen, aber die Zusatzbewehrung muss so bemessen werden, dass sie der gesamten Last widerstehen kann. Die Bewehrung muss auf beiden Seiten der möglichen Versagensebenen ausreichend verankert sein. Es gilt 7.2.1.2.

(2) Bei Ankerschienen, die parallel zum Rand eines Betonbauteils oder in einem schmalen Betonbauteil liegen, muss die Ebene der Zusatzbewehrung senkrecht zur Längsachse der Schiene liegen (siehe Bild 7.17).



#### Legende

- 1 Zusatzbewehrung
- 2 Oberflächenbewehrung

Bild 7.17 — Anordnung von Zusatzbewehrung

### 7.4.1.3 Stahlbruch

(1) Die charakteristischen Widerstände  $N_{Rk,s,a}$  (Versagen des Ankers),  $N_{Rk,s,c}$  (Versagen der Verbindung zwischen Anker und Schiene),  $N_{Rk,s,l}^0$  (Grundwert für lokales Versagen durch Biegung der Schienenlippe),  $N_{Rk,s}$  (Versagen der Spezialschraube) und  $M_{Rk,s,flex}$  (Versagen durch Biegung der Ankerschiene) sind in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben.

(2) Der charakteristische Widerstand  $N_{Rk,s,l}$  gegen Versagen der Schienenlippe ist

$$N_{Rk,s,l} = N_{Rk,s,l}^0 \cdot \psi_{l,N} \quad (7.58)$$

mit

$$\psi_{l,N} = 0,5 \left( 1 + \frac{s_{cbo}}{s_{l,N}} \right) \leq 1 \quad (7.59)$$

Dabei ist

$s_{cbo}$  der Achsabstand der Spezialschrauben;

$s_{l,N}$  der charakteristische Achsabstand für Versagen der Schienenlippe unter Zuglast, entnommen aus der Europäischen Technischen Produktspezifikation.

Als Anhaltswert darf  $s_{l,N} = 2b_{ch}$  verwendet werden.

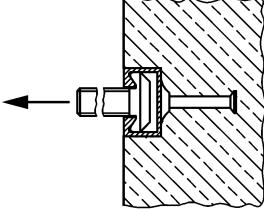
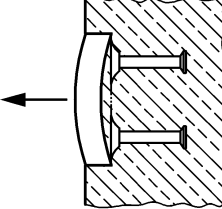
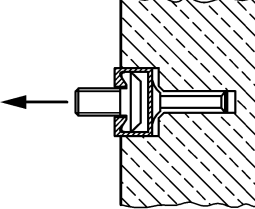
### 7.4.1.4 Versagen durch Herausziehen

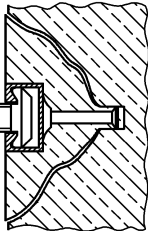
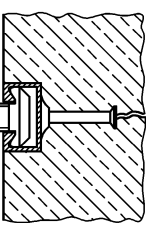
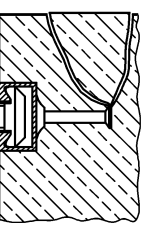
Der charakteristische Widerstand  $N_{Rk,p}$  gegen Versagen durch Herausziehen des Ankers ist in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben.

Der charakteristische Widerstand  $N_{Rk,p}$  sollte durch die Betonpressung unter dem Kopf des Ankers nach 7.2.1.5 begrenzt werden.

Tabelle 7.4 — Erforderliche Nachweise für Ankerschienen bei Zuglast

	Versagensart	Schiene	Der (die) ungünstigste Anker oder Spezialschraube	
1	Anker		$N_{Ed}^a \leq N_{Rd,s,a} = N_{Rk,s,a} / \gamma_{Ms}$	
2	Stahlbruch Verbindung zwischen Anker und Schiene		$N_{Ed}^a \leq N_{Rd,s,c} = N_{Rk,s,c} / \gamma_{Ms,ca}$	
3	Lokales Aufbiegen der Schienenlippe <sup>a</sup>	$N_{Ed}^{cb} \leq N_{Rd,s,l} = N_{Rk,s,l} / \gamma_{Ms,l}$		

	Versagensart	Schiene	Der (die) ungünstigste Anker oder Spezialschraube	
4	Spezialschraube		$N_{Ed}^{cb} \leq N_{Rd,s} = N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	
5	Biegung der Schiene	$M_{Ed}^{ch} \leq M_{Rd,s,flex} = M_{Rk,s,flex} / \gamma_{Ms,flex}$		
6	Versagen durch Herausziehen		$N_{Ed}^a \leq N_{Rd,p} = N_{Rk,p} / \gamma_{Mp}$	

	Versagensart	Schiene	Der (die) ungünstigste Anker oder Spezialschraube	
7	Kegelförmiger Betonausbruch <sup>b</sup>		$N_{Ed}^a \leq N_{Rd,c} = N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$	
8	Betonspalten <sup>b</sup>		$N_{Ed}^a \leq N_{Rd,sp} = N_{Rk,sp} / \gamma_{Msp}$	
9	Lokaler Betonausbruch <sup>b, c</sup>		$N_{Ed}^a \leq N_{Rd,cb} = N_{Rk,cb} / \gamma_{Mc}$	
10	Stahlbruch der Zusatzbewehrung		$N_{Ed,re}^a \leq N_{Rd,re} = N_{Rk,re} / \gamma_{Ms,re}$	
11	Verankerungsbruch der Zusatzbewehrung		$N_{Ed,re}^a \leq N_{Rd,a}$	
	<sup>a</sup> Höchstbeanspruchte(r) Anker oder Spezialschraube. <sup>b</sup> Bei der Bestimmung des ungünstigsten Ankers muss die auf den Anker einwirkende Last zusammen mit den Rand- und Achsabständen berücksichtigt werden. <sup>c</sup> Nicht gefordert bei Ankern mit $c > 0,5 h_{ef}$			



**7.4.1.5 Kegelförmiger Betonausbruch**

(1) Für Ankerschienen mit  $h_{ch}/h_{ef} \leq 0,4$  und  $b_{ch}/h_{ef} \leq 0,7$  wird die wirksame Verankerungstiefe nach Bild 3.2 a) bestimmt. Für den Fall, dass  $h_{ch}/h_{ef} > 0,4$  und/oder  $b_{ch}/h_{ef} > 0,7$  ist, darf der Widerstand gegen kegelförmigen Betonausbruch unter Anwendung einer der folgenden Optionen berechnet werden:

- a) Die wirksame Verankerungstiefe wird nach Bild 3.2 b) bestimmt,  $h_{ef} = h_{ef}^*$ ; oder
- b) die wirksame Verankerungstiefe  $h_{ef}$  wird nach Bild 3.2 a) bestimmt, wobei der Wert für  $s_{cr,N}$  aus der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation entnommen werden muss. Der Wert für  $s_{cr,N}$ , der für die Bemessung verwendet wird, darf nicht kleiner sein als der für die Ankerschienen mit  $h_{ch}/h_{ef} \leq 0,4$  und  $b_{ch}/h_{ef} \leq 0,7$  nach Gleichung (7.62).

(2) Der charakteristische Widerstand eines Ankers einer Ankerschiene bei Versagensfall kegelförmiger Betonausbruch muss nach Gleichung (7.60) berechnet werden.

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \psi_{ch,s,N} \cdot \psi_{ch,e,N} \cdot \psi_{ch,c,N} \cdot \psi_{re,N} \quad (7.60)$$

Die verschiedenen Faktoren der Gleichung (7.60) sind nachfolgend angegeben.

(3) Für die Bestimmung des Grundwertes des charakteristischen Widerstandes  $N_{Rk,c}^0$  eines Ankers, der nicht durch benachbarte Anker, Ränder oder Ecken des Betonbauteils beeinflusst ist und sich in gerissenem oder ungerissenem Beton befindet, gilt Gleichung (7.2).

ANMERKUNG Die Ankerschiene kann einen nachteiligen Einfluss auf den Widerstand gegen kegelförmigen Betonausbruch haben. Das ist in den Werten  $k_{cr,N}$  und  $k_{ucr,N}$ , die in der Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben sind, berücksichtigt. Üblicherweise sind diese Werte kleiner als für Kopfbolzen.

(4) Der Einfluss von benachbarten Ankern auf den Widerstand gegen kegelförmigen Betonausbruch wird durch den Faktor  $\psi_{ch,s,N}$  nach Gleichung (7.61) berücksichtigt.

$$\psi_{ch,s,N} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^{n_{ch,N}} \left[ \left(1 - \frac{s_i}{s_{cr,N}}\right)^{1,5} \cdot \frac{N_i}{N_0} \right]} \quad (7.61)$$

Dabei ist (siehe Bild 7.18)

$s_i$  der Abstand zwischen dem betrachteten Anker und den benachbarten Ankern

$$\leq s_{cr,N}$$

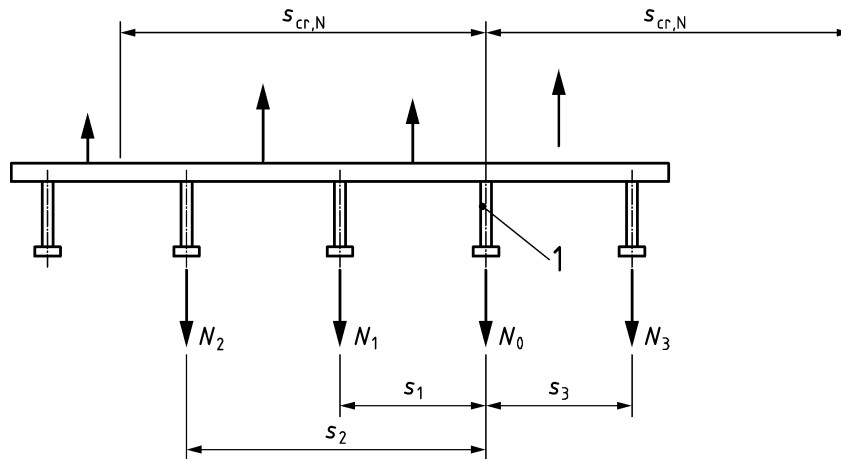
$$s_{cr,N} = 2 \cdot (2,8 - 1,3 \cdot h_{ef}/180) \cdot h_{ef} \geq 3 \cdot h_{ef} \quad (7.62)$$

$N_i$  die Zugkraft eines beeinflussenden Ankers

$N_0$  die Zugkraft des betrachteten Ankers

$n_{ch,N}$  die Anzahl der Anker innerhalb eines Abstandes  $s_{cr,N}$  zu beiden Seiten des betrachteten Ankers

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**



**Legende**

1 betrachteter Anker

**Bild 7.18 — Ankerschiene mit unterschiedlichen Zugkräften an den Ankern – Beispiel**

(5) Der Einfluss eines Randes des Betonbauteils auf den charakteristischen Widerstand wird durch den Faktor  $\psi_{ch,e,N}$  nach Gleichung (7.63) berücksichtigt.

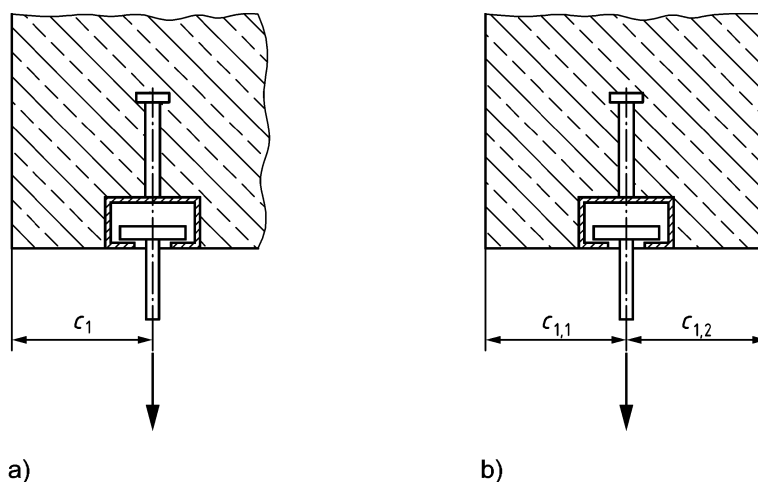
$$\psi_{ch,e,N} = \left( \frac{c_1}{c_{cr,N}} \right)^{0,5} \leq 1 \quad (7.63)$$

Dabei ist

$c_1$  der Randabstand der Ankerschiene (siehe Bild 7.19a));

$$c_{cr,N} = 0,5s_{cr,N} \quad (7.63 a)$$

Mit Ankerschienen, die in einem schmalen Betonbauteil mit unterschiedlichen Randabständen  $c_{1,1}$  und  $c_{1,2}$  (siehe Bilder 7.19 b) und 7.20 d)) liegen, muss der minimale Wert von  $c_{1,1}$  und  $c_{1,2}$  für  $c_1$  in Gleichung (7.63) eingesetzt werden.



**Bild 7.19 — Ankerschiene an einem Rand oder in einem schmalen Bauteil**

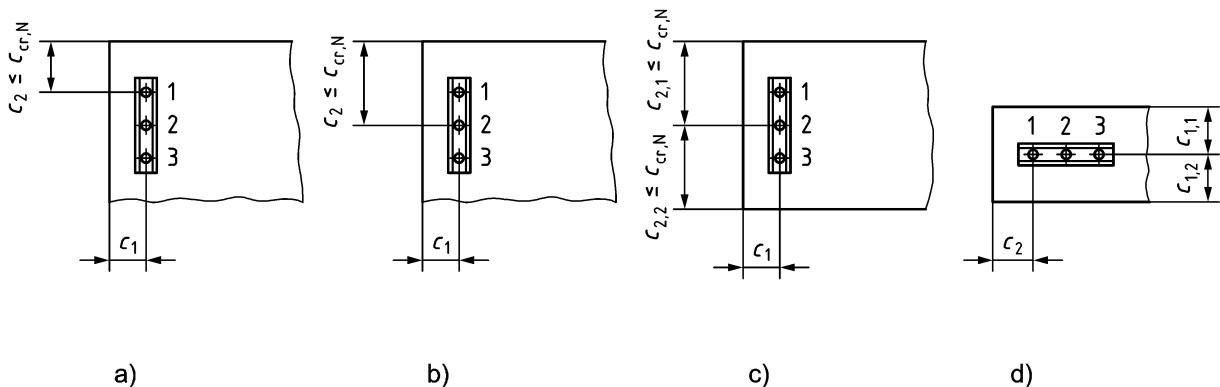
(6) Der Einfluss einer Ecke des Betonbauteils (siehe Bild 7.20) auf den charakteristischen Widerstand wird durch den Faktor  $\psi_{ch,c,N}$  nach Gleichung (7.64) berücksichtigt.

$$\psi_{ch,c,N} = \left( \frac{c_2}{c_{cr,N}} \right)^{0,5} \leq 1 \quad (7.64)$$

Dabei ist

$c_2$  der Eckabstand des betrachteten Ankers (siehe Bild 7.20).

Wird ein Anker durch zwei Ecken beeinflusst (siehe Bild 7.20 c)), muss der Faktor  $\psi_{ch,c,N}$  für  $c_{2,1}$  und  $c_{2,2}$  berechnet und das Produkt dieser Faktoren  $\psi_{ch,c,N}$  muss in die Gleichung (7.60) eingesetzt werden.



### Legende

- Berechnung des Widerstandes von Anker 1
- Berechnung des Widerstandes von Anker 2
- Berechnung des Widerstandes von Anker 2
- Berechnung des Widerstandes von Anker 1

### Bild 7.20 — Definition des Eckabstands einer Ankerschiene in der Ecke eines Betonbauteils

(7) Der Schalenabplatzfaktor  $\psi_{re,N}$  berücksichtigt die Auswirkung einer dichten Bewehrung bei einer Verankerungstiefe  $h_{ef} \leq 100$  mm. Es gilt 7.2.1.4 (5).

(8) Für den Fall von Ankerschienen mit  $h_{ef} > 180$  mm in einem schmalen Bauteil, die durch benachbarte Anker sowie eine Bauteilkante und 2 Ecken (siehe Bilder 7.20c) und 7.20d)), mit einem Randabstand von weniger als  $c_{cr,N}$  zum betrachteten Anker, beeinflusst werden, führt die Berechnung nach Gleichung (7.60) zu konservativen Ergebnissen. Genauere Ergebnisse werden erzielt, wenn der Wert  $h_{ef}$  durch den größeren der folgenden Werte ersetzt wird:

$$h'_{ef} = \frac{c_{max}}{c_{cr,N}} \cdot h_{ef} \geq 180 \text{ mm} \quad \text{und} \quad h'_{ef} = \frac{s_{max}}{s_{cr,N}} \cdot h_{ef} \geq 180 \text{ mm} \quad (7.65)$$

Dabei ist

$c_{max}$  der maximale Abstand von der Ankerachse zum Rand des Betonbauteils  $\leq c_{cr,N}$ . Bei dem in Bild (7.20c)) angegebenen Beispiel ist  $c_{max}$  der maximale Wert von  $c_1$ ,  $c_{2,1}$  und  $c_{2,2}$ ;

$s_{max}$  der maximale Achsabstand der Anker  $\leq s_{cr,N}$ .

Der Wert  $h'_{ef}$  wird in die Gleichungen (7.2) sowie in die Gleichung (7.62) eingesetzt. Der resultierende Wert für  $s_{cr,N}$  wird dann in Gleichung (7.63a) eingesetzt.

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

**7.4.1.6 Betonspalten**

(1) Das Betonspalten während der Montage (z. B. beim Aufbringen des Montagedrehmomentes auf eine Spezialschraube) wird durch Einhalten der minimalen Werte für Randabstände  $c_{\min}$ , Achsabstände  $s_{\min}$  und Bauteildicke  $h_{\min}$  und durch Erfüllen der Anforderungen an die Bewehrung, wie in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben, verhindert.

(2) Betonspalten durch Beanspruchung muss entsprechend den folgenden Regeln berücksichtigt werden.

- a) Der charakteristische Randabstand für den Fall von Spalten unter Last  $c_{cr,sp}$  ist in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben. Der charakteristische Achsabstand ist als  $s_{cr,sp} = 2 c_{cr,sp}$  definiert.
- b) Wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind, ist kein Nachweis erforderlich:
  - 1) Der Randabstand ist in allen Richtungen  $c \geq 1,2 c_{cr,sp}$  und die Bauteiltiefe ist  $h \geq h_{\min}$  mit  $h_{\min}$  entsprechend dem zugehörigen  $c_{cr,sp}$ .
  - 2) Der charakteristische Widerstand gegen kegelförmigen Betonausbruch und gegen Versagen durch Herausziehen wird für gerissenen Beton berechnet; die Bewehrung nimmt die Spaltkräfte auf und begrenzt den Riss auf  $w_k \leq 0,3$  mm.

Wenn keine besseren Angaben verfügbar sind, kann der Querschnitt der Bewehrung  $\sum A_{s,re}$  zur Aufnahme der Spaltkräfte wie folgt bestimmt werden:

$$\sum A_{s,re} = 0,5 \cdot \frac{N_{Ed}^a}{f_{yk,re}/\gamma_{Ms,re}} \quad (7.66)$$

Dabei ist

$N_{Ed}^a$  der Bemessungswert der Zugkraft des am höchsten beanspruchten Ankers unter Einwirkung der Bemessungslast;

$f_{yk,re}$  die Nennstreckgrenze des Bewehrungsstahls  $\leq 600$  N/mm<sup>2</sup>.

Es wird empfohlen, die Bewehrung symmetrisch und nahe an jedem Anker der Schiene anzuordnen.

- c) Werden die Bedingungen b) 1) und b) 2) nicht erfüllt, muss der charakteristische Widerstand der Ankerschiene im Fall von Betonspalten nach Gleichung (7.67) berechnet werden.

$$N_{Rk,sp} = N_{Rk}^0 \cdot \psi_{ch,s,N} \cdot \psi_{ch,c,N} \cdot \psi_{ch,e,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{h,sp} \quad (7.67)$$

Dabei ist

$$N_{Rk}^0 = \min\{N_{Rk,p}; N_{Rk,c}^0\}$$

$N_{Rk,p}$  nach 7.4.1.4

$N_{Rk,c}^0, \psi_{ch,s,N}, \psi_{ch,c,N}, \psi_{ch,e,N}, \psi_{re,N}$  nach 7.4.1.5, jedoch müssen die Werte  $c_{cr,N}$  und  $s_{cr,N}$  durch die jeweils der minimalen Bauteildicke  $h_{\min}$  entsprechenden Werte  $c_{cr,sp}$  und  $s_{cr,sp}$  ersetzt werden.

$$\psi_{h,sp} = \left(\frac{h}{h_{\min}}\right)^{2/3} \leq \max\left\{1; \left(\frac{h_{ef} + c_{cr,N}}{h_{\min}}\right)^{2/3}\right\} \leq 2 \quad (7.68)$$

- d) Ist  $c_{cr,sp}$  in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation für mehr als eine minimale Bauteildicke  $h_{\min}$  angegeben, muss die minimale Bauteildicke entsprechend  $c_{cr,sp}$ , wie in Gleichung (7.67) verwendet, in Gleichung (7.68) eingesetzt werden.

### 7.4.1.7 Lokaler Betonausbruch

(1) Ein Nachweis des Versagens durch lokalen Betonausbruch ist bei Ankern nicht gefordert, wenn der Randabstand  $c \geq 0,5h_{ef}$  beträgt. Wenn ein Nachweis erforderlich ist, beträgt der charakteristische Widerstand eines Ankers gegen lokalen Betonausbruch:

$$N_{Rk,cb} = N_{Rk,cb}^0 \cdot \psi_{ch,s,Nb} \cdot \psi_{ch,c,Nb} \cdot \psi_{ch,h,Nb} \quad (7.69)$$

Die verschiedenen Faktoren in Gleichung (7.69) sind nachfolgend angegeben.

Bei senkrecht zum Rand angeordneten Ankerschienen ist ein Nachweis nur für den Anker erforderlich, der dem Rand am nächsten ist.

(2) Der charakteristische Widerstand eines einzelnen Ankers  $N_{Rk,cb}^0$  wird nach 7.2.1.8 (2) berechnet.

(3) Der Einfluss benachbarter Anker auf den Widerstand gegen lokalen Betonausbruch wird durch den Faktor  $\psi_{ch,s,Nb}$  berücksichtigt, der analog zu Gleichung (7.61), jedoch mit  $s_{cr,Nb} = 4c_1$  anstelle von  $s_{cr,N}$  berechnet werden darf.

(4) Der Einfluss einer Ecke des Betonbauteils auf den charakteristischen Widerstand wird durch den Faktor  $\psi_{ch,c,Nb}$  nach Gleichung (7.70) berücksichtigt:

$$\psi_{ch,c,Nb} = \left( \frac{c_2}{c_{cr,Nb}} \right)^{0,5} \leq 1 \quad (7.70)$$

Dabei ist

$c_2$  der Eckabstand des Ankers, für den der Widerstand berechnet wird (siehe Bild 7.20);

$$c_{cr,Nb} = s_{cr,Nb}/2.$$

Wird ein Anker durch zwei Bauteilecken beeinflusst – Beispiel siehe Bild 7.20 c) – dann muss der Faktor  $\psi_{ch,c,Nb}$  für die Werte  $c_{2,1}$  und  $c_{2,2}$  berechnet und das Produkt dieser Faktoren in Gleichung (7.69) eingesetzt werden.

(5) Die Auswirkung der Höhe des Betonbauteils im Falle eines Abstandes  $f \leq 2c_1$ , mit  $f$  definiert in Bild 7.21, wird durch den Faktor  $\psi_{ch,h,Nb}$  nach Gleichung (7.71) berücksichtigt.

$$\psi_{ch,h,Nb} = \frac{h_{ef} + f}{4c_1} \leq \frac{2c_1 + f}{4c_1} \leq 1 \quad (7.71)$$

Dabei ist

$f$  der Abstand zwischen dem Kopf des Ankers und der Unterseite des Betonbauteils (siehe Bild 7.21).

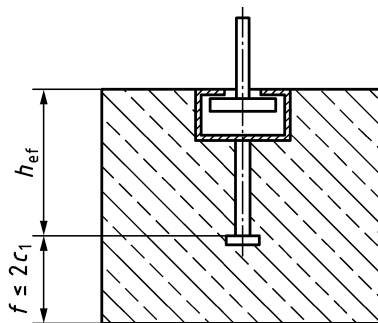


Bild 7.21 — Ankerschiene am Rand eines dünnen Betonbauteils

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

**7.4.1.8 Versagen der Zusatzbewehrung**

**7.4.1.8.1 Stahlbruch**

Im Fall von Stahlbruch der Zusatzbewehrung gelten die entsprechenden Festlegungen von 7.2.1.9.1.

**7.4.1.8.2 Verbundversagen**

Im Fall von Verbundversagen der Zusatzbewehrung im Betonkonus gelten die entsprechenden Festlegungen von 7.2.1.9.2.

**7.4.2 Querlast**

**7.4.2.1 Geforderte Nachweise**

Es gelten die Nachweise von Tabelle 7.5. Die aufgeführten Versagensarten sind in dieser Tabelle dargestellt.

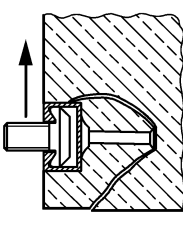
**7.4.2.2 Konstruktionsregeln für Zusatzbewehrung**

Eine Zusatzbewehrung, die Querlast aufnimmt, muss ausschließlich Oberflächenbewehrung (siehe Bild 7.10 a)) umfassen und es gelten die entsprechenden Festlegungen von 7.2.2.2.

Tabelle 7.5 — Erforderliche Nachweise für Ankerschienen bei Zuglast

	Versagensart	Schiene	Der (die) ungünstigste Anker oder Spezialschraube	
1		Spezialschraube <sup>a</sup>	$V_{Ed}^{cb} \leq V_{Rd,s} = V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	
2		Anker	$V_{Ed}^a \leq V_{Rd,s,a} = V_{Rk,s,a} / \gamma_{Ms}$	
3	Stahlbruch Querlast ohne Hebelarm	Verbindung zwischen Anker und Schiene	$V_{Ed}^a \leq V_{Rd,s,c} = V_{Rk,s,c} / \gamma_{Ms,ca}$	
4		Lokales Aufbiegen der Schienenlippe <sup>a</sup>	$V_{Ed}^{cb} \leq V_{Rd,s,l} = \frac{V_{Rk,s,l}}{\gamma_{Ms,l}}$	

DIN EN 1992-4:2019-04  
EN 1992-4:2018 (D)

Versagensart		Schiene	Der (die) ungünstigste Anker oder Spezialschraube	
5	Querlast mit Hebelarm		$V_{Ed}^{cb} \leq V_{Rd,s,M} = V_{Rk,s,M} / \gamma_{Ms}$	
		Spezialschraube		
6	Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite <sup>b</sup>		$V_{Ed}^a \leq V_{Rd,cp} = V_{Rk,cp} / \gamma_{Mc}$	
7	Betonkantenbruch <sup>b</sup>		$V_{Ed}^a \leq V_{Rd,c} = V_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$	
8	Stahlversagen der Zusatzbewehrung <sup>c</sup>		$N_{Ed,re}^a \leq N_{Rd,re} = N_{Rk,re} / \gamma_{Ms,re}$	
9	Verankerungsbruch Zusatzbewehrung <sup>c</sup>		$N_{Ed,re}^a \leq N_{Rd,a}$	

<sup>a</sup> Nachweis für die höchstbeanspruchte Spezialschraube.

<sup>b</sup> Bei der Bestimmung des ungünstigsten Ankers muss die auf den Anker einwirkende Last zusammen mit den Rand- und Achsabständen berücksichtigt werden.

<sup>c</sup> Die Zugkraft, die auf die Bewehrung einwirkt, muss aus  $V_{Ed}$  nach Gleichung (6.6) für den höchstbeanspruchten Anker berechnet werden.



### 7.4.2.3 Stahlbruch

#### 7.4.2.3.1 Querkraft ohne Hebelarm

(1) Die charakteristischen Widerstände  $V_{Rk,s}$  (Versagen der Spezi­alschraube),  $V_{Rk,s,a}$  (Versagen des Ankers),  $V_{Rk,s,c}$  (Versagen der Verbindung Anker/Schiene) und  $V_{Rk,s,l}^0$  (Grundwert für das Versagen infolge lokaler Biegung der Schienenlippe) sind in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben.

(2) Der charakteristische Widerstand  $V_{Rk,s,l}$  für Versagen der Schienenlippe beträgt

$$V_{Rk,s,l} = V_{Rk,s,l}^0 \cdot \psi_{l,v} \quad (7.72)$$

mit

$$\psi_{l,v} = 0,5 \left( 1 + \frac{s_{cbo}}{s_{l,v}} \right) \leq 1 \quad (7.73)$$

Dabei ist

$s_{cbo}$  der Achsabstand der Spezi­alschrauben;

$s_{l,v}$  der charakteristische Achsabstand für Versagen der Schienenlippe unter Querlast, entnommen der Europäischen Technischen Produktspezifikation.

Als Anhaltswert darf  $s_{l,v} = 2 b_{ch}$  verwendet werden.

#### 7.4.2.3.2 Querkraft mit Hebelarm

Der charakteristische Widerstand einer Spezi­alschraube im Fall von Stahlbruch  $V_{Rk,s,M}$  muss nach Gleichung (7.74) berechnet werden.

$$V_{Rk,s,M} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l_a} \quad (7.74)$$

Dabei ist

$\alpha_M$  nach 6.2.2.3 bestimmt

$$M_{Rk,s} = M_{Rk,s}^0 \cdot (1 - N_{Ed}/N_{Rd,s}) \quad (7.75)$$

$$N_{Rd,s} = N_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$$

$M_{Rk,s}^0$  der charakteristische Widerstand gegen Biegung der Spezi­alschraube, in der entsprechenden Europäische Technischen Produktspezifikation angegeben

ANMERKUNG Der Einfluss der Querlast mit Hebelarm auf das Versagen der Schienenlippe wird in der Vorqualifikation der Ankerschiene behandelt.

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

**7.4.2.4 Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite**

Der charakteristische Widerstand gegen Versagen durch Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite des ungünstigsten Ankers muss nach Gleichung (7.76) berechnet werden:

— Für Befestigungen ohne Zusatzbewehrung

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot N_{Rk,c} \quad (7.76a)$$

Dabei ist

$k_8$  der der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation zu entnehmende Faktor;

$N_{Rk,c}$  nach 7.4.1.5 für die querbelasteten Anker zu bestimmen.

— Für Befestigungen mit Zusatzbewehrung

$$V_{Rk,cp} = 0,75 \cdot k_8 \cdot N_{Rk,c} \quad (7.76b)$$

**7.4.2.5 Betonkantenbruch**

(1) Der charakteristische Widerstand eines Ankers, senkrecht zum Bauteilrand belastet, wird nach Gleichung (7.77) berechnet:

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \psi_{ch,s,V} \cdot \psi_{ch,c,V} \cdot \psi_{ch,h,V} \cdot \psi_{ch,90^\circ,V} \cdot \psi_{re,V} \quad (7.77)$$

Die verschiedenen Faktoren von Gleichung (7.77) sind nachfolgend angegeben.

(2) Der Grundwert des charakteristischen Widerstands einer Ankerschiene mit einem Anker unter senkrecht zum Bauteilrand einwirkender Last, unbeeinflusst von benachbarten Ankern, der Bauteildicke oder Eckeneinfluss, beträgt:

$$V_{Rk,c}^0 = k_{12} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot c_1^{4/3} \quad (7.78)$$

mit

$$\begin{aligned} k_{12} &= k_{cr,V} \text{ für gerissenem Beton;} \\ &= k_{ucr,V} \text{ für ungerissenen Beton.} \end{aligned}$$

$k_{cr,V}$  und  $k_{ucr,V}$  sind in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben.

ANMERKUNG Ein Anhaltswert für  $k_{cr,V} = 4,5$  oder  $k_{ucr,V} = 6,3$  kann verwendet werden, wenn  $h_{ch}/h_{ef} \leq 0,4$  und  $b_{ch}/h_{ef} \leq 0,7$  betragen.

(3) Der Einfluss benachbarter Anker auf den Widerstand gegen Betonkantenbruch wird über den Faktor  $\psi_{ch,s,V}$  nach Gleichung (7.79) berücksichtigt:

$$\psi_{ch,s,V} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^{n_{ch,V}} \left[ \left(1 - \frac{s_i}{s_{cr,V}}\right)^{1,5} \cdot \frac{V_i}{V_0} \right]} \leq 1 \quad (7.79)$$

Dabei ist (siehe Bild 7.22)

$s_i$  der Abstand zwischen dem betrachteten Anker und den benachbarten Anker  $\leq s_{cr,V}$

$$s_{cr,V} = 4 \cdot c_1 + 2b_{ch}, \text{ wenn die Bedingungen } h_{ch}/h_{ef} \leq 0,4 \text{ und } b_{ch}/h_{ef} \leq 0,7 \text{ erfüllt sind} \quad (7.80)$$

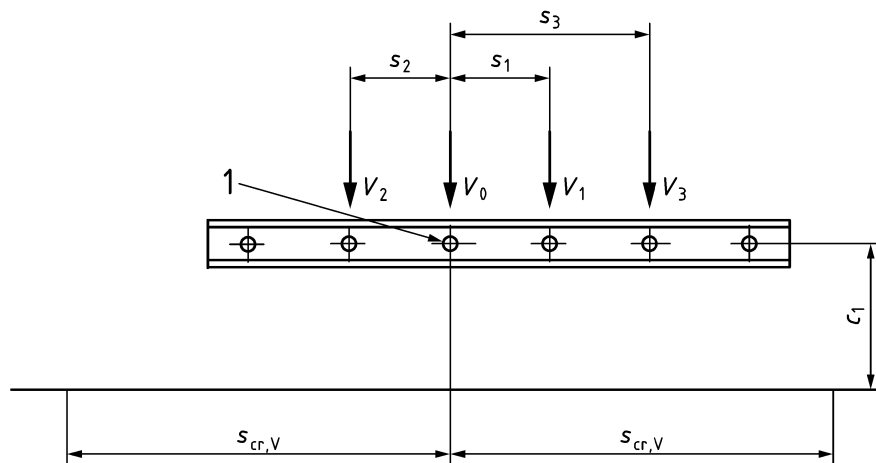
$s_{cr,V}$  aus der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation zu entnehmen, wenn  $h_{ch}/h_{ef} > 0,4$  und/oder  $b_{ch}/h_{ef} > 0,7 \cdot s_{cr,V}$  bei der Bemessung verwendet wurden, und darf nicht kleiner sein als der Wert nach Gleichung (7.80);

$V_i$  die Querkraft eines beeinflussenden Ankers;

$V_0$  die Querkraft des betrachteten Ankers;

$n_{ch,V}$  die Anzahl der Anker innerhalb des Abstandes von  $s_{cr,V}$  zu beiden Seiten des betrachteten Ankers.

In Gleichung (7.79) wird angenommen, dass alle Querkräfte, die auf die Anker einwirken, auf den Rand gerichtet sind. Querkräfte auf Anker, die vom Rand weg wirken, dürfen vernachlässigt werden.



### Legende

1 betrachteter Anker

### Bild 7.22 — Ankerschiene mit unterschiedlichen auf die Anker einwirkenden Querkraften – Beispiel

(4) Der Einfluss einer Ecke auf den charakteristischen Widerstand bei Betonkantenbruch wird durch den Faktor  $\psi_{ch,c,V}$  berücksichtigt.

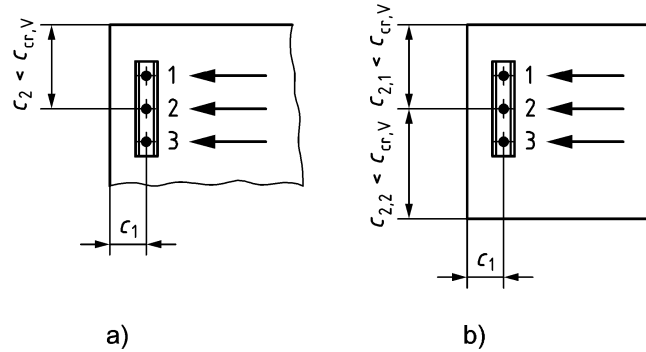
$$\psi_{ch,c,V} = \left( \frac{c_2}{c_{cr,V}} \right)^{0,5} \leq 1 \quad (7.81)$$

Dabei ist

$$c_{cr,V} = 0,5 s_{cr,V} \quad (7.82)$$

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

Wird ein Anker durch zwei Ecken beeinflusst (siehe Bild 7.23b)), muss der Faktor  $\psi_{ch,c,V}$  nach Gleichung (7.81) für jede Ecke berechnet werden und das Produkt muss in Gleichung (7.77) eingesetzt werden.



**Bild 7.23 — Ankerschiene mit Anker, die durch a) eine oder b) zwei Ecken beeinflusst wird; Anker 2 wird betrachtet - Beispiel**

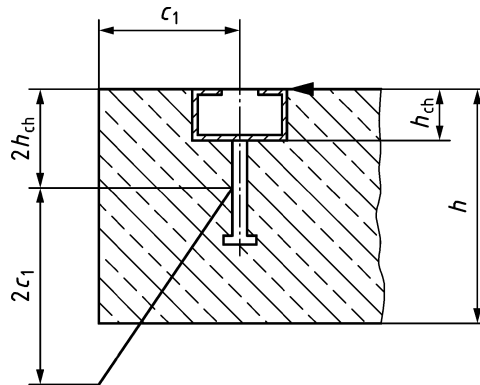
(5) Der Einfluss einer Bauteildicke  $h < h_{cr,V}$  wird durch den Faktor  $\psi_{ch,h,V}$  berücksichtigt.

$$\psi_{ch,h,V} = \left( \frac{h}{h_{cr,V}} \right)^{0,5} \leq 1 \quad (7.83)$$

Dabei ist

$$h_{cr,V} = 2c_1 + 2h_{ch} \text{ (siehe Bild 7.24), wenn } h_{ch}/h_{ef} \leq 0,4 \text{ und } b_{ch}/h_{ef} \leq 0,7 \text{ erfüllt ist} \quad (7.84)$$

$h_{cr,V}$  der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation zu entnehmen, wenn  $h_{ch}/h_{ef} > 0,4$  und/oder  $b_{ch}/h_{ef} > 0,7$ . Der Wert  $h_{cr,V}$ , der für die Bemessung verwendet wird, darf nicht kleiner sein als der Wert nach Gleichung (7.84).



**Bild 7.24 — Ankerschiene unter Bauteildickeneinfluss - Beispiel**

(6) Der Faktor  $\psi_{ch,90^\circ,V}$  berücksichtigt den Einfluss von Querlasten, die parallel zum Bauteilrand wirken (siehe Bild 7.25).

$$\psi_{ch,90^\circ,V} = 2,5 \quad (7.85)$$

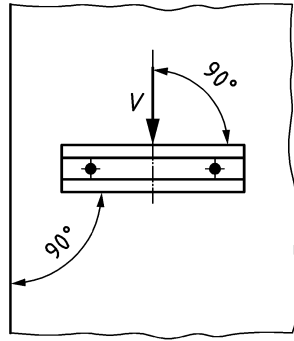


Bild 7.25 — Ankerschiene unter Beanspruchung parallel zum Bauteilrand

(7) Der Faktor  $\psi_{re,V}$ , der die Art der Randbewehrung berücksichtigt, wird nach 7.2.2.5 berechnet. Bei Vorhandensein einer Randbewehrung bei Anwendungen in gerissenem Beton ist ein Faktor  $\psi_{re,V} > 1$  nur dann zu verwenden, wenn die Höhe der Schiene  $h_{ch} \leq 40$  mm beträgt (siehe Bild 6.8b)).

(8) Für eine Ankerschiene in einem schmalen dünnen Bauteil (siehe Bild 7.26) mit  $c_{2,max} \leq c_{cr,V}$  ( $c_{cr,V}$  nach Gleichung (7.82)) und  $h < h_{cr,V}$  ( $h_{cr,V}$  nach Gleichung (7.84)) führt die Berechnung nach Gleichung (7.77) zu konservativen Ergebnissen. Genauere Ergebnisse werden erzielt, wenn der Randabstand  $c_1$  durch  $c'_1$  ersetzt wird:

$$c'_1 = \max\{(c_{2,max} - b_{ch})/2; (h - 2h_{ch})/2\} \quad (7.86)$$

mit

$$c_{2,max} = \max\{c_{2,1}; c_{2,2}\}, \text{ d. h. der größere der beiden Randabstände parallel zur Lastrichtung.}$$

Der Wert  $c'_1$  wird in die Gleichungen (7.78), (7.80) und (7.84) eingesetzt.

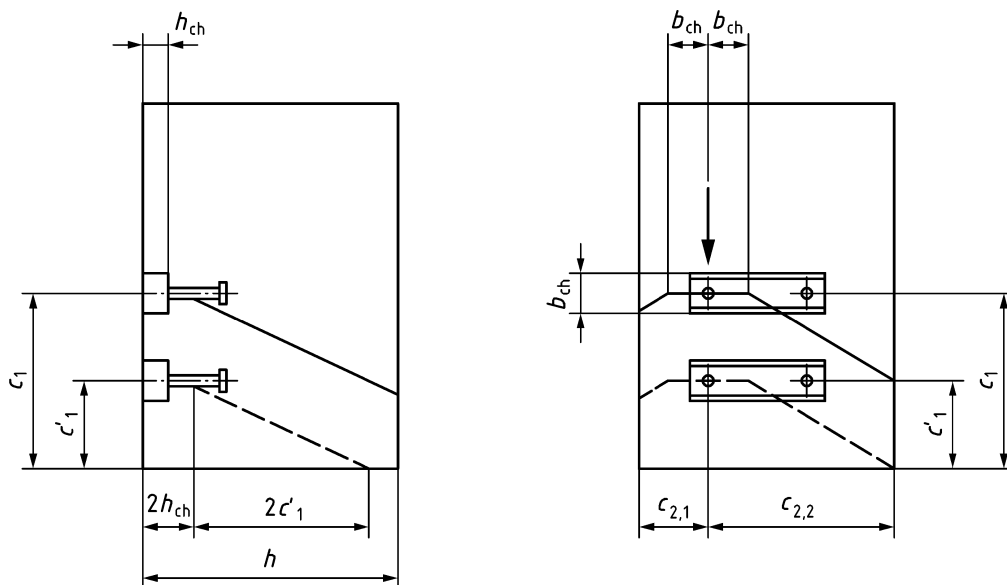


Bild 7.26 — Darstellung einer Ankerschiene unter Einfluss von zwei Ecken und der Bauteildicke  
( $c_{2,2}$  ist für die Bestimmung von  $c'_1$  maßgebend)

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

**7.4.2.6 Zusatzbewehrung**

**7.4.2.6.1 Stahlbruch**

Im Fall von Stahlbruch der Zusatzbewehrung gilt die entsprechende Festlegung von 7.2.2.6.2.

**7.4.2.6.2 Verbundversagen**

Im Fall von Verbundversagen der Zusatzbewehrung im Betonausbruchskörper gilt die entsprechende Festlegung von 7.2.2.6.3 (2).

**7.4.3 Kombinierte Zug- und Querlast**

**7.4.3.1 Ankerschienen ohne Zusatzbewehrung**

Die geforderten Nachweise sind in Tabelle 7.6 angegeben. Nachweise für Stahlbruch der Spezialschraube, andere Stahlversagensarten und andere Versagensarten als Stahlbruch werden getrennt geführt. Alle Nachweise müssen erfüllt sein.

**Tabelle 7.6 — Erforderliche Nachweise für Ankerschienen ohne Zusatzbewehrung, die kombinierter Zug- und Querbeanspruchung ausgesetzt sind**

Versagensart		Nachweis
1	Spezialschraube <sup>a</sup>	$\left( \frac{N_{Ed}^{cb}}{N_{Rd,s}} \right)^2 + \left( \frac{V_{Ed}^{cb}}{V_{Rd,s}} \right)^2 \leq 1 \quad (7.87)$ <p><math>N_{Rd,s}</math> und <math>V_{Rd,s}</math> der Spezialschraube müssen aus den charakteristischen Werten, die in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben sind, berechnet werden.</p>
2	Stahlbruch  Lokales Aufbiegen der Schienenlippe und Biegeversagen der Schiene	$\max \left( \frac{N_{Ed}^{cb}}{N_{Rd,s,l}}; \frac{M_{Ed}^{ch}}{M_{Rd,s,flex}} \right)^{k_{13}} + \left( \frac{V_{Ed}^{cb}}{V_{Rd,s,l}} \right)^{k_{13}} \leq 1 \quad (7.88)$ <p>mit  <math>k_{13} = 2,0</math>, wenn <math>V_{Rd,s,l} \leq N_{Rd,s,l}</math>  <math>=</math> der Europäischen Technischen Produktspezifikation zu entnehmen, wenn <math>V_{Rd,s,l} &gt; N_{Rd,s,l}</math>  <math>= 1,0</math> als Vereinfachung</p> <p><math>N_{Rd,s,l}</math>, <math>M_{Rd,s,flex}</math> und <math>V_{Rd,s,l}</math> müssen aus den charakteristischen Werten, die in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben sind, berechnet werden.</p>

Versagensart			Nachweis
3	Stahlbruch	Anker und Verbindung zwischen Anker und Schiene	$\max \left( \frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,s,a}}; \frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,s,c}} \right)^{k_{14}} + \left( \frac{V_{Ed}^a}{V_{Rd,s,a}} \right)^{k_{14}} \leq 1 \quad (7.89)^b$ <p>mit</p> $k_{14} = 2,0, \text{ wenn } V_{Rd,s,a} \leq \min(N_{Rd,s,a}, N_{Rd,s,c})$ <p>= der Europäischen Technischen Produktspezifikation zu entnehmen, wenn <math>V_{Rd,s,a} &gt; \min(N_{Rd,s,a}, N_{Rd,s,c})</math></p> $= 1,0 \text{ als Vereinfachung}$ <p><math>N_{Rd,s,a}</math>, <math>N_{Rd,s,c}</math> und <math>V_{Rd,s,a}</math> müssen aus den charakteristischen Werten, die in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben sind, berechnet werden.</p>
4	Andere Versagensarten als Stahlbruch		$\left( \frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd}} \right)^{1,5} + \left( \frac{V_{Ed}^a}{V_{Rd}} \right)^{1,5} \leq 1 \quad (7.90)$ <p>oder</p> $\left( \frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd}} \right) + \left( \frac{V_{Ed}^a}{V_{Rd}} \right) \leq 1,2 \quad (7.91)$ <p><math>N_{Ed}^a/N_{Rd,i} \leq 1</math> und <math>V_{Ed}^a/V_{Rd,i} \leq 1</math></p> <p>Für die unterschiedlichen Versagensarten muss der größte Wert von <math>N_{Ed}^a/N_{Rd,i}</math> und <math>V_{Ed}^a/V_{Rd,i}</math> eingesetzt werden.</p>
<p><sup>a</sup> Dieser Nachweis ist im Fall von Querlast mit Hebelarm nicht gefordert, da Gleichung (7.75) die Interaktion von Zug- und Querlasten bereits berücksichtigt.</p> <p><sup>b</sup> Gleichung (7.89) beruht auf der Annahme, dass die Quertragfähigkeit des Ankers und der Verbindung identisch sind.</p>			

#### 7.4.3.2 Ankerschienen mit Zusatzbewehrung

(1) Für Ankerschienen, bei denen die Zusatzbewehrung beide, Zug- und Querlasten, überträgt, gilt 7.4.3.1. Jedoch werden für den Nachweis nach Tabelle 7.6, Zeile 4, beide,  $N_{Ed}/N_{Rd,i}$  für die Versagensart Betonausbruch (Zuglast), und  $V_{Ed}/V_{Rd,i}$  für die Versagensart Betonkantenbruch (Querlast), durch die entsprechenden Werte für Versagen der Zusatzbewehrung ersetzt.

(2) Im Fall von Ankerschienen am Rand, bei denen die Zusatzbewehrung Zug- oder Querlasten überträgt, gilt 7.4.3.1. Jedoch muss Gleichung (7.92) anstelle von Gleichung (7.90) oder Gleichung (7.91) verwendet werden.

$$\left( \frac{N_{Ed}^a}{N_{Rd,i}} \right) + \left( \frac{V_{Ed}^a}{V_{Rd,i}} \right) \leq 1 \quad (7.92)$$

Im Fall von Befestigungen mit Zusatzbewehrung zur Aufnahme von ausschließlich Zuglasten stehen  $N_{Rd,i}$  und  $V_{Rd,i}$  für die jeweiligen Bemessungswerte der Widerstände  $N_{Rd,p}$ ,  $N_{Rd,sp}$ ,  $N_{Rd,cb}$ ,  $N_{Rd,re}$ ,  $N_{Rd,a}$  und  $V_{Rd,c}$ ,  $V_{Rd,cp}$ . Wird die Zusatzbewehrung verwendet, um ausschließlich Querlasten aufzunehmen, stehen  $N_{Rd,i}$  und  $V_{Rd,i}$  für die jeweiligen Bemessungswerte der Widerstände  $N_{Rd,p}$ ,  $N_{Rd,c}$ ,  $N_{Rd,sp}$ ,  $N_{Rd,cb}$  und  $V_{Rd,cp}$ ,  $N_{Rd,re}$ ,  $N_{Rd,a}$ .

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

## **8 Nachweis für den Grenzzustand der Tragfähigkeit bei Ermüdungsbeanspruchung**

### **8.1 Allgemeines**

(1) Diese Europäische Norm behandelt Anwendungen mit nachträglich montierten Befestigungselementen und Kopfbolzen unter schwellender Zug- oder Querbeanspruchung und wechselnder Querbeanspruchung sowie Kombinationen dieser Belastungsarten.

(2) Es werden nur Befestigungen mit Querlast ohne Hebelarm, wie in 6.2.2.3 (1) definiert, behandelt.

(3) Befestigungselemente, die nur für die Verwendung in redundanten nichttragenden Systemen qualifiziert sind (siehe 7.3), werden nicht behandelt.

(4) Ein Nachweis gegen Ermüdung muss geführt werden, wenn das Befestigungselement regelmäßig wiederholten Lastzyklen ausgesetzt ist (z. B. Befestigung von Kranen, Maschinenanlagen mit sich bewegenden Teilen, Führungsschienen von Aufzügen).

(5) Befestigungselemente für die Verwendung bei Ermüdungsbeanspruchung müssen durch eine Europäische Technische Produktspezifikation vorqualifiziert sein.

(6) Ringspalte sind nicht erlaubt und das Losdrehen der Mutter oder Schraube muss vermieden werden. Es muss eine ständige Vorspannkraft auf dem Befestigungselement über die gesamte Nutzungsdauer des Befestigungselementes vorhanden sein.

(7) Der Nachweis für den Widerstand gegen Ermüdungsversagen besteht aus dem Nachweis unter statischer Beanspruchung und Ermüdungsbeanspruchung. Unter statischer Beanspruchung muss das Befestigungselement unter Anwendung der in Abschnitt 7 aufgeführten Bemessungsverfahren bemessen werden. Die Nachweise unter Ermüdungsbeanspruchung sind in 8.3 gegeben.

### **8.2 Berechnung der auf das Befestigungselement einwirkenden Kräfte**

Es gelten die 6.1 und 6.2. Jedoch müssen die Einschränkungen, gegeben in 8.1, befolgt werden.

### **8.3 Widerstand**

#### **8.3.1 Zuglast**

Die geforderten Nachweise für Zuglast sind in der Tabelle 8.1 zusammengefasst.



Tabelle 8.1 — Erforderliche Nachweise — Zugbeanspruchung

	Versagensart	Einzelnes Befestigungselement	Gruppe von Befestigungselementen	
			am höchsten belastetes Befestigungselement	Gruppe
1	<b>Stahlbruch</b>	$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta N_{Ek} \leq \frac{\Delta N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms,N,fat}}$	$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta N_{Ek}^h \leq \frac{\psi_{F,N} \cdot \Delta N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms,N,fat}}$	
2	<b>Kegelförmiger Betonausbruch</b>	$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta N_{Ek} \leq \frac{\Delta N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc,fat}}$		$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta N_{Ek}^g \leq \frac{\Delta N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc,fat}}$
3	<b>Herausziehen<sup>a</sup></b>	$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta N_{Ek} \leq \frac{\Delta N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp,fat}}$	$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta N_{Ek}^h \leq \frac{\psi_{F,N} \cdot \Delta N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp,fat}}$	
4	<b>Betonspalten</b>	$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta N_{Ek} \leq \frac{\Delta N_{Rk,sp}}{\gamma_{Mc,fat}}$		$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta N_{Ek}^g \leq \frac{\Delta N_{Rk,sp}}{\gamma_{Mc,fat}}$
5	<b>Lokaler Betonausbruch</b>	$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta N_{Ek} \leq \frac{\Delta N_{Rk,cb}}{\gamma_{Mc,fat}}$		$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta N_{Ek}^g \leq \frac{\Delta N_{Rk,cb}}{\gamma_{Mc,fat}}$
<p><math>\gamma_{F,fat}</math>, <math>\gamma_{Mc,fat}</math>, <math>\gamma_{Mp,fat}</math> nach 4.4</p> <p><math>\gamma_{Ms,N,fat}</math> = <math>\gamma_{Ms,fat}</math> nach 4.4.2.3</p> <p><math>\psi_{F,N}</math> ist der Reduktionsfaktor, der auf den Widerstand gegen Zuglast zur Berücksichtigung ungleicher Verteilung der Zuglast, die über das Anbauteil auf die einzelnen Befestigungselemente einer Gruppe einwirkt, angewendet wird <math>\leq 1</math>, in der Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben</p> <p><math>\Delta N_{Ek}</math> = <math>N_{Ek,max} - N_{Ek,min}</math> Spitze-zu-Spitze-Amplitude der Ermüdungszugbeanspruchung</p> <p><math>\Delta N_{Rk,s}</math> ist der Widerstand gegen Ermüdung, Zuglast, Stahl, in der Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben</p> <p><math>\Delta N_{Rk,c}</math> = <math>0,5 \cdot N_{Rk,c}</math> ist der Widerstand gegen Ermüdung, Zuglast, kegelförmigen Betonausbruch für <math>2 \cdot 10^6</math> Lastzyklen</p> <p><math>\Delta N_{Rk,p}</math> ist der Widerstand gegen Ermüdung, Zuglast, Herausziehen, in der Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben</p> <p><math>\Delta N_{Rk,sp}</math> = <math>0,5 \cdot N_{Rk,sp}</math> ist der Widerstand gegen Ermüdung, Zuglast, Betonspalten für <math>2 \cdot 10^6</math> Lastzyklen</p> <p><math>\Delta N_{Rk,cb}</math> = <math>0,5 \cdot N_{Rk,cb}</math> ist der Widerstand gegen Ermüdung, Zuglast, lokaler Betonausbruch für <math>2 \cdot 10^6</math> Lastzyklen</p> <p><math>N_{Rk,c}</math>, <math>N_{Rk,sp}</math>, <math>N_{Rk,cb}</math> werden nach 7.2.1 berechnet</p>				
<p><sup>a</sup> Versagen durch Herausziehen betrifft nachträglich montierte mechanische Befestigungselemente, Kopfbolzen und nachträglich montierte Verbundpreisdübel.</p>				

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

**8.3.2 Querlast**

Die geforderten Nachweise für Querlast sind in Tabelle 8.2 zusammengefasst.

**Tabelle 8.2 — Erforderliche Nachweise — Querbeanspruchung**

Versagensart	Einzelnes Befestigungselement	Gruppe von Befestigungselementen	
		am höchsten belastetes Befestigungselement	Gruppe
1 <b>Stahlbruch ohne Hebelarm</b>	$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta V_{Ek} \leq \frac{\Delta V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms,V,fat}}$	$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta V_{Ek}^h \leq \frac{\psi_{F,V} \cdot \Delta V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms,V,fat}}$	
2 <b>Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite</b>	$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta V_{Ek} \leq \frac{\Delta V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc,fat}}$		$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta V_{Ek}^g \leq \frac{\Delta V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc,fat}}$
3 <b>Betonkantenbruch</b>	$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta V_{Ek} \leq \frac{\Delta V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc,fat}}$		$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta V_{Ek}^g \leq \frac{\Delta V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc,fat}}$

$\gamma_{F,fat}, \gamma_{Mc,fat}$  nach 4.4;  
 $\psi_{F,V}$  ist der Reduktionsfaktor, der auf den Widerstand gegen Querlast zur Berücksichtigung ungleicher Verteilung der Zuglast, die über das Anbauteil auf die einzelnen Befestigungselemente einer Gruppe einwirkt, angewendet wird  
 $\leq 1$ , in der Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben. Für Gruppen mit 2 Befestigungselementen unter Querlast senkrecht zur Achse der Befestigungselemente beträgt  $\psi_{F,V} = 1$ , wenn das Anbauteil nicht gegen Verdrehen in der Ebene gesichert ist.  
 $\gamma_{Ms,V,fat} = \gamma_{Ms,fat}$  nach 4.4.2.3  
 $\Delta V_{Ek} = V_{Ek,max} - V_{Ek,min}$ , Spitze-zu-Spitze-Amplitude der Ermüdungsquerbeanspruchung  
 $\Delta V_{Rk,s}$  ist der Widerstand gegen Ermüdung, Querlast, Stahl, in der Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben  
 $\Delta V_{Rk,cp} = 0,5 \cdot V_{Rk,cp}$ , ist der Widerstand gegen Ermüdung, Querlast, Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite für  $2 \cdot 10^6$  Lastzyklen  
 $\Delta V_{Rk,c} = 0,5 \cdot V_{Rk,c}$ , ist der Widerstand gegen Ermüdung, Querlast, Betonkantenbruch für  $2 \cdot 10^6$  Lastzyklen  
 $V_{Rk,cp}, V_{Rk,c}$  werden nach 7.2.2 berechnet.

### 8.3.3 Kombinierte Zug- und Querlast

Für kombinierte Zug- und Querbeanspruchung müssen die folgenden Gleichungen getrennt für Stahlbruch und für andere Versagensarten als Stahlbruch erfüllt sein:

$$(\beta_{N,fat})^\alpha + (\beta_{V,fat})^\alpha \leq 1 \quad (8.1)$$

mit

$$\beta_{N,fat} = \frac{\gamma_{F,fat} \cdot \Delta N_{Ek}}{\psi_{F,N} \cdot \Delta N_{Rk} / \gamma_{M,fat}} \leq 1 \quad (8.2)$$

$$\beta_{V,fat} = \frac{\gamma_{F,fat} \cdot \Delta V_{Ek}}{\psi_{F,V} \cdot \Delta V_{Rk} / \gamma_{M,fat}} \leq 1 \quad (8.3)$$

Dabei ist

$\psi_{F,N}$ ,  $\psi_{F,V}$  in den Tabellen 8.1 und 8.2 definiert;

$\alpha$  =  $\alpha_s$  für den Nachweis von Stahlbruch;

=  $\alpha_c$  für den Nachweis von anderen Versagensarten als Stahlbruch;

$\alpha_s$  und  $\alpha_c$  sind in der Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben;

$\Delta N_{Ek}$ ,  $\Delta V_{Ek}$ ,  $\Delta N_{Rk}$ ,  $\Delta V_{Rk}$  sind in den Tabellen 8.1 und 8.2 definiert.

In Gleichung (8.1) muss der größte Wert von  $\beta_{N,fat}$  und  $\beta_{V,fat}$  für die verschiedenen betrachteten Versagensarten verwendet werden.

## 9 Nachweis für seismische Beanspruchung

### 9.1 Allgemeines

(1) Dieser Abschnitt enthält Anforderungen an die Bemessung von nachträglich montierten Befestigungselementen und einbetonierten Kopfbolzen, die dazu verwendet werden, Erdbebeneinwirkungen mittels Zug-Querlasten oder einer Kombination aus Zug- und Querlasten zwischen verbundenen tragenden Bauteilen oder zwischen nichttragenden Anbauteilen und tragenden Bauteilen zu übertragen.

(2) In Fällen von sehr geringer seismischer Aktivität nach EN 1998-1:2004, 3.2.1 (5), dürfen Befestigungselemente so, wie für ständige und vorübergehende Situationen (siehe Abschnitte 4 bis 7, 11) bemessen werden.

(3) Für die seismischen Bemessungssituation im Grenzzustand der Tragfähigkeit, bei der der Bemessungswert der seismischen Komponente der Zuglast, der auf ein einzelnes Befestigungselement einer Gruppe von Befestigungselementen einwirkt, gleich oder weniger als 20 % der gesamten Bemessungslast unter Zuglast bei gleicher Lastkombination beträgt, dürfen bei dem Nachweis der auf ein einzelnes Befestigungselement oder eine Gruppe von Befestigungselementen einwirkenden Zuglastkomponente die Anforderungen aus 9.2 (3) vernachlässigt werden.

## DIN EN 1992-4:2019-04 EN 1992-4:2018 (D)

(4) Für die seismische Bemessungssituation im Grenzzustand der Tragfähigkeit, bei der der Bemessungswert der seismischen Komponente der Querlastkomponente der Bemessungslast, der auf ein einzelnes Befestigungselement einer Gruppe von Befestigungselementen einwirkt, gleich oder weniger als 20 % der gesamten Bemessungslast unter Querlast bei gleicher Lastkombination beträgt, dürfen bei dem Nachweis der auf ein einzelnes Befestigungselement oder eine Gruppe von Befestigungselementen einwirkenden Querlastkomponente die Anforderungen aus 9.2 (3) vernachlässigt werden.

(5) Befestigungselemente, die in Abstandsmontage oder mit einem Mörtelbett  $\geq 0,5 d$  angewendet werden, sowie Befestigungselemente, die ausschließlich für Mehrfachanwendung qualifiziert sind (siehe 7.3), werden nicht behandelt.

(6) Einzelne Angaben zur Bemessung von Befestigungselementen unter Erdbebeneinwirkungen sind im normativen Anhang C angegeben.

### 9.2 Anforderungen

(1) Befestigungselemente, die verwendet werden um Erdbebeneinwirkungen zu widerstehen, müssen alle relevanten Anforderungen an nicht-seismische Anwendungen erfüllen.

(2) Es dürfen nur Befestigungselemente verwendet werden, die für gerissenen Beton und für seismische Anwendungen qualifiziert sind (siehe entsprechende Europäische Technische Produktspezifikation).

(3) Bei der Bemessung von Befestigungselementen muss eine der folgenden Optionen a1), a2) oder b) erfüllt sein:

a) Bemessung ohne Anforderungen an die Duktilität der Befestigungselemente. Es muss angenommen werden, dass die Befestigungselemente nichtdissipative Bauteile sind und sie nicht dazu fähig sind, Energie durch duktilen hysteretisches Verhalten abzuleiten, und dass sie nicht zum gesamten duktilen Verhalten des Bauwerks beitragen:

a1) Kapazitätsbemessung: Das Befestigungselement oder eine Gruppe von Befestigungselementen wird für die maximale Zug- und/oder Querbeanspruchung bemessen, die an die Befestigung übertragen werden kann, beruhend entweder auf der Entwicklung eines duktilen Fließmechanismus im Anbauteil oder dem daran befestigten Bauteil unter Berücksichtigung von Verfestigung und Überfestigkeit oder der Tragfähigkeit eines starren Anbauteils.

a2) Bemessung nach Elastizitätstheorie: Die Befestigung wird unter Annahme eines elastischen Verhaltens der Befestigung und des Bauwerks für die maximale Belastung bemessen, die sich aus den Kombinationen der Bemessungslasten ergibt, die die seismischen Einwirkungen  $E_{Ed}$  entsprechend dem Grenzzustand der Tragfähigkeit (siehe EN 1998-1) einschließen. Außerdem müssen Modellunsicherheiten bei der Ableitung seismischer Einwirkungen auf die Befestigung berücksichtigt werden.

b) Bemessung mit Anforderungen an die Duktilität der Befestigungselemente:

Diese Option ist nur für die Zugkomponente der Last, die auf die Befestigungselemente einwirkt, anwendbar.

Das Befestigungselement oder die Gruppe von Befestigungselementen ist für die Bemessungswerte der Einwirkungen einschließlich Erdbebeneinwirkungen  $E_{Ed}$  entsprechend dem Grenzzustand der Tragfähigkeit (siehe EN 1998-1) bemessen. Die Stahltragfähigkeit der Befestigung muss bei Zugbeanspruchung geringer sein als die Zugtragfähigkeit bei der entsprechenden Versagensart des Betons. Für die Befestigungselemente ist eine ausreichende Dehnfähigkeit gefordert.

Bei der Analyse des Gesamtbauwerks oder bei der Analyse von nichttragenden Bauteilen sollten die Befestigungselemente für die Energiedissipation nicht berücksichtigt werden. Der Beitrag der Befestigung zur Energiedissipationsfähigkeit des Bauwerkes (siehe EN 1998-1:2004, 4.2.2) wird in dieser Norm nicht behandelt.

Option b) sollte nicht für die Befestigung von primären seismischen Bauteilen (siehe EN 1998-1) aufgrund vorhersehbarer möglicher großer nicht umkehrbarer Verschiebungen des Befestigungselementes angewendet werden. Es sollten zusätzliche Befestigungselemente vorgesehen und nach Option a1) oder a2) bemessen sein, außer wenn Querlasten, die auf die Befestigung einwirken, von zusätzlichen Hilfsmitteln aufgenommen werden.

In Option b) darf die Befestigung für die Energiedissipation berücksichtigt werden, wenn über geeignete Nachweise gewährleistet ist, z. B. durch eine (dynamische) nichtlineare Zeitverlaufsanalyse (nach EN 1998-1), und wenn das hysteretische Verhalten aus einer Europäischen Technischen Produktspezifikation entnommen ist.

(4) Der Beton in der Umgebung der Befestigung muss bei der Bestimmung des Bemessungswiderstandes als gerissen angenommen werden, es sei denn, es konnte nach Gleichung (4.4) nachgewiesen werden, dass der Beton während des Erdbebenereignisses ungerissen bleibt.

(5) Die Festlegungen in diesem Abschnitt gelten nicht für die Bemessung von Befestigungen in kritischen Bereichen von Betonbauteilen, in denen während seismischer Beanspruchung Abplatzen des Betons oder Fließen der Bewehrung auftreten kann, wie z. B. in Bereichen von plastischen Gelenken.

(6) Verschiebungen von Befestigungen müssen für die Bemessung berücksichtigt werden. Diese Anforderung muss nicht auf Verankerungen nichttragender Bauteile mit geringer Bedeutung angewendet werden. Die Verschiebung muss begrenzt werden, wenn in der Berechnung eine steife Verbindung angenommen wird, oder wenn die Funktionsfähigkeit des befestigten Bauteils während und nach einem Erdbeben sichergestellt sein muss.

ANMERKUNG Verschiebungen von Befestigungselementen bei seismischen Anwendungen bei beiden, dem Grenzzustand der Schadensbegrenzung und dem Grenzzustand der Tragfähigkeit, sind in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation für Befestigungselemente mit seismischer Leistungskategorie C2 angegeben, wie in Anhang C definiert.

(7) Im Allgemeinen sollte bei seismischen Bemessungssituationen ein Ringspalt zwischen einem Befestigungselement und seinem Anbauteil vermieden werden. Bei Befestigungen von nichttragenden Bauteilen in unkritischen Anwendungen geringer Wichtigkeit ist ein Ringspalt ( $d_f \leq d_{f,1}$ ) zulässig. Die Auswirkung des Ringspalts auf das Verhalten der Befestigungen muss berücksichtigt werden (siehe Anhang C).

(8) Das Losdrehen der Mutter oder Schraube muss durch geeignete Maßnahmen verhindert werden.

### **9.3 Berechnung der auf das Befestigungselement einwirkenden Kräfte**

(1) Der Bemessungswert der Auswirkung der Erdbebeneinwirkungen  $E_{Ed}$ , die auf das Anbauteil einwirken, muss nach EN 1998-1 und deren zusätzlichen Teilen bestimmt werden. Weitere Festlegungen sind in Anhang C angegeben.

ANMERKUNG Nationale Regeln für die Bestimmung der Auswirkung von Erdbebeneinwirkung, für die Verwendung in einem Land oder in Teilen eines Landes, dürfen dem Nationalen Anhang von EN 1998-1:2004 entnommen werden.

(2) Die Verteilung der auf die einzelnen Befestigungselemente einer Gruppe einwirkenden Lasten muss mit Abschnitt 6 übereinstimmen, wenn die Grundplatte während der seismischen Bemessungssituation elastisch bleibt.

## **DIN EN 1992-4:2019-04 EN 1992-4:2018 (D)**

### **9.4 Widerstand**

(1) Der charakteristische Widerstand gegen seismische Beanspruchung  $R_{k,eq}$  einer Befestigung muss nach Anhang C bestimmt werden, wobei die seismischen Reduktionsfaktoren  $\alpha_{gap}$  und  $\alpha_{eq}$  zu berücksichtigen sind. Die Grundwerte der Widerstände gegen seismische Beanspruchung für Stahlbruch, Versagen durch Herausziehen und kombiniertes Versagen durch Herausziehen und Betonbruch unter Zuglast und Stahlbruch unter Querlast sind in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben. Für alle anderen Versagensarten muss  $R_{k,eq}$  auf Grundlage des charakteristischen Widerstandes bestimmt werden, der für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen nach Abschnitt 7 gilt, wie in Anhang C beschrieben.

(2) Die Teilsicherheitsbeiwerte für den Widerstand  $\gamma_{M,eq}$  müssen nach 4.4.2 bestimmt werden.

### **10 Nachweis für den Feuerwiderstand**

(1) Der Nachweis von Befestigungselementen unter Brandeinwirkung muss alle Versagensarten der Kaltbemessung enthalten (siehe Abschnitt 7).

(2) Die entsprechenden Anforderungen von EN 1992-1-2, z. B. Teilsicherheitsbeiwerte und Lastkombinationen, müssen eingehalten werden.

(3) Der informative Anhang D stellt ein Bemessungsverfahren für einbetonierte Kopfbolzen, Ankerschienen und nachträglich montierte Befestigungselemente unter Brandeinwirkung zur Verfügung.

### **11 Nachweis für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit**

(1) Zu den geforderten Nachweisen siehe 4.2 und 4.3.

(2) Die zulässige Verschiebung  $C_d$  muss durch den bemessenden Ingenieur unter Berücksichtigung der jeweiligen Anwendungsart (z. B. des zu befestigenden tragenden Bauteils) beurteilt werden. Es darf angenommen werden, dass die Verschiebung  $C_d$  eine lineare Funktion der aufgetragenen Last ist. Im Fall von kombinierten Zug- und Querlasten müssen die Verschiebungen für die Zug- und Querlastkomponenten der resultierenden Last vektoriell addiert werden.

(3) Die charakteristische Verschiebung des Befestigungselementes, das in gerissenen und ungerissenen Beton verbaut ist, unter gegebenen Zug- und Querlasten muss der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation entnommen werden.

(4) Die Beanspruchung von Befestigungen mit Zusatzbewehrung kann lokale Risse im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit erzeugen. Jedoch sind diese Rissbreiten allgemein akzeptabel, da sie in den Konstruktionsregeln der Zusatzbewehrung indirekt berücksichtigt werden.

## Anhang A (normativ)

### Zusätzliche Regeln für den Nachweis von Betonbauteilen unter den durch Befestigungen aufgebracht Lasten

#### A.1 Allgemeines

(1) Durch die Einhaltung der in diesem Dokument enthaltenen Bemessungsverfahren wird eine ausreichende Weiterleitung der auf die Befestigung einwirkenden Lasten in das Betonbauteil sichergestellt.

(2) Die sichere Weiterleitung der Lasten aus dem Befestigungselement durch das Betonbauteil zu dessen Auflagern muss für den Grenzzustand der Tragfähigkeit und den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nach EN 1992-1-1 nachgewiesen werden. Die Festlegungen in A.2 erläutern die Verfahren in Übereinstimmung mit EN 1992-1-1:2004, 6.2.1 (9).

(3) Lasten, die auf die Unterseite des Fertigteils mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht wirken, dürfen nur dann als auf die gesamte Verbundkonstruktion wirkend angenommen werden, wenn:

- a) eine ausreichende Schubbewehrung in der Kontaktfläche zwischen Fertigteil und Aufbeton vorhanden ist, wenn die Befestigungsmittel nur im Betonfertigteil verankert sind, oder
- b)  $h_{ef}$  für die Verankerungstiefe im Aufbeton angenommen wird.

Andernfalls dürfen nur leichte (abgehängte) Decken oder ähnliche Bauteile (mit einer Flächenlast, die  $1 \text{ kN/m}^2$  nicht überschreitet) an den Fertigteilen befestigt werden.

#### A.2 Nachweis der Quertragfähigkeit des Betonbauteils

**A.2.1** Im Folgenden wird angenommen, dass die Lasten der Befestigungselemente auf der Zugseite des Betonbauteils wirken.

**A.2.2** Es wird kein zusätzlicher Nachweis für die lokale (örtliche) Lasteinleitung gefordert, wenn eine der nachfolgenden Bedingungen erfüllt ist:

- a) Die durch den Bemessungswert der Beanspruchungen einschließlich der Bemessungslasten der Befestigungselemente am Auflager verursachte Bemessungsquerkraft  $V_{Ed}$  ist:

$$V_{Ed} \leq 0,8 V_{Rd,c} \quad \text{für ein Bauteil ohne Schubbewehrung} \quad (\text{A.1})$$

$$\leq 0,8 \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max}) \quad \text{für ein Bauteil mit Schubbewehrung} \quad (\text{A.2})$$

Dabei sind

$$V_{Rd,c}, V_{Rd,s}, V_{Rd,max} \quad \text{die Widerstände gegen Querlast nach EN 1992-1-1.}$$

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

- b) Unter der charakteristischen Kombination der Beanspruchungen auf das Anbauteil beträgt die resultierende charakteristische Zugkraft  $N_{Ek}$  der zugbeanspruchten Befestigungselemente  $N_{Ek} \leq 30$  kN und der Achsabstand  $a$  zwischen den äußersten Befestigungselementen benachbarter Gruppen oder zwischen den äußeren Befestigungselementen einer Gruppe und einzelnen Befestigungselementen erfüllt Gleichung (A.3):

$$a \geq 200 \sqrt{N_{Ek}} \quad (A.3)$$

mit

$$N_{Ek} \text{ [kN]}$$

- c) Die Bemessungslasten der Befestigungselemente werden von einer zusätzlichen Rückhängebewehrung aufgenommen, die die Zugbewehrung umschließt und an der gegenüberliegenden Seite des Betonbauteils verankert ist. Ihr Abstand von einem einzelnen Befestigungselement oder von den äußersten Befestigungselementen einer Gruppe muss kleiner sein als  $h_{ef}$ . Eine Rückhängebewehrung, die bereits im Bauwerk vorhanden und nicht ausgenutzt ist, darf für diesen Zweck verwendet werden.
- d) Die Verankerungstiefe des Befestigungselementes ist  $h_{ef} \geq 0,8 \cdot h$ .

**A.2.3** Ist keine der Bedingungen von A.2.2 erfüllt, müssen die durch die Lasten der Befestigungselemente verursachten Bemessungsquerkräfte  $V_{Ed,a}$  an den Auflagern folgende Bedingungen erfüllen.

$$V_{Ed,a} \leq 0,4 V_{Rd,c} \quad \text{für ein Bauteil ohne Schubbewehrung} \quad (A.4)$$

$$\leq 0,4 \cdot \min(V_{Rd,s}; V_{Rd,max}) \quad \text{für ein Bauteil mit Schubbewehrung} \quad (A.5)$$

Bei der Berechnung von  $V_{Ed,a}$  müssen die Lasten der Befestigungselemente als Einzellasten angenommen werden, wobei die Lasteintragungsbreiten  $t_1 = s_{t1} + 2 h_{ef}$  und  $t_2 = s_{t2} + 2 h_{ef}$ , mit  $s_{t1}$  ( $s_{t2}$ ) gleich dem Achsabstand zwischen den äußeren Befestigungselementen einer Gruppe in Richtung 1 (2), betragen. Die wirksame Breite, über die die Querkraft übertragen wird, muss nach der Elastizitätstheorie berechnet werden.

**A.2.4** Beträgt unter der charakteristischen Kombination der Beanspruchungen auf das Anbauteil die resultierende charakteristische Zugkraft  $N_{Ek}$  der zugbeanspruchten Befestigungselemente in einer Gruppe  $N_{Ek} \geq 60$  kN, müssen die Bedingungen von A.2.2 c) oder A.2.2 d) eingehalten werden.



## **Anhang B** **(informativ)**

### **Dauerhaftigkeit**

#### **B.1 Allgemeines**

- (1) Liegen in den Nationalen Vorschriften oder in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation keine besseren Angaben vor, dürfen die Festlegungen dieses Anhangs verwendet werden. Diese Festlegungen basieren auf einer vorgesehenen Gebrauchsdauer des Befestigungselementes von 50 Jahren.
- (2) Elektrolytische Korrosion zwischen verschiedenen Metallen muss durch geeignete Trennung oder durch die Wahl von verträglichen Werkstoffen verhindert werden.

#### **B.2 Befestigungselemente unter trockenen Innenraumbedingungen**

- (1) Diese Bedingungen gleichen den Expositionsklassen X0 und XC1 nach EN 1992-1-1 für trockene Umgebung.
- (2) Im Allgemeinen ist kein besonderer Korrosionsschutz für die Stahlteile erforderlich, da die Beschichtungen, die dem Korrosionsschutz vor der Verwendung während der Lagerung und zum Sicherstellen der ordnungsgemäßen Funktionstüchtigkeit dienen, als ausreichend betrachtet werden. Bei Teilen aus Temperguss ist im Allgemeinen kein zusätzlicher Schutz erforderlich.

#### **B.3 Befestigungselemente, die äußeren atmosphärischen oder dauerhaft feuchten Innenraumbedingungen ausgesetzt sind**

- (1) Diese Bedingungen gleichen den Expositionsklassen XC2, XC3 und XC4 nach EN 1992-1-1.
- (2) Es sollten Befestigungselemente aus nichtrostendem Stahl einer geeigneten Werkstoffgüte verwendet werden. Die Werkstoffgüte des nichtrostenden Stahls, der für die verschiedenen Betriebsumgebungen (Meeresklima, Industrielatmosphäre, usw.) geeignet ist, sollte vorhandenen Nationalen Regeln entsprechen. Im Allgemeinen dürfen austenitische Stähle mit mindestens 17 % Chrom und 12 % Nickel, sowie zusätzlichem Molybdänanteil, z. B. die Werkstoffe 1.4401, 1.4404, 1.4571, 1.4578 und 1.4439 nach EN 10088-2, EN 10088-3 oder entsprechende Werkstoffe, verwendet werden.

#### **B.4 Befestigungselemente mit hoher Korrosionsbeanspruchung durch Chloride und Schwefel**

- (1) Die Bedingungen für Chloride sind mit den Expositionsklassen XD und XS nach EN 1992-1-1 vergleichbar. Beispiele für diese Bedingungen sind ständiges, wechselndes Eintauchen in Meerwasser oder die Spritzwasserzone von Meerwasser, Chloratmosphäre von Hallenbädern, Straßentunnel oder Parkhäuser, in denen Taumittel verwendet werden.
- (2) Beispiele für Beanspruchung durch Schwefeldioxid sind Atmosphären mit extremer chemischer Verschmutzung (z. B. in Entschwefelungsanlagen), bei denen der Korrosionswiderstand mit besonderem Augenmerk beachtet werden sollte.
- (3) Die Metallteile des Befestigungselementes (Bolzen, Schraube, Mutter und Unterlegscheibe) sollten aus einem nichtrostenden Stahl hergestellt sein, der für diese hohe Korrosionsbeanspruchung geeignet ist und Nationalen Regeln entsprechen muss. Im Allgemeinen sollten nichtrostende Stähle mit ungefähr 20 % Chrom, 20 % Nickel und 6 % Molybdän, z. B. die Werkstoffe 1.4565, 1.4529 und 1.4547 nach EN 10088-2, EN 10088-3 oder entsprechende Werkstoffe, bei hoher Korrosionsbeanspruchung verwendet werden.

## **Anhang C** (normativ)

### **Bemessung von Befestigungselementen unter Erdbebeneinwirkungen**

#### **C.1 Allgemeines**

(1) Dieser Anhang liefert zusätzlich zu Abschnitt 9 detaillierte Anforderungen für Befestigungen, die dazu verwendet werden, Erdbebeneinwirkungen zu übertragen.

(2) Es wird zwischen folgenden Arten von Verbindungen unterschieden:

- Typ „A“: Verbindung zwischen tragenden Bauteilen primärer und/oder sekundärer seismischer Bauteile nach EN 1998-1.
- Typ „B“: Befestigung nichttragender Bauteile.

#### **C.2 Leistungskategorien**

(1) Die seismische Leistungsfähigkeit von Befestigungselementen, die seismischen Beanspruchungen ausgesetzt sind, wird über die Leistungskategorien C1 und C2 eingestuft. Die Leistungskategorie C1 umfasst nur Befestigungselemente mit einem Leistungsvermögen bezüglich der Widerstände im Grenzzustand der Tragfähigkeit, während die Leistungskategorie C2 Befestigungselemente mit Leistungsfähigkeiten mit Bezug auf beide, die Widerstände im Grenzzustand der Tragfähigkeit und Widerstände gegen die Verschiebungen in den Grenzzuständen der Schadensbegrenzung und der Tragfähigkeit, beinhaltet. Die Anforderungen an die Leistungskategorie C2 sind im Vergleich zu denjenigen der Leistungskategorie C1 strenger. Die Leistungskategorie, die für ein Befestigungselement gilt, ist in der zugehörigen Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben.

(2) In Tabelle C.1 sind die seismischen Leistungskategorien C1 und C2 der seismischen Aktivitätsstufe und der Bedeutungskategorie der Bauwerke zugeordnet. Die seismische Aktivitätsstufe ist als eine Funktion des Produkts  $a_g \cdot S$  definiert, wobei  $a_g$  der Bemessungswert der Bodenbeschleunigung für Baugrundklasse A und S der Bodenparameter nach EN 1998-1 ist.

**ANMERKUNG** Die empfohlenen seismischen Leistungskategorien sind in Tabelle C.1 angegeben. Der Wert von  $a_g$  oder der Wert des Produkts  $a_g \cdot S$ , die in einem Land zur Festlegung der Schwellenwerte für die seismischen Klassen verwendet werden, können dem Nationalen Anhang von EN 1998-1 entnommen werden. Außerdem kann die Zuordnung der seismischen Leistungskategorien C1 und C2 zur Erdbebenstärke und Bedeutungskategorie der Bauwerke dem Nationalen Anhang dieser Europäischen Norm entnommen werden.

Tabelle C.1 — Empfohlene seismische Leistungskategorien für Befestigungselemente

Erdbebenstärke <sup>a</sup>		Bedeutungskategorie der Bauwerke nach EN 1998-1:2004, 4.2.5			
Klasse	$a_g \cdot S^c$	I	II	III	IV
sehr gering <sup>b</sup>	$a_g \cdot S \leq 0,05 g$	Keine seismischen Leistungskategorien gefordert			
gering <sup>b</sup>	$0,05 g < a_g \cdot S \leq 0,1 g$	C1	C1 <sup>d</sup> oder C2 <sup>e</sup>		C2
> gering	$a_g \cdot S > 0,1 g$	C1	C2		

<sup>a</sup> Die Werte, die die Erdbebenstärke definieren, unterliegen einem Nationalen Anhang. Die empfohlenen Werte sind hier wiedergegeben.

<sup>b</sup> Definition nach EN 1998-1:2004, 3.2.1.

<sup>c</sup>  $a_g$  = Bemessungswert der Bodenbeschleunigung für Baugrundklasse A (siehe EN 1998-1:2004, 3.2.1),  
 $S$  = Bodenparameter (siehe EN 1998-1:2004, 3.2.2).

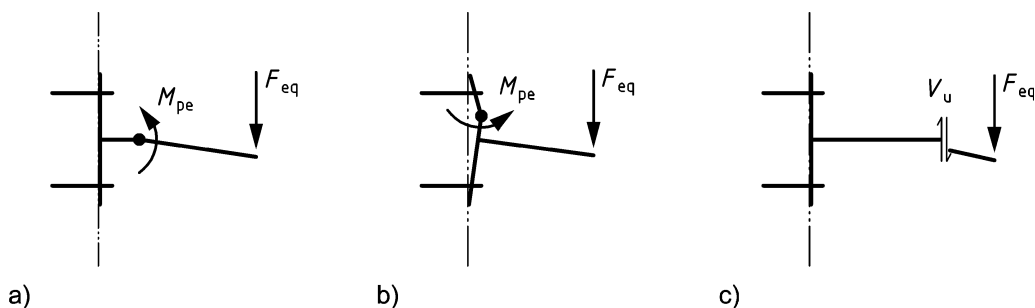
<sup>d</sup> C1 für die Befestigung nichttragender Bauteile an Bauwerken (Typ „B“ Verbindung)

<sup>e</sup> C2 für die Befestigung tragender Bauteile an Bauwerken (Typ „A“ Verbindung)

### C.3 Bemessungskriterien

(1) Bei der Bemessung von Befestigungselementen nach 9.2 (3), Option a1) „Kapazitätsbemessung“, ist das Befestigungselement für beide Arten von Verbindungen Typ „A“ und Typ „B“ für die maximale Last bemessen, die in die Befestigung übertragen werden kann, entweder durch Ausbildung eines Fließgelenks im befestigten Stahlbauteil (siehe Bild C.1a)) oder in der Grundplatte aus Stahl (siehe Bild C.1b)) unter Berücksichtigung von Verfestigungseffekten und Werkstoff-Überfestigkeiten oder durch die Tragfähigkeit eines steifen Anbauteils oder tragenden Bauteils (siehe Bild C.1c)).

Die Annahme eines plastischen Gelenks in dem Anbauteil (siehe Bild C.1b)) erfordert die Berücksichtigung spezifischer Aspekte einschließlich z. B. der Umlagerung von Lasten auf die einzelnen Befestigungselemente einer Gruppe, die Umlagerung der Lasten in das Bauwerk und das Ermüdungsverhalten des Anbauteils bei einer geringen Anzahl von Lastspielen.



#### Legende

- a) Fließgelenk im befestigten Bauteil
- b) Fließgelenk in der Grundplatte
- c) Tragfähigkeit des befestigten Bauteils

Bild C.1 — Seismische Bemessung durch Schutz der Befestigung

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

(2) Bei der Bemessung von Befestigungselementen nach 9.2 (3), Option a2) „Bemessung nach Elastizitätstheorie“, müssen die Auswirkungen der Einwirkungen für Verbindungen vom Typ „A“ nach EN 1998-1 mit einem Verhaltensfaktor  $q = 1,0$  abgeleitet werden. Bei Verbindungen vom Typ „B“ müssen die Auswirkungen der Einwirkungen mit  $q_a = 1,0$  für das befestigte Bauteil bestimmt werden.  $q_a$  wird als Verhaltensbeiwert für nichttragende Bauteile definiert. Wenn die Auswirkungen der Einwirkungen in Übereinstimmung mit dem vereinfachten Ansatz nach C.4.4 mit  $q_a = 1,0$  abgeleitet werden, müssen sie mit einem Überhöhungsfaktor gleich 1,5 multipliziert werden. Werden die Auswirkungen der Einwirkungen nach einem genaueren Modell abgeleitet, darf dieser zusätzliche Überhöhungsfaktor entfallen.

(3) Bei der Bemessung von Befestigungselementen nach 9.2 (3), Option b) „Bemessung mit Anforderungen an die Duktilität der Befestigungselemente“, müssen die folgenden zusätzlichen Bedingungen eingehalten werden:

- a) Das Befestigungselement muss über eine Europäische Technische Produktspezifikation verfügen, die eine Qualifikation für die Leistungskategorie C2 umfasst.
- b) Zur Sicherstellung von Stahlbruch der Befestigung müssen die Bedingung b1) für Befestigungen mit einem zugbeanspruchten Befestigungselement und Bedingung b2) bei Gruppen mit zwei und mehr zugbeanspruchten Befestigungselementen erfüllt sein. Zusätzlich gilt bei Gruppen mit zwei und mehr zugbeanspruchten Kopfbolzen oder nachträglich montierten mechanischen Befestigungselementen Bedingung b3).

**ANMERKUNG** Im Fall von Befestigungselementen mit Zusatzbewehrung wird beim Nachweis der Widerstand gegen kegelförmigen Betonausbruch durch den Widerstand der Zusatzbewehrung ersetzt (Minimum für Stahl- und Verankerungsbruch).

b1) Befestigungen mit einem zugbeanspruchten Befestigungselement:

$$R_{k,s,eq} \leq 0,7 \cdot \frac{R_{k,conc,eq}}{\gamma_{inst}} \quad (C.1)$$

Dabei ist

$R_{k,s,eq}$  der minimale charakteristische Widerstand gegen seismische Beanspruchungen bei Stahlbruch, berechnet nach Gleichung (C.8);

$R_{k,conc,eq}$  der minimale charakteristische Widerstand gegen seismische Beanspruchungen bei allen Betonversagensarten (kegelförmiger Betonausbruch, Herausziehen (Kopfbolzen und nachträglich montierte mechanische Befestigungselemente), kombinierte Versagensart Herausziehen und Betonausbruch (Verbunddübel), lokaler Betonausbruch und Betonspalten), berechnet nach Gleichung (C.8);

$\gamma_{inst}$  der Faktor zur Berücksichtigung der Empfindlichkeit hinsichtlich der Montage entsprechend der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation.

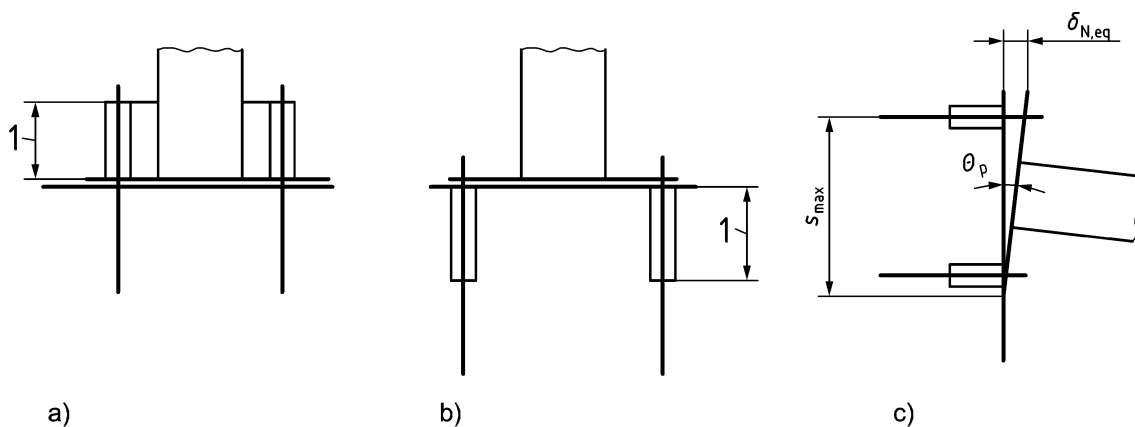
b2) Bei Gruppen von Befestigungselementen mit zwei und mehr zugbeanspruchten Befestigungselementen muss Gleichung (C.2) für die zugbeanspruchten Befestigungselemente erfüllt sein:

$$\frac{R_{k,s,eq}}{E_d^h} \leq 0,7 \cdot \frac{R_{k,conc,eq}}{E_d^g \cdot \gamma_{inst}} \quad (C.2)$$

Dabei ist

$R_{k,conc,eq}$  der minimale charakteristische Widerstand gegen seismische Beanspruchungen bei Versagensart kegelförmiger Betonausbruch, kombinierte Versagensart Herausziehen und Betonausbruch (nur Verbunddübel), Versagensarten lokaler Betonausbruch und Betonspalten, berechnet nach Gleichung (C.8).

- b3) Bei einer Gruppe von Kopfbolzen oder nachträglich montierten mechanischen Befestigungselementen mit zwei oder mehr zugbeanspruchten Befestigungselementen muss das höchstbelastete Befestigungselement bei Versagen durch Herausziehen nach Gleichung (C.1) nachgewiesen werden, wobei  $R_{k,conc,eq}$  der Widerstand eines Befestigungselementes gegen Herausziehen unter seismischen Beanspruchungen ist.
- c) Befestigungselemente, die Zuglasten übertragen, müssen duktil sein und müssen eine Dehnlänge von mindestens  $8d$  haben, sofern nicht auf andere Weise bestimmt. In den Bildern C.2 a) und C.2 b) sind Abbildungen von Dehnlängen dargestellt.
- 1) Ein Befestigungselement gilt als duktil, wenn die Nennbruchfestigkeit des Stahls des lastübertragenden Querschnitts  $f_{uk} = 800 \text{ N/mm}^2$  nicht überschreitet, das Verhältnis der Nennstreckgrenze zum Nennwert der Bruchfestigkeit den Wert  $f_{yk}/f_{uk} = 0,8$  nicht überschreitet und die Bruchdehnung (gemessen über eine Länge von  $5d$ ) mindestens 12 % beträgt.
  - 2) Die charakteristische Festigkeit des Stahls  $N_{uk}$  von Befestigungselementen mit reduziertem Querschnitt (z. B. Gewinde) über eine Länge kleiner als  $8d$  ( $d =$  Durchmesser des reduzierten Querschnitts des Befestigungselementes) muss größer als die 1,3-fache charakteristische Streckgrenze  $N_{yk}$  des nicht reduzierten Querschnitts sein.



### Legende

- 1 Dehnlänge  
a) Darstellung der Dehnlänge – Verankerungsbock  
b) Darstellung der Dehnlänge – Hüslenlänge oder verbundfreie Länge  
c) Verschiebungen und Drehungen der Befestigung

**Bild C.2 — Seismische Bemessung durch Fließen eines duktilen Befestigungselementes**

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

## **C.4 Ableitung der auf die Befestigungselemente einwirkenden Kräfte – Analyse**

### **C.4.1 Allgemeines**

(1) Der Bemessungswert der Auswirkung der Erdbebeneinwirkungen  $E_{Ed}$  auf das Anbauteil muss nach EN 1998-1 und 9.2 (3) bestimmt werden. Dieser Abschnitt liefert ergänzende Festlegungen zu EN 1998-1, einschließlich senkrechter Erdbebeneinwirkungen auf nichttragende Bauteile.

(2) Der Höchstwert jeder Lasteinwirkung (Zug- und Querkomponenten der Kräfte eines Befestigungselementes) muss als gleichzeitig wirkend betrachtet werden, es sei denn, es wird ein genaueres Modell zur Abschätzung der wahrscheinlich gleichzeitig einwirkenden Werte jeder Lasteinwirkung verwendet.

### **C.4.2 Ergänzung zu EN 1998-1:2004, 4.3.3.5**

Bei der Bemessung von Befestigungselementen bei Verbindungen vom Typ „A“ muss die Vertikal-komponente der Erdbebeneinwirkung nach EN 1998-1:2004, 4.3.3.5.2 (2) bis (4) berücksichtigt werden, wenn der Bemessungswert der Bodenbeschleunigung in vertikaler Richtung  $a_{vg}$  größer als  $2,5 \text{ m/s}^2$  ist.

### **C.4.3 Ergänzung zu EN 1998-1:2004, 4.3.5.1**

Bei der Bemessung von Befestigungselementen für nichttragende Bauteile, die Erdbebeneinwirkungen ausgesetzt sind, sollten jegliche vorteilhafte Auswirkungen von Reibung infolge Schwerkraft nicht berücksichtigt werden.

### **C.4.4 Ergänzungen und Abänderungen zu EN 1998-1:2004, 4.3.5.2**

(1) In Fällen, in denen EN 1998-1:2004, 4.3.5.1 (3), gilt, dürfen die horizontalen Auswirkungen der Erdbebeneinwirkung auf nichttragende Bauteile nach EN 1998-1:2004, Gleichung (4), bestimmt werden. Der Verhaltensbeiwert  $q_a$  darf jedoch aus Tabelle C.2 entnommen werden.

ANMERKUNG 1 Die Tabelle C.2 enthält zusätzliche Angaben zu den in EN 1998-1:2004, Tabelle 4.4, angegebenen Werten  $q_a$ . Die Bestimmung der Auswirkungen der Erdbebeneinwirkung auf nichttragende Bauteile für die Verwendung in einem Land darf seinem Nationalen Anhang zu dieser Europäischen Norm entnommen werden. Die empfohlene Regel ist die Anwendung von EN 1998-1:2004, Gleichung (4.24), in Kombination mit Gleichung (C.3).

(2) Die Gleichung (4.25) von EN 1998-1:2004 darf wie folgt umgeformt werden:

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[ \left( 1 + \frac{z}{H} \right) \cdot A_a - 0,5 \right] \geq \alpha \cdot S \quad (\text{C.3})$$

mit

$$A_a = \frac{3}{1 + \left( 1 - \frac{T_a}{T_1} \right)^2} \quad (\text{C.4})$$

Der seismische Überhöhungsfaktor  $A_a$  darf nach Gleichung (C.4) berechnet oder aus Tabelle C.2 entnommen werden, wenn eine der grundlegenden Periodendauern nicht bekannt ist.

ANMERKUNG 2 Bei der Berechnung der auf nichttragende Bauteile einwirkenden Kräfte nach EN 1998-1:2004, Gleichung (4), kann es schwierig sein, die grundlegende Periodendauer  $T_a$  des nichttragenden Bauteils zuverlässig festzustellen. Tabelle C.2 liefert einen pragmatischen Ansatz.

Tabelle C.2 — Werte von  $q_a$  und  $A_a$  für nichttragende Bauteile

	Art des nichttragenden Bauteils	$q_a$	$A_a$
1	Freitragende Brüstungen oder Verzierungen	1,0	3,0
2	Zeichen und Werbetafeln		3,0
3	Schornsteine, Masten und Tanks auf Stützen, die entlang einer Länge von mehr als der Hälfte ihrer Gesamthöhe als unverspannte Freitragler wirken		3,0
4	Lagerung von Gefahrenstoffen, Rohrleitungen für gefährliche Flüssigkeiten		3,0
5	Äußere und innere Wände	2,0	1,5
6	Trennwände und Fassaden		1,5
7	Schornsteine, Masten und Tanks auf Stützen, die entlang einer Länge von weniger als der Hälfte ihrer Gesamthöhe als unverspannte Freitragler wirken, oder gegen das Bauwerk auf der Höhe oder oberhalb ihres Schwerpunkts verspannt oder abgespannt sind		1,5
8	Aufzüge		1,5
9	Computerzugangsböden, elektrische Einrichtung und Kommunikationsausrüstung		3,0
10	Fördereinrichtungen		3,0
11	Verankerungsbauteile für ständig vorhandene Schränke und Bücherstapel auf dem Fußboden		1,5
12	Verankerungsbauteile für (hängende) Zwischendecken und Beleuchtungskörper		1,5
13	Hochdruckleitungen, Leitungen für Feuerunterdrückung		3,0
14	Flüssigkeitsleitungen für ungefährliche Stoffe		3,0
15	Computer-, Kommunikations- und Lagerregale		3,0

(3) Die vertikalen Auswirkungen der Erdbebeneinwirkung sollten durch Aufbringung einer auf den Schwerpunkt des nichttragenden Bauteils einwirkenden Vertikalkraft  $F_{va}$  bestimmt werden, die wie folgt definiert ist:

$$F_{va} = (S_{va} \cdot W_a \cdot \gamma_a) / q_a \quad (C.5)$$

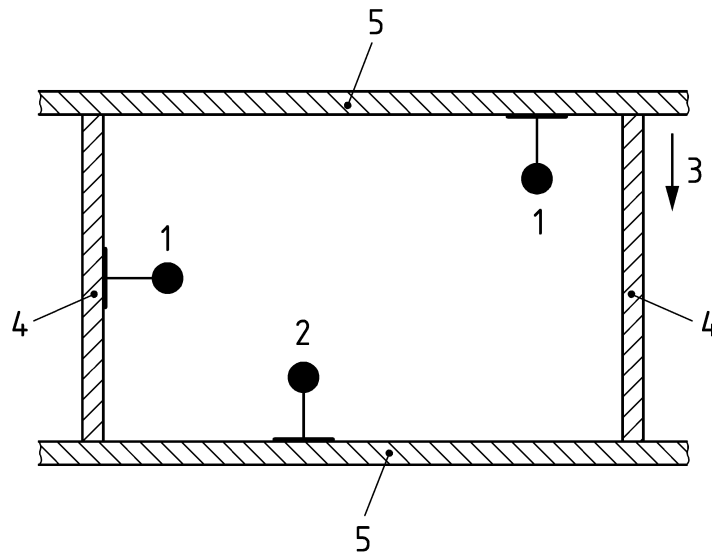
mit

$$S_{va} = \alpha_v \cdot A_a \quad (C.6)$$

$q_a, A_a$  dürfen als identisch zu den Werten angenommen werden, die für Horizontalkräfte gelten.

ANMERKUNG Die vertikalen Auswirkungen der Erdbebeneinwirkung  $F_{va}$  für nichttragende Bauteile dürfen bei den Befestigungselementen vernachlässigt werden, wenn die vertikale Komponente des Bemessungswertes der Bodenbeschleunigung  $a_{vg}$  weniger als  $2,5 \text{ m/s}^2$  beträgt und die Gravitationslasten durch direkte Auflage des Anbauteils auf dem Bauwerk übertragen werden (siehe Befestigung 2 in Bild C.3). Die Bestimmung der Auswirkung der vertikalen Erdbebeneinwirkung auf nichttragende Bauteile darf für die Verwendung in einem Land dessen Nationalen Anhang dieser Europäischen Norm entnommen werden. Die empfohlene Regel ist die Anwendung von Gleichung (C.5).

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**



**Legende**

- 1  $F_{va}$  berücksichtigt
- 2  $F_{va}$  vernachlässigt, wenn  $a_{vg} \leq 2,5 \text{ m/s}^2$
- 3 Schwerkraft
- 4 Wand
- 5 Decke oder Boden

**Bild C.3 — Vertikale Auswirkungen der Erdbebeneinwirkung – Beispiel**

**C.4.5 Ergänzungen und Abänderungen zu EN 1998-1:2004, 4.3.5.4**

Höchstwerte für den Verhaltensbeiwert  $q_a$  für nichttragende Bauteile dürfen aus der Tabelle C.2 gewählt werden.

**C.5 Widerstand**

(1) Der Bemessungswert des Widerstandes gegen seismische Beanspruchung eines Befestigungselementes ist gegeben durch:

$$R_{d,eq} = \frac{R_{k,eq}}{\gamma_{M,eq}} \quad (\text{C.7})$$

mit

$$\gamma_{M,eq} \quad \text{nach 4.4.2.}$$

(2) Der Bemessungswert des charakteristischen Widerstandes gegen seismische Beanspruchung  $R_{k,eq}$  eines Befestigungselementes muss wie folgt bestimmt werden:

$$R_{k,eq} = \alpha_{gap} \cdot \alpha_{eq} \cdot R_{k,eq}^0 \quad (\text{C.8})$$



Dabei ist

$\alpha_{\text{gap}}$  der Reduktionsfaktor, zur Berücksichtigung der Trägheitseinflüsse infolge eines Ringspalts zwischen Befestigungselement und Anbauteil im Fall von Querbeanspruchung ist in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben;

$\alpha_{\text{eq}}$  der Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses von Erdbebeneinwirkungen und damit verbundenen Rissen auf

- a) den Widerstand gegen kegelförmigen Betonausbruch und die Verbundfestigkeit der Zusatzbewehrung und
- b) den Widerstand von Gruppen durch ungleiche Lasteinleitung in die einzelnen Befestigungselemente einer Gruppe,

siehe Tabelle C.3;

$R_{k,eq}^0$  der charakteristische Grundwiderstand gegen seismische Beanspruchung für eine gegebene Versagensart, der wie folgt bestimmt wird:

Bei Stahlbruch und Versagen durch Herausziehen unter Zuglast und Stahlbruch unter Querlast muss  $R_{k,eq}^0$  der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation entnommen werden (d. h.  $N_{Rk,s,eq}$ ,  $N_{Rk,p,eq}$ ,  $V_{Rk,s,eq}$ ).

Bei kombiniertem Versagen durch Herausziehen und Betonausbruch im Fall von nachträglich montierten Verbunddübeln muss  $R_{k,eq}^0$  nach 7.2.1.6 bestimmt werden (d. h.  $N_{Rk,p}$ ), jedoch unter Verwendung der charakteristischen Verbundtragfähigkeit ( $\tau_{Rk,eq}$ ), die in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben ist.

Bei allen anderen Versagensarten muss  $R_{k,eq}^0$  wie für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation nach Abschnitt 7 bestimmt werden (d. h. für Zuglast:  $N_{Rk,c}$ ,  $N_{Rk,sp}$ ,  $N_{Rk,cp}$ ,  $N_{Rk,re}$ ,  $N_{Rk,a} = \gamma_c \cdot N_{Rd,a}$ , und für Zuglast:  $V_{Rk,c}$ ,  $V_{Rk,cp}$ ,  $N_{Rk,re}$ ,  $N_{Rk,a} = \gamma_c \cdot N_{Rd,a}$ ).

Die Kräfte der Befestigungselemente werden durch die Auswirkung eines Hammerschlags auf das Befestigungselement bei Vorhandensein eines Ringspalts unter Querlast verstärkt. Aus Gründen der Vereinfachung wird diese Auswirkung nur beim Widerstand der Befestigung betrachtet. Sind keine Angaben in der Europäischen Technischen Produktspezifikation vorhanden, dürfen die folgenden Werte für  $\alpha_{\text{gap}}$  verwendet werden, die auf einer begrenzten Anzahl von Prüfungen basieren.

Querbeanspruchung:

$\alpha_{\text{gap}} = 1,0$  ohne Lochspiel zwischen Befestigungselement und Anbauteil (allgemeiner Fall siehe 9.2 (7));

= 0,5 Verbindungen mit Lochspiel entsprechend Tabelle 6.1.

(3) Der Nachweis für Interaktion zwischen Zug- und Querkräften muss analog zu 7.2.3.1 und 7.2.3.2 ausgeführt werden. Er muss separat für Stahlbruch und andere Versagensarten als Stahlbruch nach Gleichung (C.9) bestimmt werden.

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

**Tabelle C.3 — Reduktionsfaktor  $\alpha_{eq}$**

Beanspruchung	Versagensart	Einzelnes Befestigungselement <sup>a</sup>	Gruppen von Befestigungselementen
Zuglast	Stahlbruch	1,0	1,0
	Kegelförmiger Betonausbruch		
	— Kopfbolzen und Hinterschnittdübel mit $k_1$ -Faktor, wie bei Kopfbolzen	1,0	0,85
	— alle anderen Befestigungselemente	0,85	0,75
	Versagen durch Herausziehen	1,0	0,85
	Kombiniertes Versagen durch Herausziehen und Betonbruch (Verbunddübel)	1,0	0,85
	Betonspalten	1,0	0,85
	lokaler Betonausbruch	1,0	0,85
Querlast	Stahlbruch der Bewehrung	1,0	1,0
	Verankerungsbruch der Bewehrung	0,85	0,75
	Stahlbruch	1,0	0,85
	Betonausbruch auf der last-abgewandten Seite:		
	— Kopfbolzen und Hinterschnittdübel mit $k_1$ -Faktor, wie bei Kopfbolzen	1,0	0,85
	— alle anderen Befestigungselemente	0,85	0,75
Betonkantenbruch	1,0	0,85	
Stahlbruch der Bewehrung	1,0	1,0	
Verankerungsbruch der Bewehrung	0,85	0,75	

<sup>a</sup> Das gilt auch, wenn nur ein Befestigungselement in einer Gruppe einer Zuglast ausgesetzt ist.

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd,i,eq}}\right)^{k_{15}} + \left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,i,eq}}\right)^{k_{15}} \leq 1 \quad (C.9)$$

Dabei sind

$N_{Ed}, V_{Ed}$  die Bemessungslasten der Befestigungselemente, einschließlich seismischer Auswirkungen auf die entsprechenden Versagensarten;

$k_{15}$  = 1 für Stahlbruch;  
 = 2/3 bei Befestigungselementen mit einer Zusatzbewehrung, die nur Zug- oder Querlasten aufnimmt;  
 = 1 in allen anderen Fällen.

ANMERKUNG Genauere Werte für  $k_{15}$  können der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation entnommen werden.

Die folgenden Werte müssen in Gleichung (C.9) verwendet werden

- im Fall von Stahlbruch: jeweils  $N_{Rd,s,eq}$  und  $V_{Rd,s,eq}$  für  $N_{Rd,i,eq}$  und  $V_{Rd,i,eq}$ ;
- im Fall von anderen Versagensarten als Stahlbruch: die größten Verhältnisse von  $N_{Ed}/N_{Rd,i,eq}$  und  $V_{Ed}/V_{Rd,i,eq}$ .

## C.6 Verschiebungen von Befestigungselementen

(1) Die Verschiebung eines Befestigungselementes unter Zug- und Querlasten im Grenzzustand der Schadensbegrenzung muss auf einen Wert  $\delta_{N,req(DLS)}$  und  $\delta_{V,req(DLS)}$  begrenzt werden, um die Anforderungen an z. B. Funktionalität und angenommene Auflagerbedingungen zu erfüllen. Diese Werte müssen auf Grundlage der Anforderungen der spezifischen Anwendung gewählt werden. Unter Annahme einer steifen Auflagers muss der bemessende Ingenieur bei der Analyse die zulässige Verschiebung festlegen, die mit der Anforderung an das Verhalten des Bauwerks vereinbar ist.

ANMERKUNG In zahlreichen Fällen wird die als zulässig angesehene Verschiebung im Zusammenhang mit der Bedingung eines steifen Auflagers in der Größenordnung von 3 mm angenommen.

(2) Wenn Verformungen (Verschiebungen oder Verdrehungen) für die Bemessung der Verbindung maßgebend sind (wie beispielsweise an sekundären seismischen Bauteilen oder Fassadenelementen) muss nachgewiesen werden, dass diese Verformungen durch die Befestigungselemente aufgenommen werden.

Die Verdrehung der Verbindung  $\theta_p$  (siehe Bild C.2c) ist durch Gleichung (C.10) definiert:

$$\theta_p = \delta_{N,eq}/s_{max} \quad (C.10)$$

Dabei ist

$\delta_{N,eq}$  die Verschiebung des Befestigungselementes unter seismischen Beanspruchungen;

$s_{max}$  der Abstand zwischen der äußersten Reihe von Befestigungselementen und dem gegenüberliegenden Rand der Grundplatte.

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

(3) Wenn die Verschiebung des Befestigungselementes  $\delta_{N,eq(DLS)}$  unter Zugbeanspruchung und/oder  $\delta_{V,eq(DLS)}$  unter Querbeanspruchung in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation größer sind als die entsprechenden erforderlichen Werte  $\delta_{N,req(DLS)}$  und/oder  $\delta_{V,req(DLS)}$ , darf der Bemessungswert des Widerstandes nach Gleichung (C.11) verringert werden.

$$N_{Rd,eq,red} = N_{Rd,eq} \cdot \frac{\delta_{N,req(DLS)}}{\delta_{N,eq(DLS)}} \quad (C.11a)$$

$$V_{Rd,eq,red} = V_{Rd,eq} \cdot \frac{\delta_{V,req(DLS)}}{\delta_{V,eq(DLS)}} \quad (C.11b)$$

(4) Müssen die Befestigungen und befestigte Bauteile nach einem Erdbeben funktionsfähig sein, sind die entsprechenden Verschiebungen zu berücksichtigen.

## Anhang D (informativ)

### Brandeinwirkung — Bemessungsverfahren

#### D.1 Allgemeines

- (1) Das Bemessungsverfahren gilt für einbetonierte Kopfbolzen, Ankerschienen und nachträglich montierte Befestigungselemente und ergänzt EN 1992-1-2.
- (2) Befestigungselemente unter Brandeinwirkung sollten eine Europäische Technische Produktspezifikation für die Verwendung in gerissenem Beton haben.
- (3) Die charakteristischen Widerstände unter Brandeinwirkung sollten der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation entnommen werden. Liegen keine derartigen Daten vor, sind in D.4 konservative Werte angegeben. Bei Ankerschienen sollten jedoch nur Versagensarten wie Betonausbruch und Herausziehen nach dem vorgegebenen Ansatz nachgewiesen werden, während der Nachweis für Stahlbruch auf den in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegebenen Werten basieren sollte. Im Fall von Verbunddübeln unter Zuglast sollte der Wert  $\tau_{Rk,fi}$  für den Nachweis bei kombiniertem Versagen durch Verbund- und Betonbruch der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation entnommen werden.
- (4) Der Feuerwiderstand ist nach EN 13501-2 unter Verwendung der ISO-Einheitstemperaturkurve (ETK) eingestuft.
- (5) Das Bemessungsverfahren behandelt Befestigungselemente unter Brandeinwirkung von nur einer Seite. Bei Brandeinwirkung von mehreren Seiten darf das Bemessungsverfahren nur verwendet werden, wenn der Randabstand des Befestigungselementes  $c \geq 300$  mm und  $c \geq 2h_{ef}$  beträgt.
- (6) Im Allgemeinen wird die Bemessung unter Brandeinwirkung nach dem in dieser Europäischen Norm angegebenen Bemessungsverfahren für Umgebungstemperatur durchgeführt. Es werden jedoch Teilsicherheitsbeiwerte und charakteristische Widerstände unter Brandeinwirkung anstelle der entsprechenden Werte bei Umgebungstemperatur verwendet.
- (7) Abplatzen von Beton durch Brandeinwirkung muss durch geeignete Maßnahmen verhindert oder bei der Bemessung berücksichtigt werden.

#### D.2 Teilsicherheitsbeiwerte

- (1) Der Wert des Faktors, der die Empfindlichkeit  $\gamma_{inst}$  von nachträglich montierten Befestigungselementen hinsichtlich der Montage berücksichtigt, hat seinen Ursprung in der Vorqualifikation des Produktes und ist produktabhängig. Deshalb sollte er nicht verändert werden.
- (2) Die Teilsicherheitsbeiwerte für Materialien  $\gamma_{M,fi}$  dürfen dem Nationalen Anhang eines Landes dieser Europäischen Norm entnommen werden.

ANMERKUNG Für Stahlbruch und Versagensarten des Betons unter Querbeanspruchung ist der empfohlene Wert  $\gamma_{M,fi} = 1,0$ . Für Versagensarten des Betons unter Zuglast ist  $\gamma_{M,fi} = 1,0 \cdot \gamma_{inst}$ .

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

### D.3 Lasten

Lasten von Befestigungen unter Brandeinwirkung sollten unter Verwendung der Lastkombinationen für außergewöhnliche Lasten, angegeben in EN 1990, bestimmt werden.

### D.4 Widerstand

#### D.4.1 Allgemeines

Sind keine charakteristischen Widerstände unter Brandeinwirkung in einer Europäischen Technischen Produktspezifikation verfügbar, dürfen die im Nachfolgenden angegebenen konservativen Werte verwendet werden.

#### D.4.2 Zuglast

##### D.4.2.1 Stahlbruch

Die charakteristische Zugfestigkeit  $\sigma_{Rk,s,fi}$  eines Befestigungselementes im Fall von Stahlbruch unter Brandeinwirkung, die in den folgenden Tabellen D.1 und D.2 angegeben ist, gilt auch für außerhalb des Betons befindliche ungeschützte Stahlteile des Befestigungselementes und darf bei der Bemessung verwendet werden. Der charakteristische Widerstand  $N_{Rk,s,fi}$  wird berechnet mit:

$$N_{Rk,s,fi} = \sigma_{Rk,s,fi} \cdot A_s \quad (D.1)$$

**Tabelle D.1 — Charakteristische Zugfestigkeit eines Befestigungselementes aus Kohlenstoffstahl unter Brandeinwirkung**

Befestigungselemente Bolzen/Gewinde- durchmesser	Verankerungstiefe $h_{ef}$ [mm]	Charakteristische Zugfestigkeit $\sigma_{Rk,s,fi}$ [N/mm <sup>2</sup> ] eines ungeschützten Befestigungselementes, hergestellt aus Kohlenstoffstahl nach EN 10025, im Fall von Brandeinwirkung			
		30 min (R15 bis R30)	60 min (R45 und R60)	90 min (R90)	120 min (≤ R120)
∅ 6	≥ 30	10	9	7	5
∅ 8	≥ 30	10	9	7	5
∅ 10	≥ 40	15	13	10	8
∅ 12 und größer	≥ 50	20	15	13	10

**Tabelle D.2 — Charakteristische Zugfestigkeit eines Befestigungselementes aus nichtrostendem Stahl unter Brandeinwirkung**

Befestigungselemente Bolzen/Gewinde- durchmesser	Verankerungstiefe $h_{ef}$ [mm]	Charakteristische Zugfestigkeit $\sigma_{Rk,s,fi}$ [N/mm <sup>2</sup> ] eines ungeschützten Befestigungselementes, hergestellt aus nichtrostendem Stahl oder mindestens Stahlgüte A4 nach ISO 3506, im Fall von Brandeinwirkung			
		30 min (R15 bis R30)	60 min (R45 und R60)	90 min (R90)	120 min (≤ R120)
∅ 6	≥ 30	10	9	7	5
∅ 8	≥ 30	20	16	12	10
∅ 10	≥ 40	25	20	16	14
∅ 12 und größer	≥ 50	30	25	20	16

**D.4.2.2 Kegelförmiger Betonausbruch**

(1) Der charakteristische Widerstand gegen kegelförmigen Betonausbruch sollte nach 7.2.1.4 (Kopfbolzen und nachträglich montierte Befestigungselemente) oder 7.4.1.4 (Ankerschienen) mit den folgenden Änderungen bestimmt werden.

(2) Der charakteristische Widerstand eines einzelnen Befestigungselementes (Anker von Ankerschienen), das nicht durch benachbarte Befestigungselemente (Anker) oder Betonränder beeinflusst wird und in Beton der Festigkeitsklassen C20/25 bis C50/60 montiert ist, darf nach den Gleichungen (D.2) und (D.3) berechnet werden.

$$N_{Rk,c,fi(90)}^0 = \frac{h_{ef}}{200} \cdot N_{Rk,c}^0 \leq N_{Rk,c}^0 \quad \text{für eine Brandeinwirkung bis zu 90 min} \quad (D.2)$$

$$N_{Rk,c,fi(120)}^0 = 0,8 \frac{h_{ef}}{200} \cdot N_{Rk,c}^0 \leq N_{Rk,c}^0 \quad \text{für eine Brandeinwirkung zwischen 90 min und 120 min} \quad (D.3)$$

Dabei ist

$h_{ef}$  die wirksame Verankerungstiefe;

$N_{Rk,c}^0$  der charakteristische Widerstand eines einzelnen Befestigungselementes in gerissenem Beton C20/25 bei Umgebungstemperatur nach 7.2.1.4.

(3) Der charakteristische Achsabstand  $s_{cr,N}$  und Randabstand  $c_{cr,N}$  sollten wie folgt gewählt werden

$$\begin{aligned} s_{cr,N} &= 2 c_{cr,N} = 4 h_{ef} \text{ (Kopfbolzen und nachträglich montierte Befestigungselemente);} \\ &= 2 c_{cr,N} \text{ nach Gleichung (7.62), aber nicht kleiner als } 4 h_{ef} \text{ (Ankerschienen).} \end{aligned}$$

**D.4.2.3 Versagen durch Herausziehen**

Der charakteristische Widerstand von Kopfbolzen und nachträglich montierten mechanischen Befestigungselementen, die in Beton der Klassen C20/25 bis C50/60 montiert sind, darf nach den Gleichungen (D.4) und (D.5) berechnet werden.

## DIN EN 1992-4:2019-04 EN 1992-4:2018 (D)

$$N_{Rk,p,fi(90)} = 0,25 \cdot N_{Rk,p} \quad \text{für eine Brandeinwirkung bis zu 90 min} \quad (D.4)$$

$$N_{Rk,p,fi(120)} = 0,20 \cdot N_{Rk,p} \quad \text{für eine Brandeinwirkung zwischen 90 min und 120 min} \quad (D.5)$$

Dabei ist

$N_{Rk,p}$  der charakteristische Widerstand gegen Herausziehen, in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation für gerissenen Beton C20/25 bei Umgebungstemperatur angegeben.

Für Verbunddübel und Verbundspreizdübel hängt die Verbundfestigkeit unter Brandeinwirkung von dem spezifischen Produkt ab. Gegenwärtig ist kein konservativer unterer Grenzwert verfügbar. Der charakteristische Widerstand gegen Versagen durch Herausziehen muss durch Brandprüfungen bestimmt werden.

### D.4.2.4 Betonspalten

Die Beurteilung der Versagensart Betonspalten infolge Brandeinwirkung wird nicht gefordert, da davon ausgegangen wird, dass die Spaltkräfte über die Bewehrung aufgenommen werden.

### D.4.2.5 Lokaler Betonausbruch

Die Beurteilung der Versagensart lokaler Betonausbruch ist aufgrund des erforderlichen Randabstandes nicht gefordert.

## D.4.3 Querlast

### D.4.3.1 Stahlbruch

(1) Für die charakteristische Scherfestigkeit  $\tau_{Rk,s,fi}$  eines querbelasteten Befestigungselementes ohne Hebelarm und bei der Versagensart Stahlbruch unter Brandeinwirkung dürfen die in den Tabellen D.1 und D.2 für die charakteristische Zugfestigkeit angegebenen Werte verwendet werden ( $\tau_{Rk,s,fi} = \sigma_{Rk,s,fi}$ ). Diese Werte gelten für ungeschützte Stahlteile des Befestigungselementes außerhalb des Betons und dürfen bei der Bemessung verwendet werden. Der charakteristische Widerstand  $V_{Rk,s,fi}$  wird wie folgt berechnet:

$$V_{Rk,s,fi} = \sigma_{Rk,s,fi} \cdot A_s \quad (D.6)$$

ANMERKUNG Eine begrenzte Anzahl von Prüfungen hat gezeigt, dass das Verhältnis von Scherfestigkeit zu Zugfestigkeit unter Brandeinwirkung über den Bemessungswert bei Umgebungstemperatur ansteigt. Hier wird angenommen, dass dieses Verhältnis gleich 1,0 ist. Das stellt eine Abweichung zum Verhalten bei kaltem Zustand dar, wo das Verhältnis kleiner als 1 ist.

(2) Der charakteristische Widerstand gegen Querlast eines querbelasteten Befestigungselementes mit Hebelarm darf nach 7.2.2.3.2 berechnet werden. Die charakteristische Zugfestigkeit ist jedoch nach D.4.2.1 begrenzt und der charakteristische Widerstand gegen Biegung eines einzelnen Befestigungselementes unter Brandeinwirkung  $M_{Rk,s,fi}^0$  sollte nach Gleichung (D.7) berechnet werden.

$$M_{Rk,s,fi}^0 = 1,2 \cdot W_{el} \cdot \sigma_{Rk,s,fi} \quad (D.7)$$

mit

$\sigma_{Rk,s,fi}$  nach D.4.2.1.

ANMERKUNG Dieser Ansatz beruht auf Annahmen.



#### D.4.3.2 Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite

(1) Der charakteristische Widerstand von Befestigungselementen, die in Beton der Klassen C20/25 bis C50/60 montiert sind, sollte unter Verwendung der Gleichungen (D.8) und (D.9) bestimmt werden.

$$V_{Rk,cp,fi(90)} = k_8 \cdot N_{Rk,c,fi(90)} \quad \text{für eine Brandeinwirkung bis zu 90 min} \quad (D.8)$$

$$V_{Rk,cp,fi(120)} = k_8 \cdot N_{Rk,c,fi(120)} \quad \text{für eine Brandeinwirkung zwischen 90 min und 120 min} \quad (D.9)$$

Dabei ist

$k_8$  der Faktor, der der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation (Umgebungstemperatur) zu entnehmen ist;

$N_{Rk,c,fi(90)}$ ,  $N_{Rk,c,fi(120)}$  nach D.4.2.2 berechnet.

#### D.4.3.3 Betonkantenbruch

(1) Der charakteristische Widerstand einer Befestigung mit Kopfbolzen und nachträglich montierten Befestigungselementen sollte nach 7.2.2.5 und ein Anker einer Ankerschiene nach 7.4.2.5 mit den folgenden Modifikationen berechnet werden.

(2) Der charakteristische Widerstand eines einzelnen Befestigungselementes, das in Beton der Klassen C20/25 bis C50/60 montiert ist, sollte unter Verwendung der Gleichungen (D.10) und (D.11) berechnet werden.

$$V_{Rk,c,fi(90)}^0 = 0,25 \cdot V_{Rk,c}^0 \quad \text{für eine Brandeinwirkung bis zu 90 min} \quad (D.10)$$

$$V_{Rk,c,fi(120)}^0 = 0,20 \cdot V_{Rk,c}^0 \quad \text{für eine Brandeinwirkung zwischen 90 min und 120 min} \quad (D.11)$$

Dabei ist

$V_{Rk,c}^0$  der Ausgangswert des charakteristischen Widerstandes eines einzelnen Befestigungselementes in gerissenem Beton C20/25 bei üblicher Umgebungstemperatur nach 7.2.2.5 (für Kopfbolzen und nachträglich montierte Befestigungselemente) und nach 7.4.2.5 (für Ankerschienen).

#### D.4.4 Kombinierte Zug- und Querlast

Die Nachweise nach 7.2.3 für Kopfbolzen und nachträglich montierte Befestigungselemente und nach 7.4.3 für Ankerschienen dürfen verwendet werden. Jedoch sollten die Bemessungslasten und Bemessungswiderstände, die in diesen Nachweisen verwendet werden, der Brandeinwirkung entsprechen.

## Anhang E (normativ)

### Merkmale für die Bemessung von Befestigungselementen, die in der Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben sein müssen

Die charakteristischen Werte, die für die Bemessung von Befestigungselementen verwendet werden, müssen durch die entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikationen bereitgestellt sein. Die Merkmale in Tabelle E.1 müssen für Befestigungselemente unter statischer Beanspruchung angegeben werden. Für die Bemessung von Befestigungselementen unter Ermüdungsbeanspruchung sind zusätzlich die Merkmale der Tabelle E.2 und für Befestigungselemente unter Erdbebeneinwirkungen sind die Merkmale der Tabelle E.3 erforderlich.

**Tabelle E.1 — Merkmale, für die Bemessung von Befestigungen unter statischer Beanspruchung, die einer Europäischen Technischen Produktspezifikation zu entnehmen sind**

Merkmal	Siehe	Art des Befestigungselements			
		nachträglich montiert		einbetoniert	
		mechanisch	chemisch	Kopfbolzen	Ankerschiene
$h_{ef}$	1.3 (2)	x	x	x	x
Bereich der Betonfestigkeitsklasse	1.5	x	x	x	x
$\gamma_{inst}$	4.4.2.1	x	x		
$E_s$ (optional)	6.2.1	x	x	x	x
$N_{Rk,s}$	7.2.1.3	x	x	x	
$k_{cr,N}; k_{ucr,N}$	7.2.1.4 (2); 7.4.1.5 (3)	x	x	x	x
$c_{cr,N}$	7.2.1.4 (3)	x	x	x	
$N_{Rk,p}$	7.2.1.5; 7.4.1.4	x		x	x
$\psi_{sus}^0; \tau_{Rk,cr}; \tau_{Rk,ucr}$	7.2.1.6 (2)		x		
$c_{min}; s_{min}; h_{min}$	7.2.1.7 (1); 7.4.1.6 (1)	x	x	x	x
$c_{cr,sp}$	7.2.1.7 (2); 7.4.1.6 (2)	x	x	x	x
$N_{Rk,sp}^0$	7.2.1.7 (2)	x	x	x	
$A_h$	7.2.1.8 (2)	(x)		x	
$V_{Rk,s}^0$	7.2.2.3.1 (1)	x	x	x	
$k_7$	7.2.2.3.1 (2)	x	x	x	

Merkmal	Siehe	Art des Befestigungselements			
		nachträglich montiert		einbetoniert	
		mechanisch	chemisch	Kopf- bolzen	Anker- schiene
$M_{Rk,s}^0$	7.2.2.3.2; 7.4.2.3.2	x	x	x	x
$k_8$	7.2.2.4 (2); 7.4.2.4	x	x	x	x
$d_{nom}, l_f$	7.2.2.5 (5)	x	x	x	
$k_{11}$	7.2.3.2 (2)	x	x	x	
$N_{Rk,s,a}; N_{Rk,s,c};$ $N_{Rk,s,l}^0; N_{Rk,s};$ $M_{Rk,s,flex}$	7.4.1.3 (1)				x
$s_{l,N}$	7.4.1.3 (2)				x
$s_{cr,N}$	7.4.1.5 (1b)				x
$V_{Rk,s}; V_{Rk,s,a};$ $V_{Rk,s,c}; V_{Rk,s,l}^0$	7.4.2.3.1 (1)				x
$s_{l,V}$	7.4.2.3.1 (2)				x
$k_{cr,V}, k_{ucr,V}$	7.4.2.5 (2)				x
$s_{cr,V}$	7.4.2.5 (3)				x
$h_{cr,V}$	7.4.2.5 (5)				x
$k_{13}; k_{14}$	7.4.3.1				x
Verschiebung des Befestigungs- elementes unter gegebener Zug- und Querlast	Abschnitt 11 (3 )	x	x	x	x
$N_{Rk,s,fi}; V_{Rk,s,fi};$ $M_{Rk,s,fi}^0$	D.1 (3)	x	x	x	x
$N_{Rk,p,fi}$	D.1 (3)	x		x	x
$\tau_{Rk,fi}$	D.1 (3)		x		
$F_{Rk}^0; M_{Rk,s}^0; \gamma_M; \gamma_{Ms};$ $s_{cr}; c_{cr}; h_{min}$	G.2; G.3	x	x	x	
$\psi_c; s_{min}; c_{min}$	G.2	x	x	x	
$\gamma_c; \gamma_{Ms,l}^a$		x	x	x	x

<sup>a</sup> Siehe Tabelle 4.1 für empfohlene Werte; Verweis auf eine Nationale Norm sollte hinzugefügt werden.

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)**

**Tabelle E.2 — Zusätzliche Merkmale, die für die Bemessung von Befestigungen unter Ermüdungsbeanspruchung verwendet werden und die einer Europäischen Technischen Produktspezifikation zu entnehmen sind**

Merkmal	Siehe	Art des Befestigungselements			
		nachträglich montiert		einbetoniert	
		mechanisch	chemisch	Kopfbolzen	Ankerschiene
$\psi_{F,N}; \Delta N_{Rk,s}; \Delta N_{Rk,p}$	8.3.1	x	x	x	
$\psi_{F,V}; \Delta V_{Rk,s}$	8.3.2	x	x	x	
$\alpha_s, \alpha_c$	8.3.3	x	x	x	
maximale Anzahl von Lastspielen		x	x	x	

**Tabelle E.3 — Zusätzliche Merkmale, die für die Bemessung von Befestigungen unter Erdbebenbeanspruchung verwendet werden und die einer Europäischen Technischen Produktspezifikation zu entnehmen sind**

Merkmal	Siehe	Art des Befestigungselements			
		nachträglich montiert		einbetoniert	
		mechanisch	chemisch	Kopfbolzen	Ankerschiene
Leistungskategorie	C.2 (1)	x	x	x	
Bruchdehnung ( $A_5$ )	C.3 (3) c)	x	x	x	
$\alpha_{gap}$	C.5 (2)	x	x	x	
$N_{Rk,s,eq}; V_{Rk,s,eq}$	9.4 (1); C.5 (2)	x	x	x	
$N_{Rk,p,eq}$	9.4 (1); C.5 (2)	x		x	
$\tau_{Rk,eq}$	9.4 (1); C.5 (2)		x		
$k_{15}$	C.5 (3)	x	x	x	
$\delta_{N,eq(ULS)}, \delta_{V,eq(ULS)}$	9.2 (6)	x	x	x	
$\delta_{N,eq(DLS)}, \delta_{V,eq(DLS)}$	9.2 (6); C.6 (3)	x	x	x	

## **Anhang F**

### **(normativ)**

## **Annahmen für Bemessungsregeln bezüglich der Ausführung von Befestigungen**

### **F.1 Allgemeines**

In dieser Europäischen Norm wurden die folgenden Annahmen hinsichtlich der Montage und Ausführung der entsprechenden Arten von Befestigungselementen und hinsichtlich der Auslegung der Schweißnähte an Kopfbolzen getroffen. Die Montageanweisungen sollten die nachfolgend aufgeführten Annahmen für die entsprechende Art des Befestigungselementes widerspiegeln.

### **F.2 Nachträglich montierte Befestigungselemente**

- a) Der Beton wurde im Bereich der Befestigung ausreichend verdichtet. Dies sollte vor und während der Montage geprüft werden, z. B. durch Sichtprüfung.
- b) Die Anforderungen an die Bohrarbeiten und das Bohrloch sind erfüllt wenn:
  - 1) Löcher werden, wenn nicht anders durch die Montageanweisungen des Herstellers konkret gefordert, senkrecht zur Oberfläche des Betons gebohrt.
  - 2) Das Bohren wird unter Berücksichtigung der Montageanweisungen des Herstellers durchgeführt.
  - 3) Es werden Hammerbohrer verwendet, die mit ISO-Normen (z. B. ISO 5468) oder Nationalen Normen übereinstimmen.
  - 4) Der Durchmesser des Segmentes für das Diamantkernbohren stimmt mit dem vorgeschriebenen Durchmesser überein.
  - 5) Löcher sind entsprechend der Montageanweisungen des Herstellers, die typischerweise in der Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben sind, gereinigt.
  - 6) Nicht vollständig gebohrte oder ungenutzte Bohrlöcher sind mit nichtschwindendem Mörtel gefüllt, der eine Festigkeit besitzt, die mindestens gleich dem Verankerungsgrund und  $\geq 40 \text{ N/mm}^2$  ist.

Viele Bohrer haben eine Markierung, die kennzeichnet, dass sie in Übereinstimmung mit ISO-Normen (z. B. ISO 5468) oder nationalen Normen sind. Wenn der Bohrer keine Konformitätsmarkierung trägt, sollte ein Nachweis für die Eignung geliefert werden.

- c) Überprüfung und Abnahme der korrekten Montage der Befestigungselemente wird von einer ausreichend qualifizierten Person ausgeführt.
- d) Die Bewehrung in der Nähe des Bohrloches sollte während des Bohrens nicht beschädigt werden. In vorgespannten Betonbauteilen muss der Abstand zwischen dem Bohrloch und der vorgespannten Bewehrung mindestens 50 mm betragen; für die Bestimmung der Position der vorgespannten Bewehrung im Bauwerk darf ein geeignetes Gerät, z. B. ein Bewehrungssuchgerät, verwendet werden.

## **DIN EN 1992-4:2019-04 EN 1992-4:2018 (D)**

### **F.3 Kopfbolzen**

Befestigungselemente werden nach einem Qualitätssicherungssystem eingebaut, das mindestens die folgenden Punkte enthalten muss:

- Das Schweißverfahren für Bolzen ist in Übereinstimmung mit den Festlegungen durchgeführt worden, die in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben sind.
- Das Befestigungselement ist so befestigt, dass während des Einbaus der Bewehrung oder während Einbringen und Verdichten des Betons keine Bewegung des Befestigungselementes auftreten wird.
- Anforderungen an ausreichende Verdichtung besonders unter dem Kopf des Befestigungselementes und unter dem Anbauteil sowie Vorkehrungen für Belüftungsöffnungen im Anbauteil sind erfüllt. Anbauteile, die 400 mm × 400 mm oder größer sind, erfordern im Allgemeinen Belüftungsöffnungen.
- Überprüfung und Abnahme der korrekten Montage der Befestigungselemente wird von einer ausreichend qualifizierten Person ausgeführt.

Die Befestigungselemente dürfen unmittelbar nach dem Einbringen des Frischbetons eingerüttelt (nicht einfach eingedrückt) werden, vorausgesetzt die folgenden Anforderungen sind erfüllt:

- Die Größe des Anbauteils und die Anzahl der Befestigungselemente sind so, dass die Befestigung zeitgleich während des Verdichtens durch verfügbares Personal verlegt werden kann. Anbauteile, die 200 mm × 200 mm und kleiner und aus bis zu 4 Befestigungselementen bestehen, erfüllen im Allgemeinen die Anforderungen.
- Die Befestigungen werden nach Beendigung des Verdichtens nicht bewegt.
- Der Beton unter dem Kopf des Kopfbolzens sowie unter der Grundplatte ist ordnungsgemäß verdichtet.

### **F.4 Ankerschienen**

- a) Die Ankerschiene ist auf eine Art befestigt, dass während des Einbaus der Bewehrung oder während dem Einbringen und Verdichten des Betons keine Bewegung der Ankerschiene auftreten wird.
- b) Der Beton ist besonders unter dem Kopf des Ankers und unter der Schiene ordnungsgemäß verdichtet.
- c) Verlegen der Ankerschiene nur durch Hineindrücken in den Frischbeton ist nicht zulässig.
- d) Ankerschienen können unmittelbar nach dem Einbringen in den Frischbeton nach einem Qualitätssicherungssystem, das mindestens die folgenden Punkte enthält, eingerüttelt werden:
  - 1) Wenn sie von einer Person verlegt wird, ist die Länge der Ankerschiene auf 1 m begrenzt, sodass sie während des Verdichtens zeitgleich eingebracht werden kann. Längere Schienen sollten von mindestens zwei Personen verlegt werden.
  - 2) Die Ankerschienen werden nach Beendigung des Verdichtens nicht bewegt.
  - 3) Der Beton ist im Bereich des Ankers und der Ankerschiene ordnungsgemäß verdichtet.
- e) Überprüfung und Abnahme der korrekten Montage der Ankerschienen wird von einer ausreichend qualifizierten Person ausgeführt.

## Anhang G (normativ)

### Bemessung von nachträglich montierten Befestigungselementen - vereinfachte Verfahren

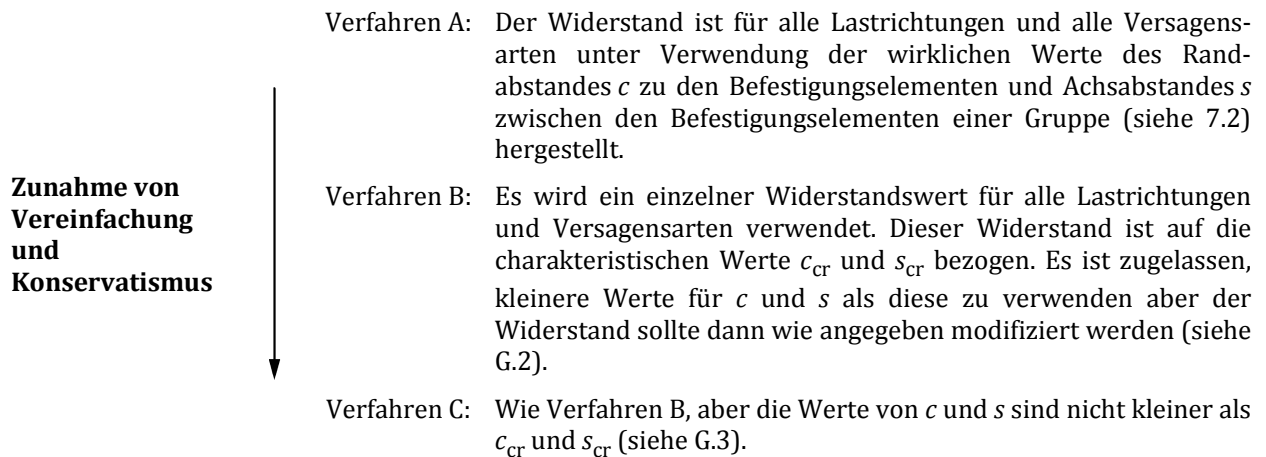
#### G.1 Allgemeines

**G.1.1** Dieser Anhang gilt, wenn

- die auf die Befestigungsmittel wirkenden Kräfte unter Verwendung der Elastizitätstheorie berechnet wurden,
- die Anforderungen von 4.5 und Anhang F eingehalten wurden.

**G.1.2** Für die Bemessung von nachträglich montierten Befestigungselementen im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind drei verschiedene Bemessungsverfahren vorhanden.

Die Verfahren unterscheiden sich im Grad der Vereinfachung und des Konservatismus:



Jedes Verfahren hat weitere Optionen unter Beachtung von

- a) der Verwendung von Befestigungselementen in gerissenem und ungerissenem Beton oder ausschließlich ungerissenem Beton; und
- b) der Betonfestigkeitsklasse für die der Widerstand gilt.

Das anzuwendende Bemessungsverfahren und die entsprechenden Daten sind in der relevanten Europäischen Technischen Produktspezifikation gegeben. Jedes Bemessungsverfahren erfordert seinen eigenen technischen Datensatz. Für die Bemessungsverfahren A, B und C sind die geforderten Daten in Tabelle E.1 und in den Unterabschnitten G.2 und G.3 gegeben.

## DIN EN 1992-4:2019-04 EN 1992-4:2018 (D)

### G.2 Verfahren B

Verfahren B verwendet einen einzelnen Wert für den charakteristischen Widerstand  $F_{Rk}^0$ , der für alle Lastrichtungen und Versagensarten und für eine gegebene Betondruckfestigkeit unter den folgenden Bedingungen gilt:

- a) Der Bemessungswert des Widerstandes  $F_{Rd}$  ist gleich dem Grundbemessungswert des Widerstandes  $F_{Rd}^0$  nach Gleichung (G.1), wenn der Achsabstand  $s_{cr}$  und der Randabstand  $c_{cr}$  eingehalten werden.

$$F_{Rd}^0 = F_{Rk}^0 / \gamma_M \quad (G.1)$$

- b) Sind die wirklichen Werte für den Achsabstand und den Randabstand kleiner als die Werte  $s_{cr}$  und  $c_{cr}$ , muss der Bemessungswiderstand nach Gleichung (G.2) berechnet werden.

$$F_{Rd} = \frac{1}{n} \cdot \frac{A_c}{A_c^0} \cdot \psi_s \cdot \psi_{re} \cdot \psi_c \cdot F_{Rd}^0 \quad (G.2)$$

Dabei ist

$n$  die Anzahl der belasteten Befestigungselemente.

Die Auswirkung des Achsabstandes und des Randabstandes wird durch die Faktoren  $A_c/A_c^0$  und  $\psi_s$  berücksichtigt. Die Faktoren  $A_c/A_c^0$  und  $\psi_s$  sollten nach 7.2.1.4 berechnet werden, wobei jeweils  $A_{c,N}$ ,  $A_{c,N}^0$ ,  $s_{cr,N}$  und  $c_{cr,N}$  durch  $A_c$ ,  $A_c^0$ ,  $s_{cr}$  und  $c_{cr}$  ersetzt werden. Die Auswirkung einer Bewehrung mit engen Achsabständen wird durch den Faktor  $\psi_{re}$  berücksichtigt. Der Faktor  $\psi_{re}$  wird nach 7.2.1.4 (5) berechnet. Der Faktor  $\psi_c$  berücksichtigt den Einfluss der Druckfestigkeit und den Widerstand des Betons. Der Faktor  $\psi_c$  ist in der Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben.

- c) Im Fall von Gruppen von Befestigungselementen muss gezeigt werden, dass die Bemessungslast, die auf das am höchsten belastete Befestigungselement einwirkt, die Werte in Gleichung (G.2) nicht überschreitet.
- d) Im Fall von Querlast mit Hebelarm muss der charakteristische Widerstand des Befestigungselementes  $V_{Rk,s,M}$  nach Gleichung (7.37) berechnet werden, wobei  $N_{Rd,s}$  in Gleichung (7.38) durch den Bemessungswiderstand  $F_{Rd}^0$  nach Gleichung (G.1) ersetzt wird.
- e) Der Wert  $V_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$  muss auf den Wert  $F_{Rd}$  nach Gleichung (G.2) begrenzt werden.
- f) Für Verbunddübel muss der Wert  $F_{Rk}^0$  mit  $\psi_{sus}$  nach Gleichung (7.14) multipliziert werden.

Die Werte für  $F_{Rk}^0$ ,  $M_{Rk,s}^0$ ,  $\gamma_M$ ,  $\gamma_{Ms}$ ,  $\psi_c$ ,  $s_{cr}$ ,  $c_{cr}$ ,  $s_{min}$ ,  $c_{min}$  und  $h_{min}$  sind in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben.

### G.3 Verfahren C

Verfahren C verwendet einen einzelnen Wert für den charakteristischen Widerstand  $F_{Rk}$ , der für alle Lastrichtungen und Versagensarten gilt. Verfahren C gilt nur für Werte von  $c$  und  $s$  die jeweils nicht kleiner sind als  $c_{cr}$  und  $s_{cr}$ . Der Bemessungswiderstand  $F_{Rd}$  wird berechnet mit:

$$F_{Rd} = F_{Rk} / \gamma_M \quad (G.3)$$



Im Fall von Querlast mit Hebelarm muss der charakteristische Widerstand des Befestigungselementes  $V_{Rk,s,M}$  nach Gleichung (7.37) berechnet werden, wobei  $N_{Rd,s}$  in Gleichung (7.38) durch den Bemessungswiderstand  $F_{Rd}$  ersetzt wird. Der Wert  $V_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$  muss auf den Wert  $F_{Rd}$  begrenzt werden.

Für Verbunddübel muss der Wert  $F_{Rk}$  mit  $\psi_{sus}$  nach Gleichung (7.14) multipliziert werden.

Die Werte für  $F_{Rk}$ ,  $M_{Rk,s}^0$ ,  $\gamma_M$ ,  $\gamma_{Ms}$ ,  $s_{cr}$ ,  $c_{cr}$  und  $h_{min}$  sind in der entsprechenden Europäischen Technischen Produktspezifikation angegeben.

**DIN EN 1992-4:2019-04**  
**EN 1992-4:2018 (D)****Literaturhinweise**

- [1] EN 1992-2, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 2: Betonbrücken — Bemessungs- und Konstruktionsregeln*
- [2] EN 1992-3, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 3: Silos und Behälterbauwerke aus Beton*
- [3] EN 1993-1-8, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen*
- [4] EN 1998-2, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 2: Brücken*
- [5] EN 1998-3, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 3: Beurteilung und Ertüchtigung von Gebäuden*
- [6] EN 1998-4, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 4: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen*
- [7] EN 1998-5, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 5: Gründungen, Stützbauwerke und geotechnische Aspekte*
- [8] EN 1998-6, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 6: Türme, Maste und Schornsteine*
- [9] EN 10025 (alle Teile), *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen*
- [10] EN 10080, *Stahl für die Bewehrung von Beton — Schweißgeeigneter Betonstahl — Allgemeines*
- [11] EN 10088-2, *Nichtrostende Stähle — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für Blech und Band aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung*
- [12] EN 10088-3, *Nichtrostende Stähle — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für Halbzeug, Stäbe, Walzdraht, gezogenen Draht, Profile und Blankstahlerzeugnisse aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung*
- [13] EN 13501-2, *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten — Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen*
- [14] CEN/TR 15728, *Bemessung und Anwendung von Transportankern für Betonfertigteile*
- [15] CEN/TR 17079, *Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton — Redundante nicht tragende Systeme*
- [16] CEN/TR 17080, *Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton — Ankerschienen — Ergänzende Regelungen*
- [17] CEN/TR 17081, *Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton — Traglastverfahren für Befestigungsmittel von Kopfbolzen und Dübel*
- [18] EN ISO 898-1, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 1: Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen — Regelgewinde und Feingewinde (ISO 898-1)*

- [19] EN ISO 898-2, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 2: Muttern mit festgelegten Festigkeitsklassen — Regelgewinde und Feingewinde (ISO 898-2)*
- [20] EN ISO 3506 (alle Teile), *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen (ISO 3506, alle Teile)*
- [21] ISO 5468, *Rotary and rotary impact masonry drill bits with hardmetal tips —Dimensions*
- [22] ISO 5922, *Malleable cast iron*

