

ETAG 001

**Leitlinie für die europäische technische Zulassung
für
Metalldübel zur Verankerung im Beton
Anhang C: Bemessungsverfahren für Verankerungen**

Fassung August 2010



Impressum

Deutsches Institut für Bautechnik
vertreten durch den Präsidenten
Herrn Dipl.-Ing. Breitschaft
Kolonnenstraße 30 B
10829 Berlin

Telefon +49 (0)30 / 78730 244
Telefax +49 (0)30 / 78730 320
E-Mail dibt@dibt.de
www.dibt.de

Berlin 2012

Vorbemerkung

Die Leitlinie für die europäische technische Zulassung für Metalldübel zur Verankerung im Beton wurde am 16. Februar 2012 in der deutschen Fassung, übersetzt durch das Deutsche Institut für Bautechnik, durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung bekannt gegeben:

*Bekanntmachung
der Leitlinie
für die europäische technische Zulassung
für Metalldübel zur Verankerung im Beton
(ETAG 001, Teile 3, 5, 6 und Anhang C)*

Vom 28. Oktober 2011

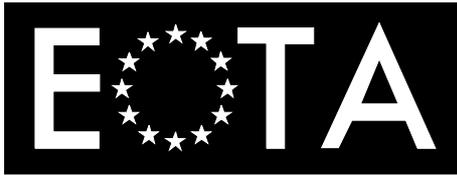
Gemäß § 3 Absatz 1 Satz 2 des Bauproduktengesetzes (BauPG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. April 1998 (BGBl. I S. 812), das zuletzt durch Artikel 76 der Verordnung vom 31. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2407) geändert worden ist, wird die folgende Leitlinie der Europäischen Organisation für Technische Zulassungen EOTA bekannt gemacht. Auf Grund dieser Leitlinie können von dafür anerkannten Stellen europäische technische Zulassungen nach Artikel 8 der Bauproduktenrichtlinie bzw. § 6 BauPG für Metalldübel zur Verankerung im Beton erteilt werden.

Deutsche Stelle für die Erteilung europäischer technischer Zulassungen ist das Deutsche Institut für Bautechnik, Kolonnenstraße 30 B, 10829 Berlin.

*Berlin, den 28. Oktober 2011
B 11 – 8128-1/4*

*Bundesministerium
für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
Im Auftrag
M e n z e r*

(Quelle: Bundesanzeiger, ausgegeben am Donnerstag, dem 16. Februar 2012, Jg. 64, Nr. 27a)



European Organisation for Technical Approvals
Europäische Organisation für Technische Zulassungen
Organisation Européenne pour l'Agrément Technique

ETAG 001
Ausgabe 1997

LEITLINIE FÜR DIE EUROPÄISCHE TECHNISCHE ZULASSUNG
FÜR
METALLDÜBEL
ZUR VERANKERUNG IM BETON

**Anhang C: BEMESSUNGSVERFAHREN FÜR
VERANKERUNGEN**

Geändert Oktober 2001
2. Änderung November 2006
3. Änderung August 2010

EOTA©
Avenue des Arts 40 Kunstlaan,
B - 1040 Brüssel

INHALTSVERZEICHNIS
ANHANG C Bemessungsverfahren für Verankerungen

Einleitung	6
1 Geltungsbereich.....	6
1.1 Dübelarten, Dübelgruppen und Dübelanzahl	6
1.2 Betonbauteile	7
1.3 Lastarten und -richtungen	7
1.4 Sicherheitsklassen	7
2 Begriffe und Formelzeichen.....	8
2.1 Indizes	8
2.2 Einwirkungen und Widerstände	8
2.3 Beton und Stahl.....	8
2.4 Charakteristische Dübelkennwerte (siehe Bild 2.1)	9
3 Bemessungs- und Sicherheitskonzept	10
3.1 Allgemeines.....	10
3.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	10
3.2.1 Bemessungswert des Widerstandes.....	10
3.2.2 Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände	11
3.2.2.1 Betonversagen, Versagen durch Spalten und Herausziehen.....	11
3.2.2.2 Stahlversagen.....	11
3.3 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.....	11
4 Statische Nachweise	12
4.1 Ungerissener und gerissener Beton.....	12
4.2 Lasteinwirkungen auf den Dübel.....	12
4.2.1 Zuglasten	12
4.2.2 Querlasten.....	14
4.2.2.1 Verteilung der Querlasten.....	14
4.2.2.2 Ermittlung der Querlasten.....	15
4.2.2.3 Querlasten ohne Hebelarm	17
4.2.2.4 Querlasten mit Hebelarm.....	18
5 Grenzzustand der Tragfähigkeit	19
5.1 Allgemeines.....	19
5.2 Bemessungsverfahren A.....	20
5.2.1 Allgemeines.....	20
5.2.2 Widerstand bei Zugbeanspruchung	20
5.2.2.1 Erforderliche Nachweise.....	20
5.2.2.2 Stahlversagen.....	20
5.2.2.3 Versagen durch Herausziehen	20
5.2.2.4 Betonausbruch	20
5.2.2.5 Versagen durch Spalten bei Dübelmontage.....	24
5.2.2.6 Versagen durch Spalten bei Belastung	24
5.2.3 Widerstand bei Querbeanspruchung	25
5.2.3.1 Erforderliche Nachweise.....	25
5.2.3.2 Stahlversagen.....	25
5.2.3.3 Pryout-Versagen (Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite)	26
5.2.3.4 Betonkantenbruch	27
5.2.4 Widerstand bei kombinierter Zug- und Querbeanspruchung	33
5.3 Bemessungsverfahren B.....	34
5.4 Bemessungsverfahren C.....	35
6 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.....	35
6.1 Verschiebungen	35
6.2 Querlast mit wechselndem Vorzeichen.....	35
7 Zusätzliche Nachweise zur Sicherung der charakteristischen Bauteiltragfähigkeit.....	35
7.1 Allgemeines.....	35
7.2 Quertragfähigkeit des Betonbauteils	36
7.3 Widerstand gegen Spaltkräfte.....	37

Einleitung

Die Bemessungsverfahren für Verankerungen dienen der Bemessung von Dübelverankerungen nach dem Sicherheits- und Bemessungskonzept im Rahmen der europäischen technischen Zulassungen (ETA).

Die Bemessungsverfahren im Anhang C beruhen auf der Annahme, dass die erforderlichen Versuche zur Beurteilung der zulässigen Anwendungsbedingungen entsprechend Teil 1 und den nachfolgenden Teilen durchgeführt wurden. Daher ist der Anhang C eine Vorbedingung für die Beurteilung der Dübel. Bei Verwendung anderer Bemessungsverfahren sind die durchzuführenden Versuche erneut zu überprüfen.

Die ETAs für Dübel enthalten nur die charakteristischen Kennwerte der einzelnen zugelassenen Dübel. Die Bemessung der Verankerungen (z. B. Anordnung von Dübeln in einer Dübelgruppe, Einfluss von Bauteilrändern oder -ecken auf die charakteristische Tragfähigkeit) muss nach den in den Kapiteln 3 bis 5 beschriebenen Bemessungsverfahren unter Berücksichtigung der entsprechenden charakteristischen Dübelkennwerte erfolgen.

Kapitel 7 enthält zusätzliche Nachweise zur Sicherung der charakteristischen Bauteiltragfähigkeit, die für alle Dübelssysteme gleichermaßen zutreffen.

Die Bemessungsverfahren gelten für alle Dübelarten. Jedoch sind die nachstehend aufgeführten Gleichungen nur für Dübel zu verwenden, die den vorliegenden Erfahrungen entsprechen (siehe Anhang B). Sind die Werte für charakteristische Tragfähigkeit, Achsabstände, Randabstände zwischen Bemessungsverfahren und ETA unterschiedlich, so gelten die in der ETA angegebenen Werte. Bei Fehlen nationaler Vorschriften können die nachstehend aufgeführten Teilsicherheitsbeiwerte verwendet werden.

1 Geltungsbereich

1.1 Dübelarten, Dübelgruppen und Dübelanzahl

Die Bemessungsverfahren gelten für die Bemessung von Verankerungen in Beton mit zugelassenen Dübeln, die die Anforderungen dieser Leitlinie erfüllen. Die charakteristischen Dübelkennwerte sind in der jeweiligen ETA aufgeführt.

Die Bemessungsverfahren gelten für Einzeldübel und Dübelgruppen. Bei einer Dübelgruppe werden die Lasten über ein steifes Anbauteil in die einzelnen Dübel der Gruppe übertragen. In einer Dübelgruppe sind nur Dübel gleicher Art, Größe und Länge zu verwenden.

Die Bemessungsverfahren umfassen Einzeldübel und Dübelgruppen nach Bild 1.1 und 1.2. Andere Dübelanordnungen, z. B. in dreieckiger oder runder Form, sind ebenfalls zulässig; jedoch sollten die Vorschriften dieses Bemessungsverfahrens auf der Grundlage von ingenieurmäßiger Planung angewendet werden.

Diese Bemessung gilt grundsätzlich nur, wenn der Durchmesser d_f des Durchgangslochs im Anbauteil nicht größer als der Wert nach Tabelle 4.1 ist.

Ausnahmen:

- Für zugbelastete Verankerungen ist ein größerer Durchmesser des Durchgangslochs nur akzeptabel, wenn eine entsprechende Unterlegscheibe verwendet wird.
- Für Verankerungen, die Querbeanspruchung oder kombinierter Zug- und Querbeanspruchung ausgesetzt sind, wenn der Spalt zwischen dem Loch und dem Anbauteil mit Mörtel ausreichender Druckfestigkeit verfüllt oder mit anderen geeigneten Mitteln beseitigt wird.

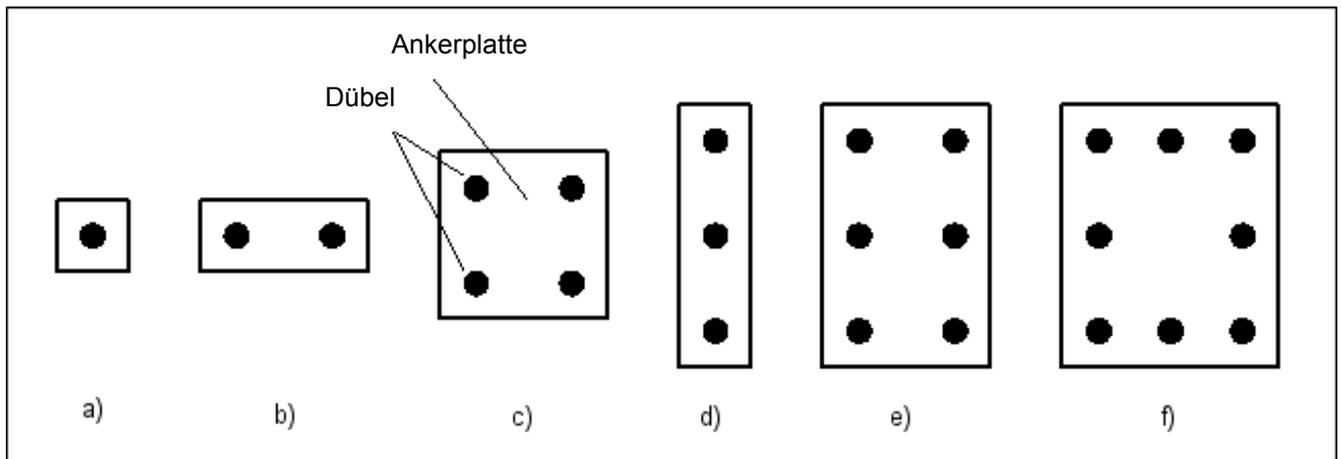


Bild 1.1 Verankerungen, die durch die Bemessungsverfahren abgedeckt sind
 - alle Lastrichtungen, wenn sich Dübel randfern befinden ($c \geq \max(10 h_{ef}, 60 d)$)
 - nur Zugbelastung, wenn sich Dübel randnah befinden ($c < \max(10 h_{ef}, 60 d)$)

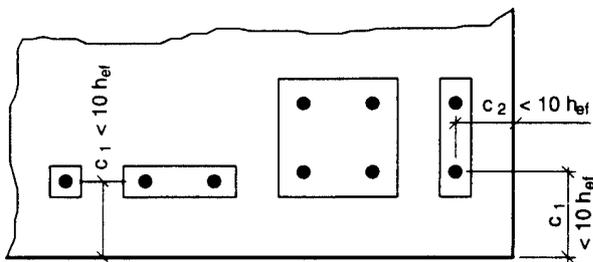


Bild 1.2 Verankerungen, die durch die Bemessungsverfahren abgedeckt sind
 Querbeanspruchung, wenn sich Dübel randnah befinden ($c < \max(10 h_{ef}, 60 d)$)

1.2 Betonbauteile

Das Betonbauteil muss aus Normalbeton mindestens der Festigkeitsklasse C20/25 und höchstens C50/60 nach EN 206 [8] bestehen und darf nur durch vorwiegend ruhende Lasten beansprucht werden. Der Beton darf gerissen oder ungerissen sein. Im Regelfall ist aus Gründen der Einfachheit von gerissenem Beton auszugehen; andernfalls ist nachzuweisen, dass der Beton ungerissen ist (siehe 4.1).

1.3 Lastarten und -richtungen

Die Bemessungsverfahren gelten für Dübel unter vorwiegend ruhender Belastung. Sie gelten nicht für Dübel, die Druckbeanspruchungen oder Stoß- oder Erdbebenlasten unterliegen.

1.4 Sicherheitsklassen

Verankerungen, die diesen Bemessungsverfahren entsprechen, berücksichtigen Verankerungen, bei deren Versagen eine Gefahr für Leben oder Gesundheit von Menschen und/oder erhebliche wirtschaftliche Folgen bestehen.

2 Begriffe und Formelzeichen

Die in den Bemessungsverfahren häufig verwendeten Formelzeichen sind nachfolgend erläutert. Weitere Begriffe sind im Text erklärt.

2.1 Indizes

S	=	Einwirkung
R	=	Widerstand
M	=	Werkstoff
k	=	charakteristischer Wert
d	=	Bemessungswert
s	=	Stahl
c	=	Beton
cp	=	Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite
p	=	Herausziehen
sp	=	Spalten
u	=	Höchstwert
y	=	Streckgrenze

2.2 Einwirkungen und Widerstände

F	=	Kraft im Allgemeinen (resultierende Kraft)
N	=	Normalkraft (positiv: Zugkraft; negativ: Druckkraft)
V	=	Querkraft
M	=	Moment

$F_{Sk} (N_{Sk}; V_{Sk}; M_{Sk}; M_{T,Sk})$ = charakteristischer Wert der auf einen Einzeldübel oder auf die Ankerplatte einer Dübelgruppe einwirkenden Kraft (Normalkraft, Querkraft, Biegemoment, Torsionsmoment)

$F_{Sd} (N_{Sd}; V_{Sd}; M_{Sd}, M_{T,Sd})$ = Bemessungswert der Einwirkung

$N_{Sd}^h (V_{Sd}^h)$ = Bemessungswert der einwirkenden Zugkraft (Querkraft) für den höchstbeanspruchten Dübel einer Dübelgruppe, berechnet nach 4.2

$N_{Sd}^g (V_{Sd}^g)$ = Bemessungswert der Summe (resultierenden) der einwirkenden Zug(Quer-)Lasten auf die zugbeanspruchten (querbeanspruchten) Dübel einer Gruppe, berechnet nach 4.2

$F_{Rk} (N_{Rk}; V_{Rk})$ = charakteristischer Wert des Widerstandes eines Einzeldübels bzw. einer Dübelgruppe (Normalkraft, Querkraft)

$F_{Rd} (N_{Rd}; V_{Rd})$ = Bemessungswert des Widerstandes

2.3 Beton und Stahl

$f_{ck,cube}$ = charakteristische Druckfestigkeit des Betons, gemessen an Würfeln von 150 mm Seitenlänge (Wert der Betonfestigkeitsklasse nach EN 206 [8])

f_{yk} = charakteristische Streckgrenze des Stahls (Nennwert)

f_{uk} = charakteristische Zugfestigkeit des Stahls (Nennwert)

A_S = Spannungsquerschnitt des Stahls

W_{el} = elastisches Widerstandsmoment, ermittelt aus dem Spannungsquerschnitt des Stahls ($\frac{\pi d^3}{32}$ für einen Rundquerschnitt mit Durchmesser d)

2.4 Charakteristische Dübelkennwerte (siehe Bild 2.1)

a	=	Abstand zwischen den äußeren Dübeln benachbarter Dübelgruppen oder zu Einzeldübeln
a_1	=	Abstand zwischen den äußeren Dübeln benachbarter Dübelgruppen oder zu Einzeldübeln in Richtung 1
a_2	=	Abstand zwischen den äußeren Dübeln benachbarter Dübelgruppen oder zu Einzeldübeln in Richtung 2
b	=	Breite des Betonbauteils
c	=	Randabstand
c_1	=	Randabstand in Richtung 1; bei randnahen Verankerungen mit Querbeanspruchung ist c_1 der Randabstand in Richtung der Last (siehe Bild 2.1b und Bild 5.7)
c_2	=	Randabstand in Richtung 2; Richtung 2 ist senkrecht zu Richtung 1
c_{cr}	=	Randabstand zur Gewährleistung der Übertragung des charakteristischen Widerstandes (Bemessungsverfahren B und C)
$c_{cr,N}$	=	Randabstand zur Gewährleistung der Übertragung des charakteristischen Zugwiderstandes eines Einzeldübels ohne Einfluss von Achs- und Randabstand bei Versagen durch Betonausbruch (Bemessungsverfahren A)
$c_{cr,sp}$	=	Randabstand zur Gewährleistung der Übertragung des charakteristischen Zugwiderstandes eines Einzeldübels ohne Einfluss von Achs- und Randabstand bei Versagen durch Spalten des Betons (Bemessungsverfahren A)
c_{min}	=	minimaler zulässiger Randabstand
d	=	Durchmesser des Dübelbolzens oder Gewindedurchmesser
d_{nom}	=	Außendurchmesser des Dübels
d_o	=	Bohrerinnendurchmesser
h	=	Dicke des Betonbauteils
h_{ef}	=	effektive Verankerungstiefe
h_{min}	=	Mindestbauteildicke
l_f	=	wirksame Dübellänge bei Querlast. Für Bolzen mit einem gleichmäßigen Querschnitt über die Dübellänge ist der Wert h_{ef} für die wirksame Dübellänge zu verwenden. Für Dübel mit verschiedenen Hülsen und verengten Querschnitten darf die wirksame Länge nur von der Betonoberfläche bis zur relevanten Hülse angesetzt werden.
s	=	Achsabstand innerhalb einer Dübelgruppe
s_1	=	Achsabstand innerhalb einer Dübelgruppe in Richtung 1
s_2	=	Achsabstand innerhalb einer Dübelgruppe in Richtung 2
s_{cr}	=	Achsabstand zur Gewährleistung der Übertragung des charakteristischen Widerstandes (Bemessungsverfahren B und C)
$s_{cr,N}$	=	Achsabstand zur Gewährleistung der Übertragung des charakteristischen Zugwiderstandes eines Einzeldübels ohne Einfluss von Achs- und Randabstand bei Versagen durch Betonausbruch (Bemessungsverfahren A)
$s_{cr,sp}$	=	Achsabstand zur Gewährleistung der Übertragung des charakteristischen Zugwiderstandes eines Einzeldübels ohne Einfluss von Achs- und Randabstand bei Versagen durch Spalten des Betons (Bemessungsverfahren A)
s_{min}	=	minimaler zulässiger Achsabstand

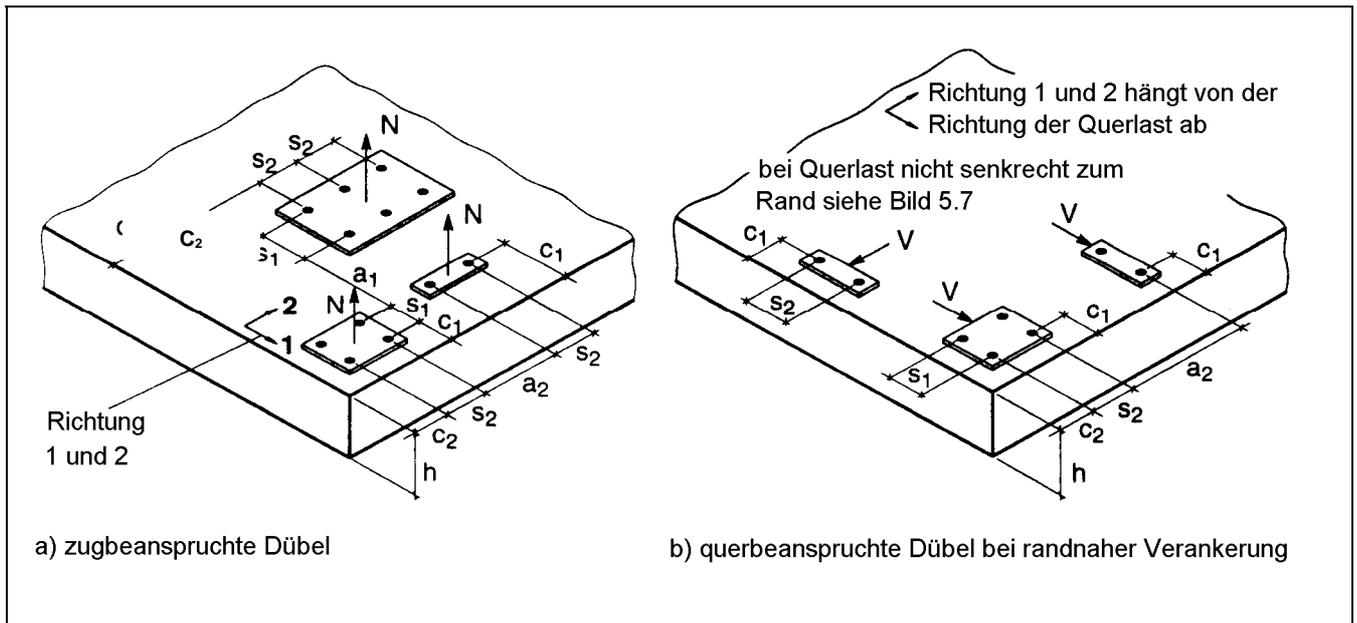


Bild 2.1 Betonbauteil, Dübelachs- und -randabstände

3 Bemessungs- und Sicherheitskonzept

3.1 Allgemeines

Bei der Bemessung von Dübelverankerungen sind die allgemeinen Regeln in EN 1990 anzuwenden. Es ist nachzuweisen, dass der Bemessungswert der Einwirkung S_d den Bemessungswert der Widerstände R_d nicht überschreitet.

$$S_d \leq R_d \quad (3.1)$$

S_d = Bemessungswert der Einwirkungen
 R_d = Bemessungswert der Widerstände

Die für die Bemessung heranzuziehenden Einwirkungen sind einem veröffentlichten nationalen Anhang zu EN 1991 zu entnehmen. Gibt es diesen nicht, ist auf nationale Vorschriften oder, wenn diese ebenfalls fehlen, auf EN 1991 zurückzugreifen.

Die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen sind einem veröffentlichten nationalen Anhang zu EN 1991 zu entnehmen. Gibt es diesen nicht, ist auf nationale Vorschriften oder, wenn diese ebenfalls fehlen, auf EN 1991 zurückzugreifen.

Der Bemessungswert des Widerstandes wird wie folgt berechnet:

$$R_d = R_k / \gamma_M \quad (3.2)$$

R_k = charakteristischer Widerstand eines Einzeldübels oder einer Dübelgruppe
 γ_M = Teilsicherheitsbeiwert für den Materialwiderstand

3.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit

3.2.1 Bemessungswert des Widerstandes

Der Bemessungswert des Widerstandes ist nach Gleichung (3.3) zu ermitteln. Beim Bemessungsverfahren A wird der charakteristische Widerstand für alle Lastrichtungen und Versagensarten berechnet. Bei den Bemessungsverfahren B und C wird nur ein charakteristischer Widerstand für alle Lastrichtungen und Versagensarten angegeben.

3.2.2 Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände

Bei Fehlen nationaler Vorschriften können die folgenden Teilsicherheitsbeiwerte verwendet werden. Jedoch darf der Wert γ_2 nicht geändert werden, da er die Charakteristik des Dübels beschreibt.

3.2.2.1 Betonversagen, Versagen durch Spalten und Herausziehen

Die Teilsicherheitsbeiwerte für Betonversagen (γ_{Mc}), Spalten (γ_{Msp}) und Herausziehen (γ_{Mp}) sind in der jeweiligen ETA angegeben.

Für Dübel, die den vorliegenden Erfahrungen entsprechen, ermittelt sich der Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mc} aus:

$$\gamma_{Mc} = \gamma_c \cdot \gamma_2$$

$$\gamma_c = \text{Teilsicherheitsbeiwert für Beton auf Druck} = 1,5$$

$\gamma_2 =$ *Teilsicherheitsbeiwert zur Berücksichtigung der Montagesicherheit eines Dübelsystems
Der Teilsicherheitsbeiwert γ_2 wird ermittelt aus den Ergebnissen der Montagesicherheitsversuche; siehe Teil 1, 6.1.2.2.2.*

Zuglast

$$\gamma_2 = 1,0 \text{ für Systeme mit hoher Montagesicherheit}$$

$$= 1,2 \text{ für Systeme mit normaler Montagesicherheit}$$

$$= 1,4 \text{ für Systeme mit geringer, aber noch ausreichender Montagesicherheit}$$

Querlast (Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite, Betonkantenbruch)

$$\gamma_2 = 1,0$$

Für die Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Msp} und γ_{Mp} darf der Wert für γ_{Mc} angesetzt werden.

3.2.2.2 Stahlversagen

Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Ms} für Stahlversagen sind in der jeweiligen ETA angegeben.

Für Dübel, die den vorliegenden Erfahrungen entsprechen, ermitteln sich die Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Ms} in Abhängigkeit von der Beanspruchungsart wie folgt:

Zuglast:

$$\gamma_{Ms} = \frac{1,2}{f_{yk}/f_{uk}} \geq 1,4 \quad (3.3a)$$

Querlast mit oder ohne Hebelarm:

$$\gamma_{Ms} = \frac{1,0}{f_{yk}/f_{uk}} \geq 1,25 \quad f_{uk} \leq 800 \text{ N/mm}^2 \quad (3.3b)$$

$$\text{und } f_{yk}/f_{uk} \leq 0,8$$

$$\gamma_{Ms} = 1,5 \quad \begin{array}{l} f_{uk} > 800 \text{ N/mm}^2 \\ \text{oder } f_{yk}/f_{uk} > 0,8 \end{array} \quad (3.3c)$$

3.3 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit muss nachgewiesen werden, dass die bei den charakteristischen Einwirkungen auftretenden Verschiebungen nicht größer sind als die zulässigen Verschiebungen. Zu den charakteristischen Verschiebungen siehe 6. Die zulässige Verschiebung hängt von der jeweiligen Anwendung ab und ist vom zuständigen Planungsingenieur zu beurteilen.

Bei diesem Nachweis dürfen die Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen und Widerstände zu 1,0 angenommen werden.

4 Statische Nachweise

4.1 Ungerissener und gerissener Beton

Wenn die Bedingungen in Gleichung (4.1) nicht erfüllt oder nicht geprüft sind, muss gerissener Beton angenommen werden.

In Sonderfällen darf von ungerissenem Beton ausgegangen werden, wenn in jedem Einzelfall nachgewiesen wird, dass im Gebrauchszustand die Dübel mit ihrer gesamten Verankerungstiefe im ungerissenen Beton liegen. Wenn andere Angaben fehlen, dürfen folgende Bedingungen verwendet werden.

Bei Verankerungen mit einer resultierenden Belastung von $F_{Sk} \leq 60$ kN kann von ungerissenem Beton ausgegangen werden, wenn Gleichung (4.1) erfüllt ist:

$$\sigma_L + \sigma_R \leq 0 \quad (4.1)$$

σ_L = Spannungen im Beton, die durch äußere Lasten einschließlich der Dübellasten hervorgerufen werden

σ_R = Spannungen im Beton, die durch innere Zwangsverformungen (z. B. Schwinden des Betons) oder durch von außen wirkende Zwangsverformungen (z. B. durch Auflagerverschiebungen oder Temperaturschwankungen) hervorgerufen werden. Wird kein genauere Nachweis geführt, sollte σ_R nach EC 2 [1] zu 3 N/mm^2 angenommen werden.

Die Spannungen σ_L und σ_R sind unter der Annahme zu berechnen, dass der Beton ungerissen ist (Zustand I). Bei flächigen Bauteilen, die in zwei Richtungen Lasten abtragen (z. B. Platten, Wände) ist Gleichung (4.1) für beide Richtungen zu erfüllen.

4.2 Lasteinwirkungen auf den Dübel

Beim statischen Nachweis werden die an der Ankerplatte angreifenden Kräfte und Momente angegeben. Für die Bemessung der Verankerung müssen die auf jeden Dübel einwirkenden Lasten unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen nach 3.1 im Grenzzustand der Tragfähigkeit und nach 3.3 im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit berechnet werden.

Bei Einzeldübeln sind die auf den Dübel und die auf die Ankerplatte wirkenden Lasten normalerweise gleich. Bei Dübelgruppen müssen die auf die Ankerplatte einwirkenden Lasten, Biege- und Torsionsmomente auf die auf den einzelnen Dübel der Gruppe wirkenden Zug- und Querkräfte verteilt werden. Diese Verteilung ist nach der Elastizitätstheorie zu berechnen.

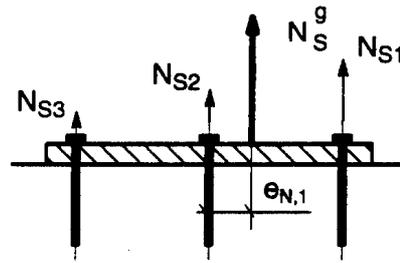
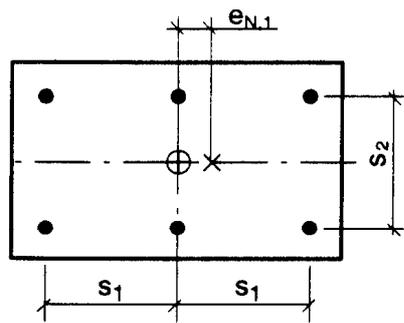
4.2.1 Zuglasten

Im Allgemeinen sind die aufgrund der an der Ankerplatte angreifenden Lasten und Biegemomente auf jeden Dübel einwirkenden Zuglasten nach der Elastizitätstheorie nach folgenden Annahmen zu berechnen:

- Die Ankerplatte darf sich unter den einwirkenden Schnittkräften nicht verformen. Um diese Voraussetzung zu gewährleisten, muss die Ankerplatte ausreichend steif sein.
- Die Steifigkeit aller Dübel ist gleich und entspricht dem Elastizitätsmodul des Stahls. Das Elastizitätsmodul des Betons ist in [1] angegeben. Vereinfachend darf $E_c = 30\,000 \text{ N/mm}^2$ angesetzt werden.
- In der druckbeanspruchten Zone unter der Ankerplatte tragen die Dübel nicht zur Aufnahme der Normalkräfte bei (siehe Bild 4.1b).

In bestimmten Fällen, bei denen die Ankerplatte nicht ausreichend steif ist, muss die Elastizität der Ankerplatte bei der Berechnung der einwirkenden Lasten auf den Dübel berücksichtigt werden.

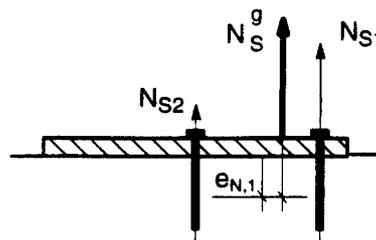
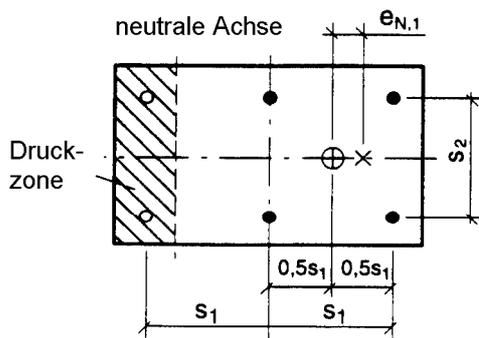
Bei Dübelgruppen mit auf die einzelnen Dübel einer Gruppe einwirkenden unterschiedlichen Zugkräften N_{si} darf die Exzentrizität e_N der Zugkraft N_S^g der Gruppe berechnet werden (siehe Bild 4.1), um eine genauere Beurteilung des Widerstandes der Dübelgruppe zu ermöglichen.



$$N_S^g = \sum N_{Si}$$

$$N_{S1} = N_S^h$$

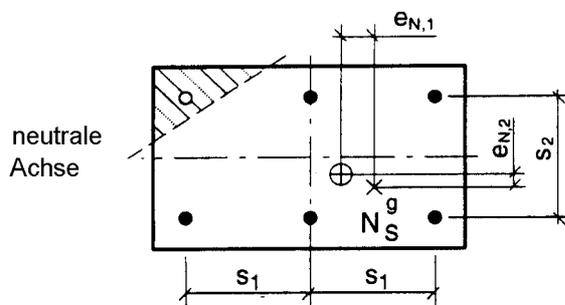
a) Exzentrizität in einer Richtung, alle Dübel werden durch eine Zugkraft beansprucht



$$N_S^g = \sum N_{Si}$$

$$N_{S1} = N_S^h$$

b) Exzentrizität in einer Richtung, nur ein Teil der Dübel werden durch eine Zugkraft beansprucht



c) Exzentrizität in zwei Richtungen, nur ein Teil der Dübel der Gruppe werden durch eine Zugkraft beansprucht

- zugbeanspruchte Dübel
- ⊕ Schwerpunkt der zugbeanspruchten Dübel
- × Punkt der resultierenden Zugkraft von zugbeanspruchten Dübel

Bild 4.1 Beispiel für Verankerungen, die einer exzentrischen Zuglast N_S^g ausgesetzt sind

Wenn die zugbeanspruchten Dübel einer Gruppe keine rechteckige Form bilden, darf diese Gruppe vereinfachend zu einer rechteckigen Form ergänzt werden (d. h. der Schwerpunkt der zugbeanspruchten Dübel darf in der Mitte der Achse in Bild 4.1c liegend angenommen werden).

4.2.2 Querlasten

4.2.2.1 Verteilung der Querlasten

Die Verteilung der Querlasten hängt von der Versagensart ab:

- Stahlversagen und Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite
Alle Dübel nehmen Querlasten auf, wenn der Durchmesser d_f des Durchgangslochs im Anbauteil nicht größer als der in Tabelle 4.1 angegebene Wert ist (siehe Bilder 4.2 und 4.6).
- Versagen der Betonkante
Nur die ungünstigsten Dübel nehmen Querlasten auf, wenn die Querkraft senkrecht zum Rand wirkt (siehe Bilder 4.3 und 4.7). Querlasten, die parallel zum Rand wirken, werden von allen Dübeln aufgenommen.

Langlöcher in Richtung Querlast verhindern, dass Dübel Querlasten aufnehmen können. Dies kann bei Verankerungen nahe am Bauteilrand günstig sein (siehe Bild 4.4).

Wenn der Durchmesser d_f des Durchgangslochs größer als der in Tabelle 4.1 angegebene Wert ist, gilt das Bemessungsverfahren nur, wenn der Spalt zwischen Schraube und Anbauteil mit Mörtel ausreichender Druckfestigkeit verfüllt oder mit anderen geeigneten Mitteln beseitigt wird.

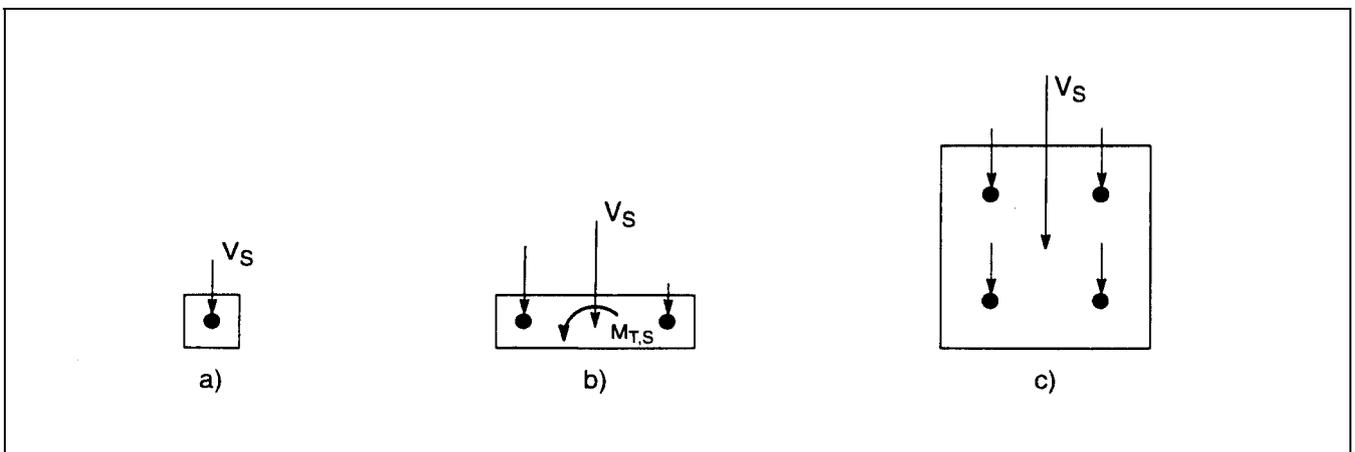


Bild 4.2 Beispiele für die Verteilung der Last, wenn alle Dübel Querlasten aufnehmen

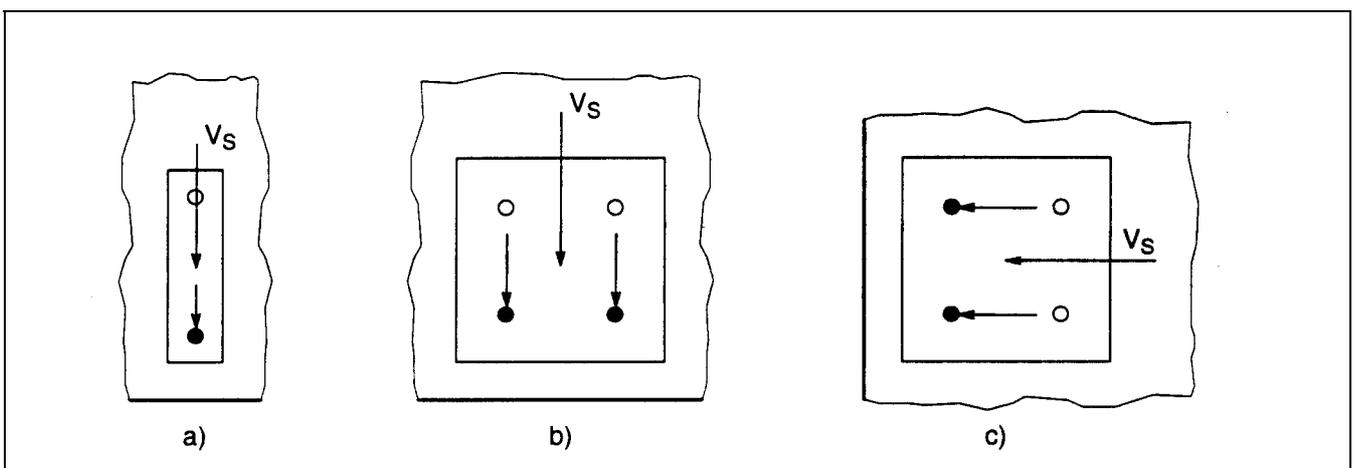


Bild 4.3 Beispiele für die Verteilung der Last, wenn nur die ungünstigsten Dübel Querlasten aufnehmen

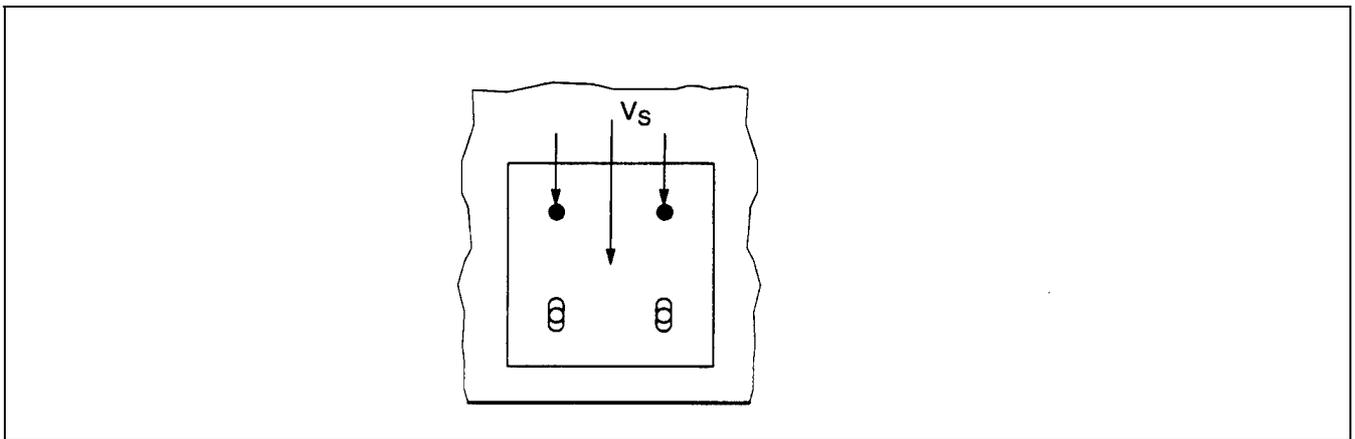


Bild 4.4 Beispiele für die Verteilung der Last bei einer Verankerung mit Langlöchern

Tabelle 4.1 Durchmesser des Durchgangslochs im Anbauteil

Außendurchmesser $d^{1)}$ oder $d_{nom}^{2)}$ (mm)	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Durchmesser d_f des Durchgangslochs im Anbauteil (mm)	7	9	12	14	16	18	20	22	24	26	30	33

1) wenn die Schraube am Anbauteil anliegt
 2) wenn die Dübelhülse am Anbauteil anliegt

Bei Dübelgruppen mit auf die einzelnen Dübel einer Gruppe einwirkenden unterschiedlichen Querlasten V_{si} darf die Exzentrizität e_v der Querkraft V_s^g der Gruppe berechnet werden (siehe Bild 4.5), um eine genauere Beurteilung der Tragfähigkeit der Dübelgruppe zu ermöglichen.

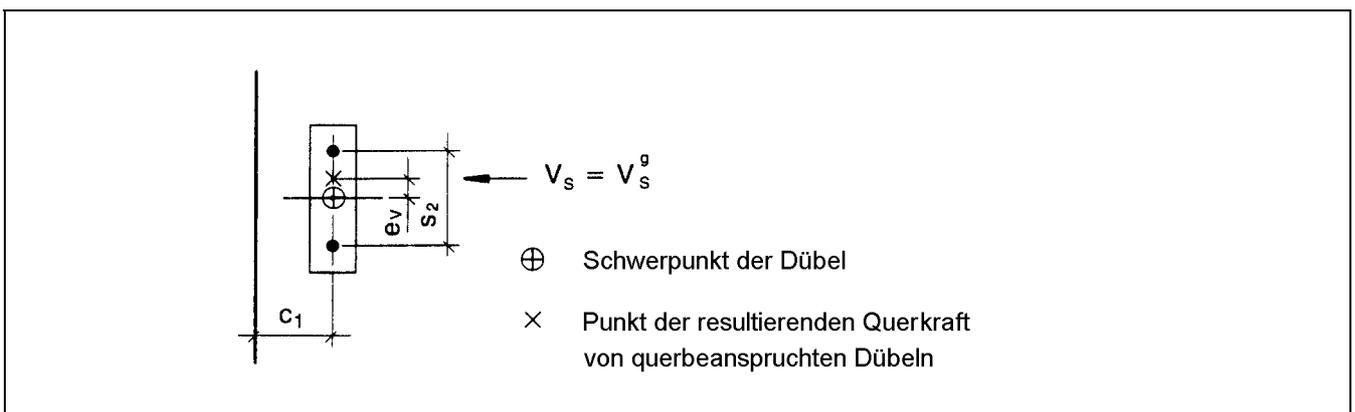


Bild 4.5 Beispiel für eine Verankerung unter exzentrischer Querlast

4.2.2.2 Ermittlung der Querlasten

Die Ermittlung der Querlasten auf die Verankerungen in einer Gruppe resultierend aus Querkraften und Torsionsmomenten, die auf ein Anbauteil wirken, wird unter Annahme einer gleichen Steifigkeit aller Verankerungen einer Gruppe nach der Elastizitätstheorie berechnet. Es muss eine gleichmäßige Verteilung gegeben sein. Beispiele sind in Bild 4.6 und 4.7 dargestellt.

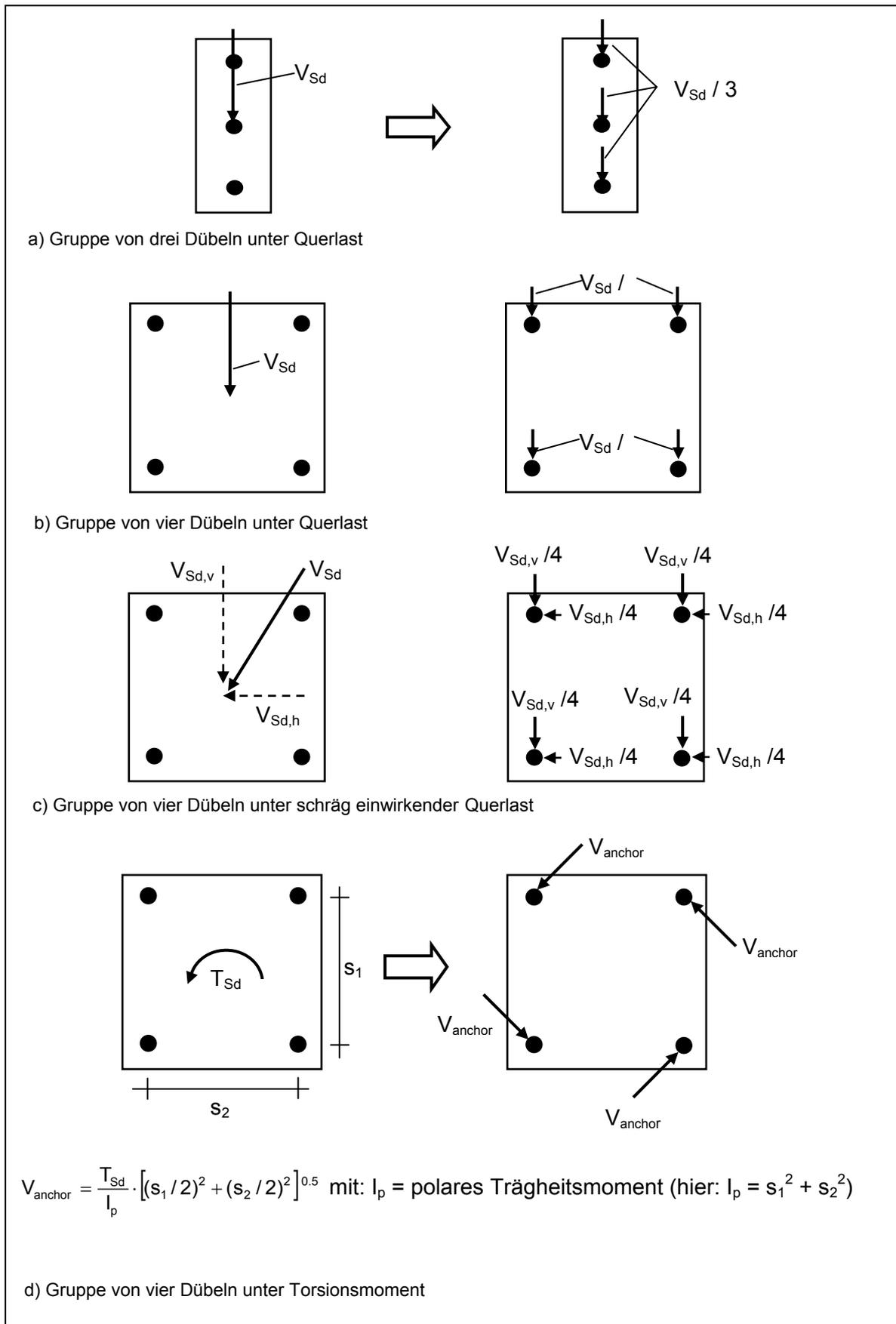


Bild 4.6 Ermittlung von Querlasten, wenn alle Dübel Lasten aufnehmen (Stahlversagen und Betonausbruch)

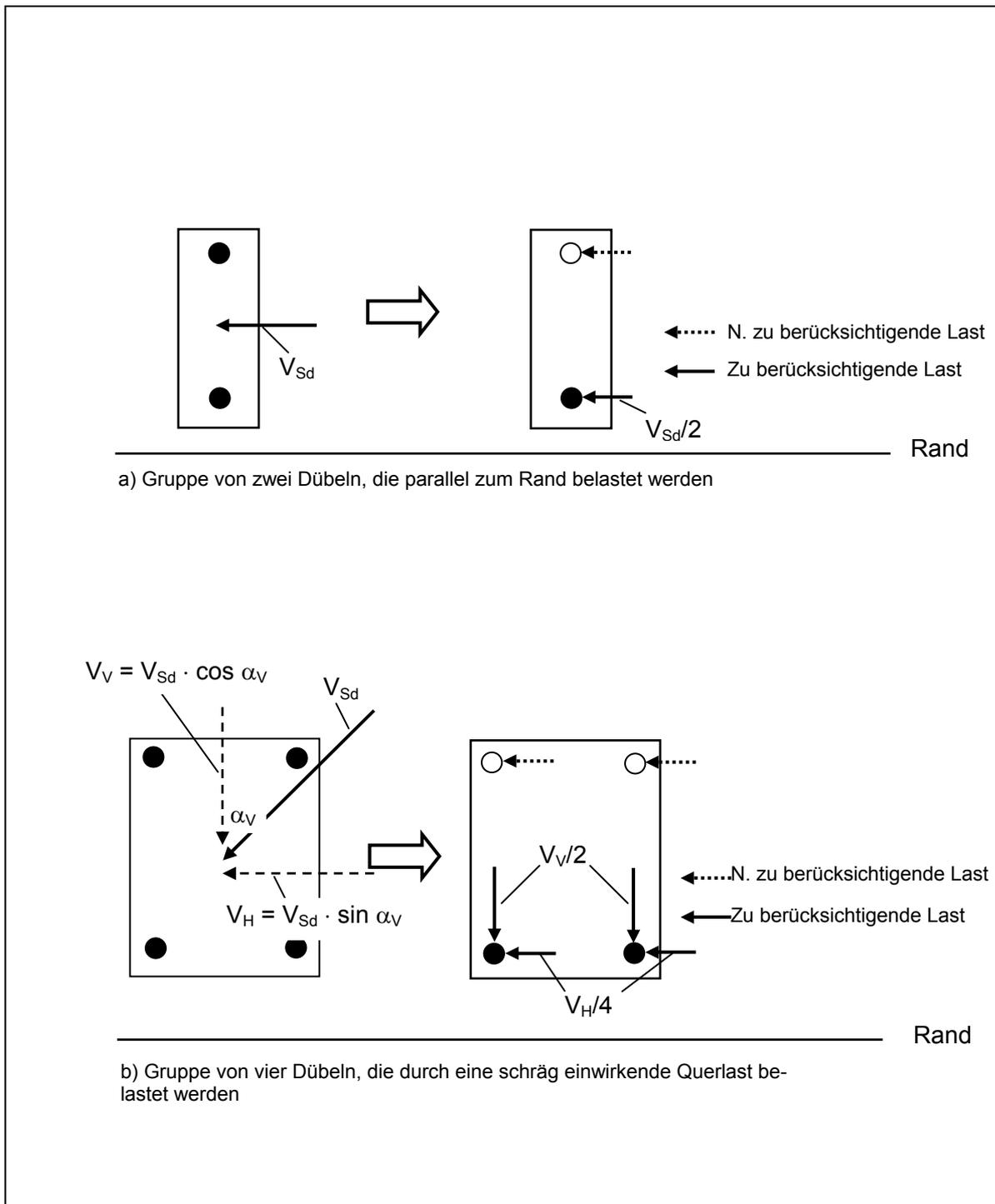


Bild 4.7 Ermittlung von Querlasten, wenn nur die ungünstigsten Dübel Lasten aufnehmen (Betonkantenbruch)

Bei Betonkantenbruch, bei dem nur die ungünstigsten Dübel Last aufnehmen, werden die Komponenten der Last, die senkrecht zum Rand wirken, von den ungünstigsten (randnahen) Dübeln aufgenommen, während die Komponenten der Last, die parallel zum Rand wirkt, aus Gleichgewichtsgründen gleichmäßig auf alle Dübel der Gruppe verteilt wird.

4.2.2.3 Querlasten ohne Hebelarm

Querlasten dürfen als ohne Hebelarm auf die Dübel einwirkend angenommen werden, wenn beide der nachfolgenden Bedingungen erfüllt sind:

- a) Das anzuschließende Bauteil muss aus Metall bestehen und ohne Zwischenlage bzw. mit einer Mörtelausgleichsschicht (Druckfestigkeit $\geq 30 \text{ N/mm}^2$) mit einer Stärke $\leq d/2$ im Bereich der Verankerung gegen den Beton verspannt sein.
- b) Das Anbauteil muss auf seiner ganzen Dicke am Dübel anliegen.

4.2.2.4 Querlasten mit Hebelarm

Sind die Bedingungen a) und b) von 4.2.2.3 nicht erfüllt, ist der Hebelarm nach Gleichung (4.2) (siehe Bild 4.8) zu berechnen.

$$\ell = a_3 + e_1 \quad (4.2)$$

wobei gilt:

e_1 = Abstand zwischen Querlast und Betonoberfläche

$a_3 = 0,5 d$

$a_3 = 0$, wenn eine Unterlegscheibe und eine Mutter direkt gegen die Betonoberfläche geklemmt sind (siehe Bild 4.8b)

d = Nenndurchmesser der Dübelschraube oder Gewindedurchmesser (siehe Bild 4.8a)

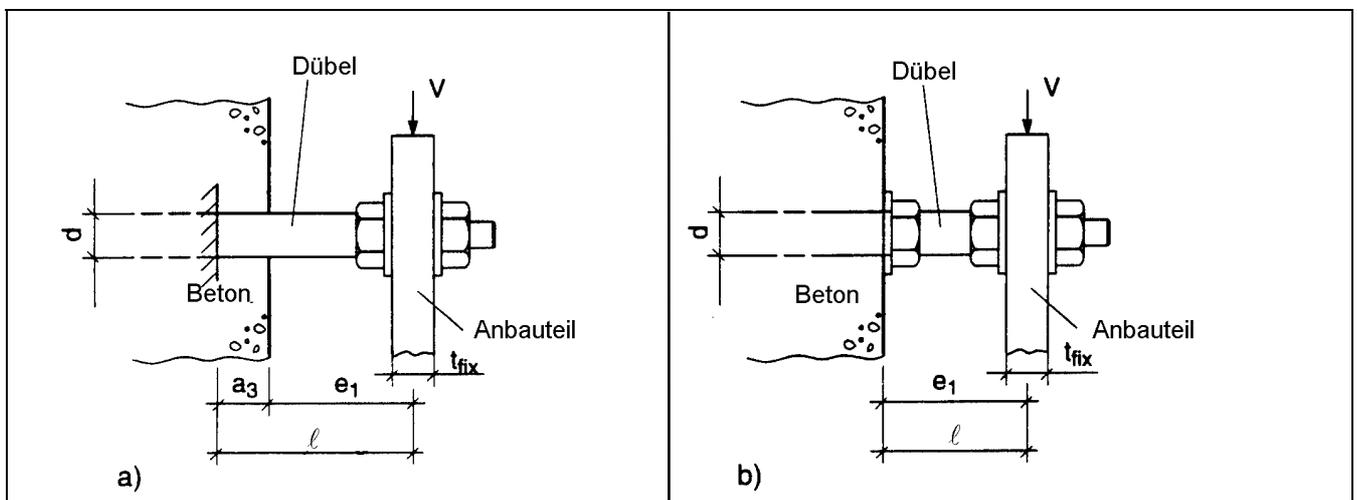


Bild 4.8 Definition des Hebelarms

Das auf den Dübel wirkende Moment ist nach Gleichung (4.3) zu berechnen.

$$M_{Sd} = V_{Sd} \cdot \frac{\ell}{\alpha_M} \quad (4.3)$$

Der Wert α_M hängt vom Einspanngrad des Dübels auf der Anbauteilseite bei der jeweiligen Anwendung ab und ist ingenieurmäßig zu beurteilen.

Von keiner Einspannung ($\alpha_M = 1,0$) ist auszugehen, wenn das Anbauteil sich frei drehen kann (siehe Bild 4.9a). Diese Annahme liegt immer auf der sicheren Seite.

Von voller Einspannung ($\alpha_M = 2,0$) darf nur ausgegangen werden, wenn sich das Anbauteil nicht drehen kann (siehe Bild 4.9b) und das Durchgangsloch im Anbauteil kleiner ist als die in Tabelle 4.1 angegebenen Werte oder der Dübel mit Mutter und Unterlegscheibe gegen das Anbauteil festgeklemmt ist (siehe Bild 4.8). Wird von einer Einspannung des Dübels ausgegangen, muss das Anbauteil in der Lage sein, das Einspannmoment aufzunehmen.

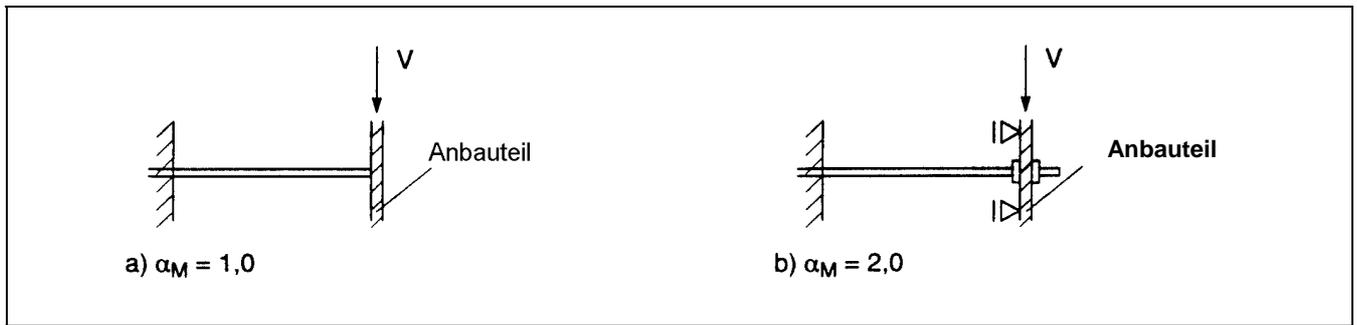


Bild 4.9 Anbauteil ohne (a) und mit (b) Einspannung

5 Grenzzustand der Tragfähigkeit

5.1 Allgemeines

Für die Bemessung von Dübelverankerungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit stehen drei Bemessungsverfahren zur Verfügung. Die Bemessungsverfahren und die zugehörigen erforderlichen Versuche zur Ermittlung der zulässigen Anwendungsbedingungen sind in Tabelle 5.1 angegeben. Im Abschnitt 5.2 wird das allgemeine Bemessungsverfahren A beschrieben; in 5.3 und 5.4 werden die vereinfachten Verfahren B und C behandelt. Das zu verwendende Bemessungsverfahren ist in der jeweiligen ETA angegeben.

Entsprechend Gleichung (3.1) muss nachgewiesen werden, dass der Bemessungswert der Einwirkung gleich oder kleiner als der Bemessungswert des Widerstandes ist. Die charakteristischen Dübelkennwerte für die Berechnung des Widerstandes im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind in der jeweiligen ETA angegeben.

Der minimale Achs- und Randabstand sowie die Mindestbauteildicke dürfen nicht unterschritten werden.

Der Achsabstand zwischen dem äußeren Dübel benachbarter Dübelgruppen oder der Abstand zu Einzeldübeln muss $a > s_{cr,N}$ (Bemessungsverfahren A) bzw. s_{cr} (Bemessungsverfahren B und C) betragen.

Tabelle 5.1 Bemessungsverfahren und zugehörige erforderliche Versuche zur Ermittlung der zulässigen Anwendungsbedingungen

Bemessungsverfahren	gerissener und ungerissener Beton	nur ungerissener Beton	charakteristischer Widerstand für		Versuche nach Anhang B Option
			nur C20/25	C20/25 bis C50/60	
A	x			x	1
	x		x		2
		x		x	7
		x	x		8
B	x			x	3
	x		x		4
		x		x	9
		x	x		10
C	x			x	5
	x		x		6
		x		x	11
		x	x		12

5.2 Bemessungsverfahren A

5.2.1 Allgemeines

Beim Bemessungsverfahren A muss nachgewiesen werden, dass Gleichung (3.1) für alle Lastrichtungen (Zug-, Querbeanspruchung) und alle Versagensarten (Stahlversagen, Herausziehen und Betonversagen) eingehalten ist.

Liegt eine kombinierte Zug- und Querbeanspruchung (Schrägzugbeanspruchung) vor, ist die Interaktionsbedingung nach 5.2.4 einzuhalten.

Bei den Optionen 2 und 8 (siehe Teil 1, Tabelle 5.3) ist $f_{ck,cube} = 25 \text{ N/mm}^2$ in die Gleichungen (5.2a) und (5.7a) einzusetzen.

5.2.2 Widerstand bei Zugbeanspruchung

5.2.2.1 Erforderliche Nachweise

	Einzeldübel	Dübelgruppe	
Stahlversagen	$N_{Sd} \leq N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	$N_{Sd}^h \leq N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	
Herausziehen	$N_{Sd} \leq N_{Rk,p} / \gamma_{Mp}$	$N_{Sd}^h \leq N_{Rk,p} / \gamma_{Mp}$	
Betonausbruch	$N_{Sd} \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$		$N_{Sd}^g \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$
Spalten	$N_{Sd} \leq N_{Rk,sp} / \gamma_{Msp}$		$N_{Sd}^g \leq N_{Rk,sp} / \gamma_{Msp}$

5.2.2.2 Stahlversagen

Der charakteristische Widerstand $N_{Rk,s}$ eines Dübels bei Stahlversagen ist in der jeweiligen ETA angegeben.

Der Wert $N_{Rk,s}$ ergibt sich aus Gleichung (5.1).

$$N_{Rk,s} = A_s \cdot f_{uk} \text{ [N]} \quad (5.1)$$

5.2.2.3 Versagen durch Herausziehen

Der charakteristische Widerstand $N_{Rk,p}$ eines Dübels bei Versagen durch Herausziehen ist der jeweiligen ETA zu entnehmen.

5.2.2.4 Betonausbruch

Der charakteristische Widerstand eines Dübels oder einer Dübelgruppe bei Betonausbruch beträgt:

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \text{ [N]} \quad (5.2)$$

Nachstehend werden die einzelnen Faktoren der Gleichung (5.2) für Dübel angegeben, für die entsprechende Erfahrungen vorliegen:

- a) Der Ausgangswert des charakteristischen Widerstandes eines Dübels im gerissenen oder ungerissenen Beton beträgt:

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1.5} \text{ [N]} \quad (5.2a)$$

$$f_{ck,cube} \text{ [N/mm}^2\text{]; } h_{ef} \text{ [mm]}$$

$$k_1 = 7,2 \text{ für Anwendungen im gerissenen Beton}$$

$k_1 = 10,1$ für Anwendungen im ungerissenen Beton

- b) Der geometrische Einfluss von Achs- und Randabständen auf den charakteristischen Widerstand wird durch den Verhältniswert $A_{c,N}/A_{c,N}^0$ berücksichtigt, wobei gilt:

$A_{c,N}^0$ = Fläche des Ausbruchkörpers eines Einzeldübels mit großem Achs- und Randabstand auf der Betonoberfläche. Dabei wird der Ausbruchkörper als Pyramide mit der Höhe h_{ef} und der Länge der Basisseiten $s_{cr,N}$ idealisiert (siehe Bild 5.1).

= $s_{cr,N} \cdot s_{cr,N}$ (5.2b)

$A_{c,N}$ = vorhandene Fläche des Ausbruchkörpers der Verankerung auf der Betonoberfläche. Sie wird begrenzt durch die Überschneidungen der einzelnen Ausbruchkörper benachbarter Verankerungen ($s \leq s_{cr,N}$) sowie durch Bauteilränder ($c \leq c_{cr,N}$). Beispiele für die Berechnung von $A_{c,N}$ siehe Bild 5.2.

Die Werte $s_{cr,N}$ und $c_{cr,N}$ sind in der jeweiligen ETA aufgeführt.

Für einen Dübel, der den vorliegenden Erfahrungen entspricht, ist $s_{cr,N} = 2 c_{cr,N} = 3 h_{ef}$ anzunehmen.

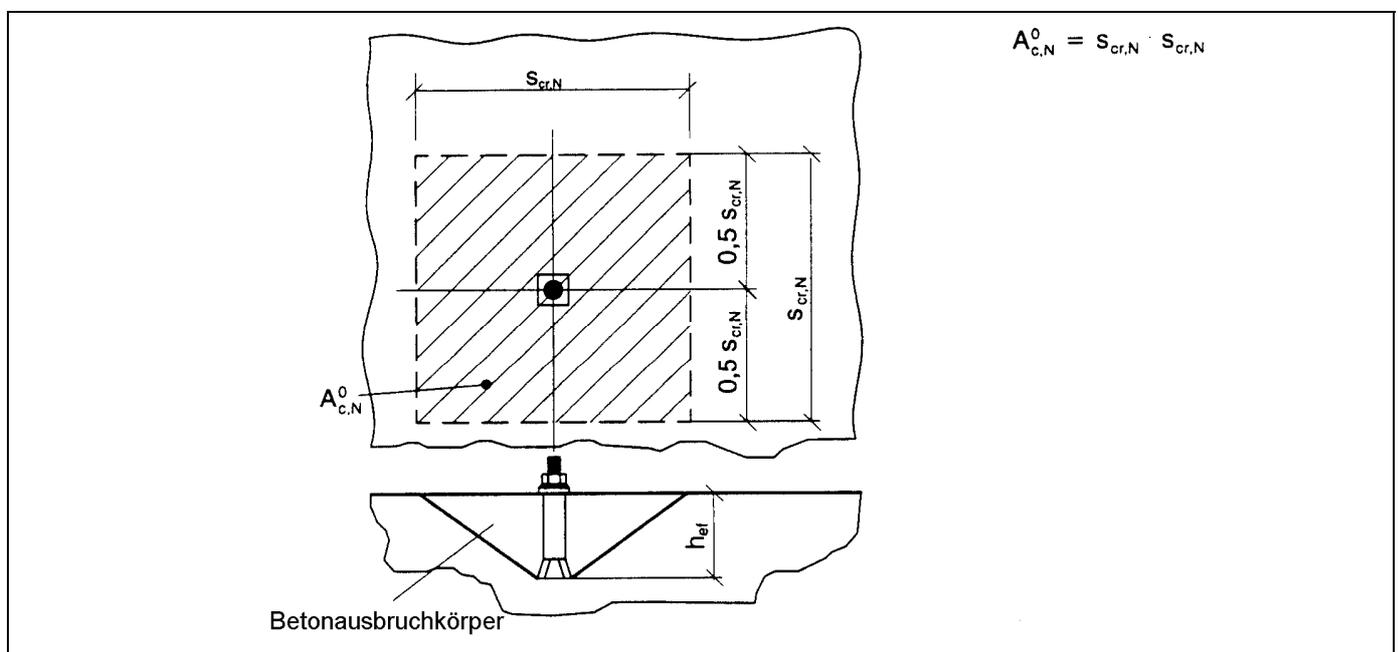
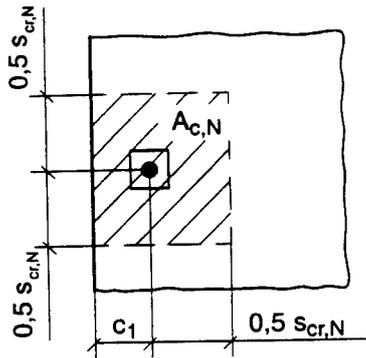


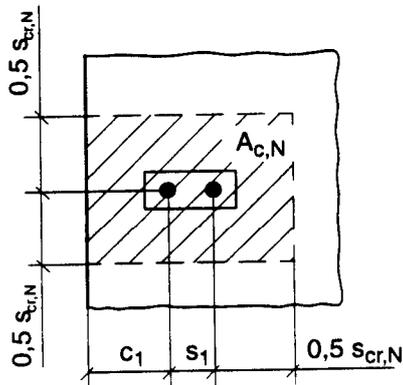
Bild 5.1 Idealisierter Betonausbruchkörper und Fläche $A_{c,N}^0$ des Ausbruchkörpers eines Einzeldübels



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

wenn: $c_1 \leq c_{cr,N}$

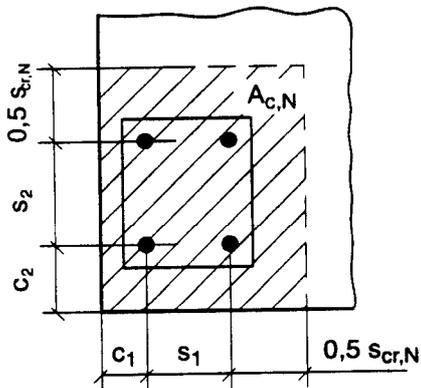
a) Einzeldübel am Bauteilrand



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

wenn: $c_1 \leq c_{cr,N}$
 $s_1 \leq s_{cr,N}$

b) Dübelgruppe mit zwei Dübeln am Bauteilrand



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

wenn: $c_1 ; c_2 \leq c_{cr,N}$
 $s_1 ; s_2 \leq s_{cr,N}$

c) Dübelgruppe mit vier Dübeln an der Bauteilecke

Bild 5.2 Beispiele für vorhandene Flächen $A_{c,N}$ der idealisierten Betonausbruchkörper bei verschiedenen Dübelanordnungen unter Zugbeanspruchung

- c) Der Einflussfaktor $\psi_{s,N}$ berücksichtigt die Störung des rotationssymmetrischen Spannungszustands im Beton durch Bauteilränder. Bei mehreren Bauteilrändern (z. B. bei Verankerungen in der Bauteilecke oder in einem schmalen Bauteil) ist der kleinste Randabstand c in Gleichung (5.2c) einzusetzen.

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1 \quad (5.2c)$$

d) Der Schalenabplatzfaktor $\psi_{re,N}$ berücksichtigt den Einfluss einer Bewehrung.

$$\psi_{re,N} = 0,5 + \frac{h_{ef}}{200} \leq 1 \quad (5.2d)$$

wobei gilt: h_{ef} in [mm]

Sofern im Bereich der Dübelverankerung eine Bewehrung mit einem Achsabstand ≥ 150 mm (unabhängig vom Durchmesser) oder mit einem Durchmesser ≤ 10 mm und einem Achsabstand ≥ 100 mm vorhanden ist, darf unabhängig von der Verankerungstiefe ein Schalenabplatzfaktor $\psi_{re,N} = 1,0$ angesetzt werden.

e) Der Einflussfaktor $\psi_{ec,N}$ berücksichtigt den Einfluss von unterschiedlichen Zugkräften, die auf die jeweiligen Dübel der Gruppe wirken.

$$\psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + 2e_N/s_{cr,N}} \leq 1 \quad (5.2e)$$

e_N = Exzentrizität der resultierenden Zugkraft der zugbeanspruchten Dübel (siehe 4.2.1). In den Fällen, in denen eine Exzentrizität in zwei Achsrichtungen vorliegt, ist $\psi_{ec,N}$ für jede Achsrichtung getrennt zu ermitteln und das Produkt beider Faktoren in Gleichung (5.2) einzusetzen.

Vereinfachend darf $\psi_{ec,N} = 1,0$ angenommen werden, wenn der höchstbeanspruchte Dübel nach Gleichung (3.1) ($N_{Sd}^h \leq N_{RK,c}^h / \gamma_{Mc}$) überprüft wird und der Widerstand dieses Dübels angesetzt wird als

$$N_{RK,c}^h = N_{RK,c} / n \quad (5.2f)$$

wobei n = Anzahl der zugbeanspruchten Dübel

f) Sonderfälle

Bei Verankerungen mit drei oder mehr Rändern mit einem Randabstand $c_{max} \leq c_{cr,N}$ (c_{max} = größter Randabstand) (siehe Bild 5.3) führt die Berechnung nach Gleichung (5.2) zu Ergebnissen, die auf der sicheren Seite liegen.

Genauere Ergebnisse werden erzielt, wenn in Gleichung (5.2a) für h_{ef} der Wert

$$h'_{ef} = \frac{c_{max}}{c_{cr,N}} \cdot h_{ef} \quad \text{oder} \quad h'_{ef} = \frac{s_{max}}{s_{cr,N}} h_{ef}$$

eingesetzt wird und bei der Ermittlung von $A_{c,N}^0$ und $A_{c,N}$ nach den Bildern 5.1 und 5.2 sowie in den Gleichungen (5.2b), (5.2c) und (5.2e) für die Werte

$$s'_{cr,N} = \frac{h'_{ef}}{h_{ef}} \cdot s_{cr,N}$$

$$c'_{cr,N} = 0,5 s'_{cr,N}$$

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

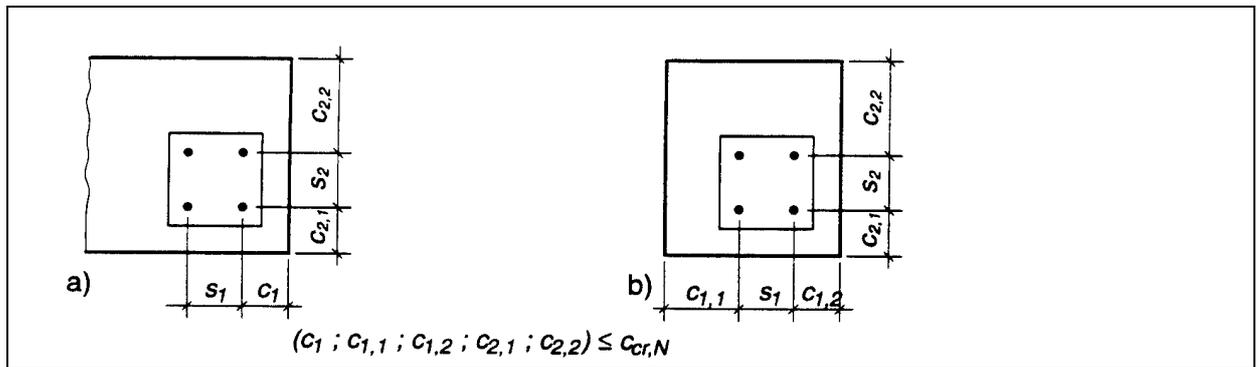


Bild 5.3 Beispiele für Dübelverankerungen in Bauteilen, in denen h_{ef} , $s_{cr,N}$ und $c_{cr,N}$ verwendet werden dürfen.

5.2.2.5 Versagen durch Spalten bei Dübelmontage

Ein Spalten des Betons während der Dübelmontage wird vermieden, wenn die in der jeweiligen ETA angegebenen Mindestwerte für Randabstand c_{min} , Achsabstand s_{min} , Bauteildicke h_{min} und Bewehrung eingehalten werden.

5.2.2.6 Versagen durch Spalten bei Belastung

Die Werte für Versagen durch Spalten bei Belastung $s_{cr,sp}$ und $c_{cr,sp}$ sind in der ETA angegeben.

- a) Man kann davon ausgehen, dass ein Versagen durch Spalten nicht auftritt, wenn der Randabstand in allen Richtungen $c \geq 1,2 c_{cr,sp}$ und die Bauteildicke $h \geq 2 h_{ef}$ beträgt.
- b) Für Dübel, die zur Verwendung in gerissenem Beton geeignet sind, darf die Berechnung des charakteristischen Widerstandes für die Versagensart Spalten des Betons entfallen, wenn die beiden folgenden Bedingungen erfüllt sind:
 - Es ist eine Bewehrung vorhanden, die die Rissbreite unter Berücksichtigung der Spaltkräfte nach 7.3 auf $w_k \sim 0,3$ mm begrenzt.
 - Der charakteristische Widerstand für Betonausbruch und Versagen durch Herausziehen wird für gerissenen Beton berechnet.

Sind die Bedingungen a) oder b) nicht erfüllt, ist der charakteristische Widerstand eines Einzeldübels oder einer Dübelgruppe für die Versagensart Spalten des Betons nach Gleichung (5.3) zu berechnen.

$$N_{RK,sp} = N_{RK,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{h,sp} \quad [N] \quad (5.3)$$

wobei gilt: $N_{RK,c}^0$, $\psi_{s,N}$, $\psi_{re,N}$, $\psi_{ec,N}$ nach Gleichungen (5.2a) bis (5.2g) und $A_{c,N}$, $A_{c,N}^0$ gemäß 5.2.2.4 b), jedoch sind die Werte $c_{cr,N}$ und $s_{cr,N}$ durch $c_{cr,sp}$ und $s_{cr,sp}$ zu ersetzen.

$\psi_{h,sp}$ = Faktor, der den Einfluss der tatsächlichen Bauteildicke h auf die Spaltfestigkeit bei Dübeln berücksichtigt, die den vorliegenden Erfahrungen entsprechen,

$$= \left(\frac{h}{h_{min}} \right)^{2/3} \leq 1,5 \quad (5.3a)$$

Hierbei gilt:

h = tatsächliche Bauteildicke

h_{min} = Bauteildicke, für die $c_{cr,sp}$ beurteilt wurde

5.2.3 Widerstand bei Querbeanspruchung

5.2.3.1 Erforderliche Nachweise

	Einzeldübel	Dübelgruppe	
Stahlversagen, Querlast ohne Hebelarm	$V_{Sd} \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	$V_{Sd}^h \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	
Stahlversagen, Querlast mit Hebelarm	$V_{Sd} \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	$V_{Sd}^h \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	
Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite	$V_{Sd} \leq V_{Rk,cp} / \gamma_{Mc}$		$V_{Sd}^g \leq V_{Rk,cp} / \gamma_{Mc}$
Betonkantenbruch	$V_{Sd} \leq V_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$		$V_{Sd}^g \leq V_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$

5.2.3.2 Stahlversagen

a) Querlast ohne Hebelarm

Der charakteristische Widerstand $V_{Rk,s}$ eines Dübels bei Stahlversagen ist der jeweiligen ETA zu entnehmen.

Der Wert $V_{Rk,s}$ für Dübel, die den vorliegenden Erfahrungen entsprechen, ergibt sich aus Gleichung (5.4):

$$V_{Rk,s} = 0,5 \cdot A_s \cdot f_{uk} \quad [N] \quad (5.4)$$

Gleichung (5.4) gilt nicht für Dübel mit deutlich reduziertem Querschnitt entlang der Bolzenlänge (z. B. bei Spreizdübeln in Bolzenausführung).

Bei Dübelgruppen ist der in der ETA angegebene charakteristische Querwiderstand mit einem Faktor von 0,8 zu multiplizieren, wenn der Dübel aus Stahl von relativ niedriger Duktilität besteht (Bruchdehnung $A_5 \leq 8\%$).

b) Querlast mit Hebelarm

Der charakteristische Widerstand $V_{Rk,s}$ eines Dübels ergibt sich aus Gleichung (5.5).

$$V_{Rk,s} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}^0}{\ell} \quad [N] \quad (5.5)$$

wobei α_M = siehe 4.2.2.4

ℓ = Hebelarm nach Gleichung (4.2)

$$M_{Rk,s}^0 = M_{Rk,s}^0 (1 - N_{Sd}/N_{Rd,s}) \quad [Nm] \quad (5.5a)$$

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

$N_{Rk,s}$, γ_{Ms} sind der jeweiligen ETA zu entnehmen

$M_{Rk,s}^0$ = charakteristischer Widerstand eines Einzeldübels bei Biegebeanspruchung

Der charakteristische Widerstand $M_{Rk,s}^0$ bei Biegebeanspruchung ist der jeweiligen ETA zu entnehmen.

Der Wert $M_{Rk,s}^0$ für Dübel, die den vorliegenden Erfahrungen entsprechen, ergibt sich aus Gleichung (5.5b).

$$M_{Rk,s}^0 = 1,2 \cdot W_{el} \cdot f_{uk} \quad [Nm] \quad (5.5b)$$

Gleichung (5.5b) ist nur zu verwenden, wenn der Dübel entlang der Bolzenlänge keinen deutlich reduzierten Querschnitt aufweist.

5.2.3.3 Pryout-Versagen (Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite)

Bei Verankerungen mit kurzen steifen Dübeln kann es zu einem Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite kommen (siehe Bild 5.4). Der entsprechende charakteristische Widerstand $V_{Rk,cp}$ darf nach Gleichung (5.6) berechnet werden.

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} \quad (5.6)$$

Hierbei gilt: k = aus der jeweiligen ETA zu entnehmender Faktor.
 $N_{Rk,c}$ ist nach 5.2.2.4 für die durch Querlasten beanspruchten Dübel zu ermitteln.

Für Dübel, die den vorliegenden Erfahrungen entsprechen und die unter Zugbeanspruchung durch Betonausbruch versagen, liegen die folgenden Annahmen auf der sicheren Seite.

$$k = 1 \quad h_{ef} < 60 \text{ mm} \quad (5.6c)$$

$$k = 2 \quad h_{ef} \geq 60 \text{ mm} \quad (5.6d)$$

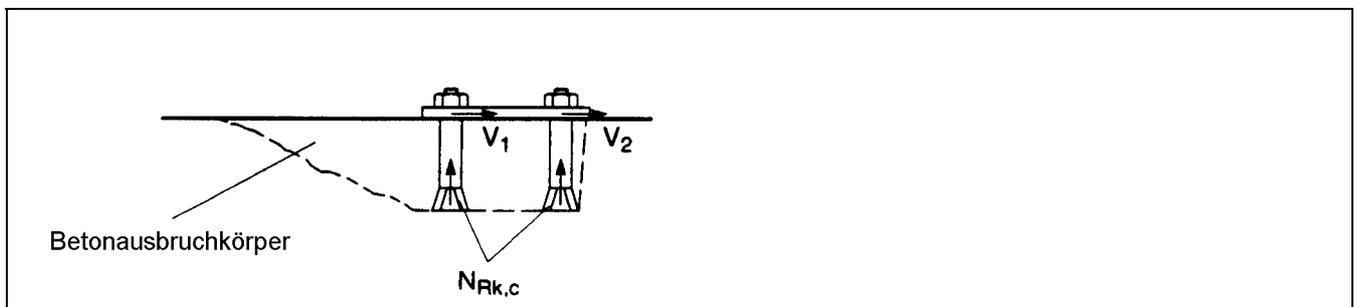


Bild 5.4 Pryout-Versagen (Betonausbruch auf der lastabgewandten Seite)

Wenn die Gruppe Querbeanspruchungen und/oder Torsionsmomenten von außen ausgesetzt ist, kann sich die Richtung der einzelnen Querbelastungen ändern. Bild 5.5 veranschaulicht dies für eine Gruppe mit zwei Dübeln, auf die ein Torsionsmoment einwirkt.

Es versteht sich von selbst, dass Gleichung (5.6) in diesen Fällen nicht anwendbar ist. Die Querbeanspruchungen, die auf die einzelnen Dübel wirken, neutralisieren einander, und die Querbeanspruchung, die auf die gesamte Gruppe wirkt, beträgt $V_{Sd} = 0$.

In Fällen, in denen die horizontalen oder vertikalen Komponenten der Querbeanspruchungen auf die Dübel innerhalb einer Gruppe ihre Richtung ändern, muss anstelle des Nachweises des Pryout-Versagens für die gesamte Gruppe der Nachweis des Pryout-Versagens für den ungünstigsten Dübel der Gruppe erfolgen.

Bei Berechnung des Widerstands des ungünstigsten Dübels sind die Einflüsse der Randabstände sowie der Achsabstände der Dübel zu berücksichtigen. Beispiele für die Berechnung von $A_{c,N}$ siehe Bild 5.6.

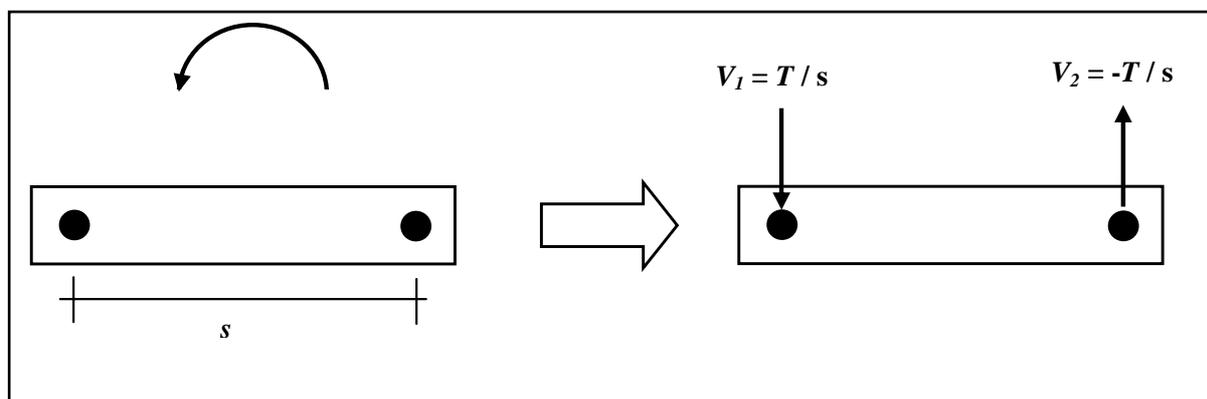


Bild 5.5 Gruppe von Dübeln unter Torsionsmoment; Querlasten, die auf die einzelnen Dübel der Gruppe wirken, ändern ihre Richtungen

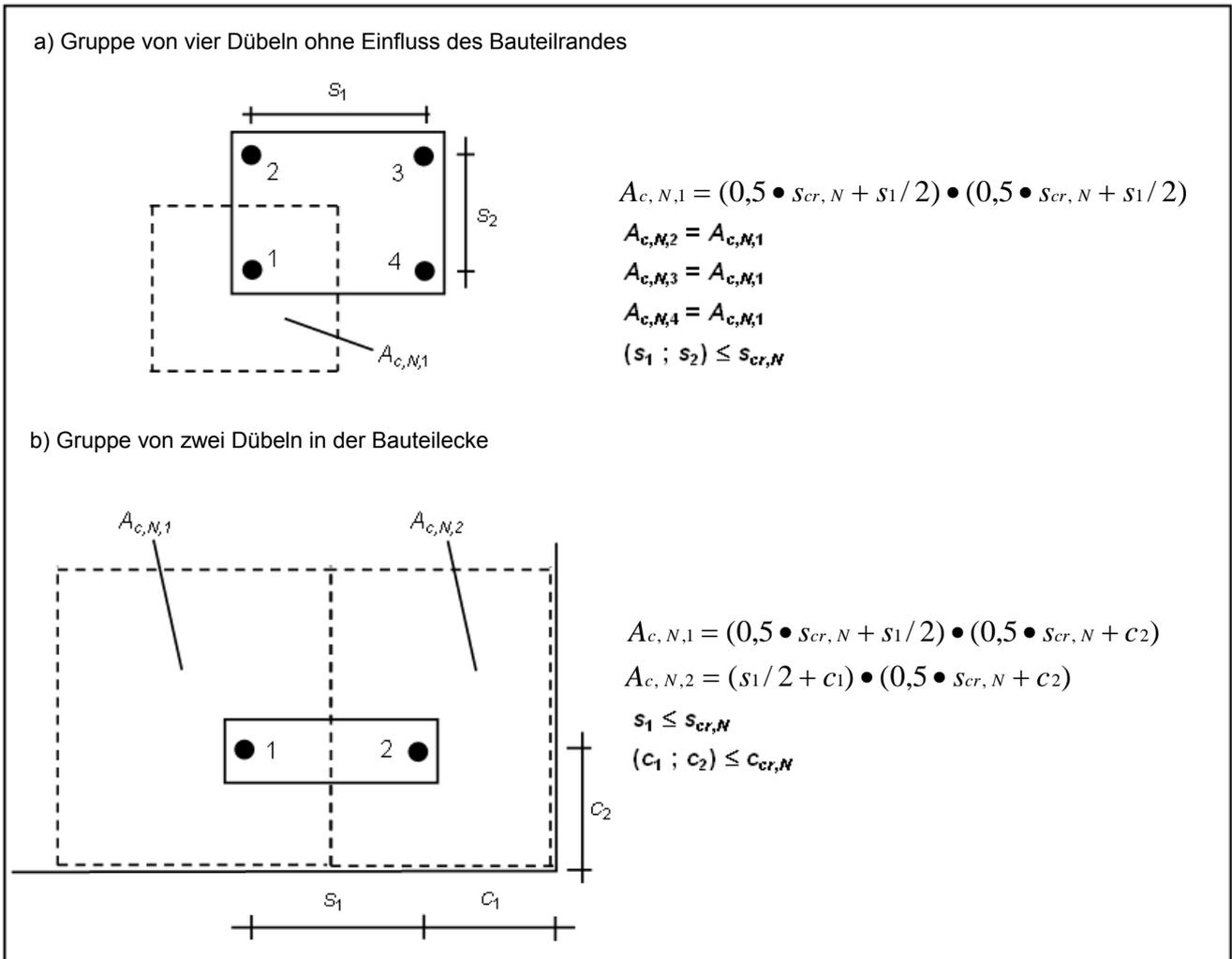


Bild 5.6 Beispiele für die Berechnung der Fläche $A_{c,N}$ der idealisierten Betonausbruchkörper

5.2.3.4 Betonkantenbruch

Bei Dübelgruppen mit nicht mehr als 4 Dübeln und einem Randabstand in allen Richtungen von $c > 10 h_{ef}$ und $c > 60 d$ darf ein Nachweis des charakteristischen Widerstandes bei Betonkantenbruch entfallen.

Der charakteristische Widerstand eines Dübels oder einer Dübelgruppe bei Betonkantenabbruch beträgt:

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} \quad [N] \quad (5.7)$$

Nachstehend werden die einzelnen Faktoren der Gleichung (5.7) für Dübel angegeben, für die entsprechende Erfahrungen vorliegen:

- a) Der Ausgangswert des charakteristischen Widerstandes eines Dübels in gerissenem oder ungerissenem Beton mit Belastung senkrecht zum Rand beträgt:

$$V_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot d_{nom}^\alpha \cdot h_{ef}^\beta \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot c_1^{1.5} \quad (5.7a)$$

d_{nom} , l_f , c_1 [mm]; $f_{ck,cube}$ [N/mm²]

Hierbei gilt:

$k_1 = 1,7$ für Anwendungen im gerissenen Beton

$k_1 = 2,4$ für Anwendungen im nicht gerissenen Beton

$$\alpha = 0,1 \cdot \left(\frac{l_f}{c_1} \right)^{0,5} \quad (5.7b)$$

$$\beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d_{nom}}{c_1} \right)^{0,2} \quad (5.7c)$$

- b) Der geometrische Einfluss des Achsabstandes sowie weiterer Randabstände und der Einfluss der Bauteildicke auf den charakteristischen Widerstand wird durch den Verhältniswert $A_{c,v}/A_{c,v}^0$ berücksichtigt.

Hierbei gilt:

$$\begin{aligned} A_{c,v}^0 &= \text{Fläche des Ausbruchkörpers eines Einzeldübels auf der seitlichen Betonoberfläche ohne Einfluss von Rändern parallel zur angenommenen Lastrichtung, Bauteildicke oder benachbarter Dübel. Dabei wird der Ausbruchkörper als halbe Pyramide mit der Höhe } c_1 \text{ und der Länge der Basisseiten } 1,5 c_1 \text{ und } 3 c_1 \text{ angenommen (Bild 5.7).} \\ &= 4,5 c_1^2 \quad (5.7d) \end{aligned}$$

$A_{c,v}$ = vorhandene Fläche des Ausbruchkörpers der Verankerung auf der seitlichen Betonoberfläche. Sie wird begrenzt durch die Überschneidungen der einzelnen Ausbruchkörper benachbarter Verankerungen ($s \leq 3 c_1$) sowie durch Bauteilränder parallel zur angenommenen Lastrichtung ($c_2 \leq 1,5 c_1$) und Bauteildicke ($h \leq 1,5 c_1$). Beispiele für die Berechnung von $A_{c,v}$ siehe Bild 5.8.

Bei der Berechnung von $A_{c,v}^0$ und $A_{c,v}$ wird davon ausgegangen, dass die Querlasten senkrecht zum Bauteilrand angreifen.

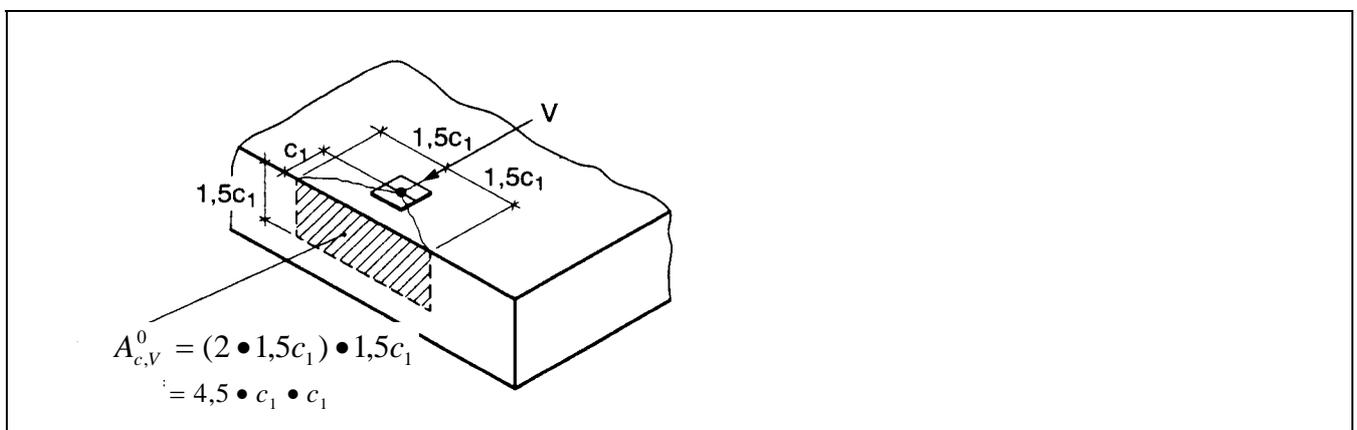
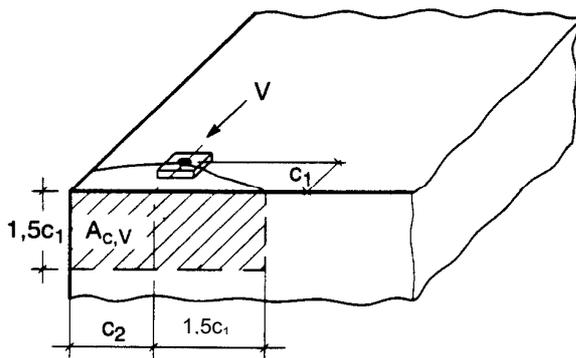


Bild 5.7 Idealisierter Betonausbruchkörper und Fläche $A_{c,v}^0$ des Ausbruchkörpers eines Einzeldübels

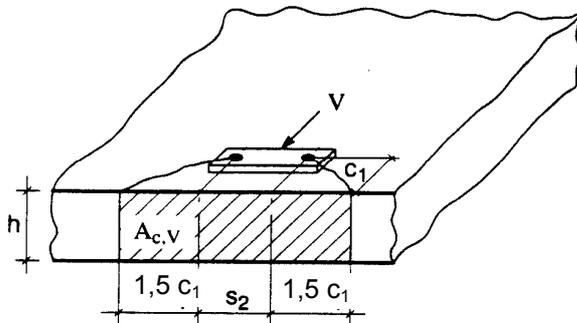


$$A_{c,v} = 1,5 c_1 (1,5 c_1 + c_2)$$

$$h > 1,5 c_1$$

$$c_2 \leq 1,5 c_1$$

a) Einzeldübel in der Bauteilecke

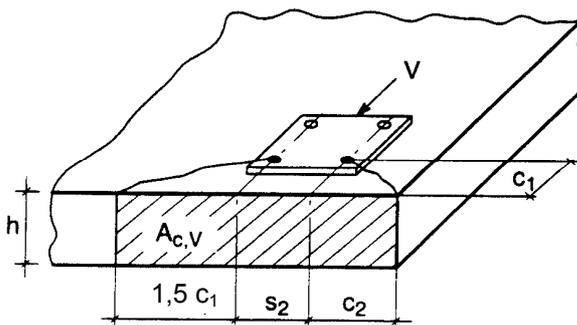


$$A_{c,v} = h (2 \cdot 1,5 c_1 + s_2)$$

$$h \leq 1,5 c_1$$

$$s_2 \leq 3 c_1$$

b) Dübelgruppe am Bauteilrand in einem dünnen Bauteil



$$A_{c,v} = h (1,5 c_1 + s_2 + c_2)$$

$$h \leq 1,5 c_1$$

$$s_2 \leq 3 c_1$$

$$c_2 \leq 1,5 c_1$$

c) Dübelgruppe in der Bauteilecke in einem dünnen Bauteil

Bild 5.8 Beispiele für vorhandene Flächen der idealisierten Betonausbruchkörper bei verschiedenen Dübelanordnungen unter Querbeanspruchung

- c) Der Einflussfaktor $\psi_{s,N}$ berücksichtigt die Störung des Spannungszustandes im Beton durch weitere Bauteilränder. Bei Verankerungen mit zwei Randabständen parallel zur angenommenen Lastrichtung (z. B. in einem schmalen Bauteil) ist der kleinere Randabstand in Gleichung (5.7e) einzusetzen.

$$\psi_{s,V} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5 c_1} \leq 1 \quad (5.7e)$$

- d) Der Faktor $\psi_{h,V}$ berücksichtigt, dass der Querwiderstand nicht proportional zur Bauteildicke, wie beim Verhältnis $A_{c,V}/A_{c,V}^0$ angenommen, abnimmt.

$$\psi_{h,V} = \left(\frac{1,5c_1}{h} \right)^{1/2} \geq 1 \quad (5.7f)$$

- e) Der Faktor ψ_{α_V} berücksichtigt den Winkel α_V zwischen der einwirkenden Last V_{Sd} und der Richtung senkrecht zur freien Bauteilkante (siehe Bild 4.7b).

$$\psi_{\alpha,V} = \frac{1}{\sqrt{(\cos \alpha_V)^2 + \left(\frac{\sin \alpha_V}{2,5} \right)^2}} \geq 1,0 \quad (5.7g)$$

Der Höchstwert α_V für Gleichung (5.7g) ist auf 90° begrenzt.

Bei $\alpha_V > 90^\circ$ ist anzunehmen, dass nur die Komponente der Querlast parallel zum Rand auf den Dübel wirkt. Die weg vom Rand wirkende Komponente kann für den Nachweis bei Betonkantenbruch entfallen. Beispiele für Dübelgruppen, auf die M_{Td} , V_{Sd} oder beide Lasten wirken, sind Bild 5.9 und 5.10 zu entnehmen.

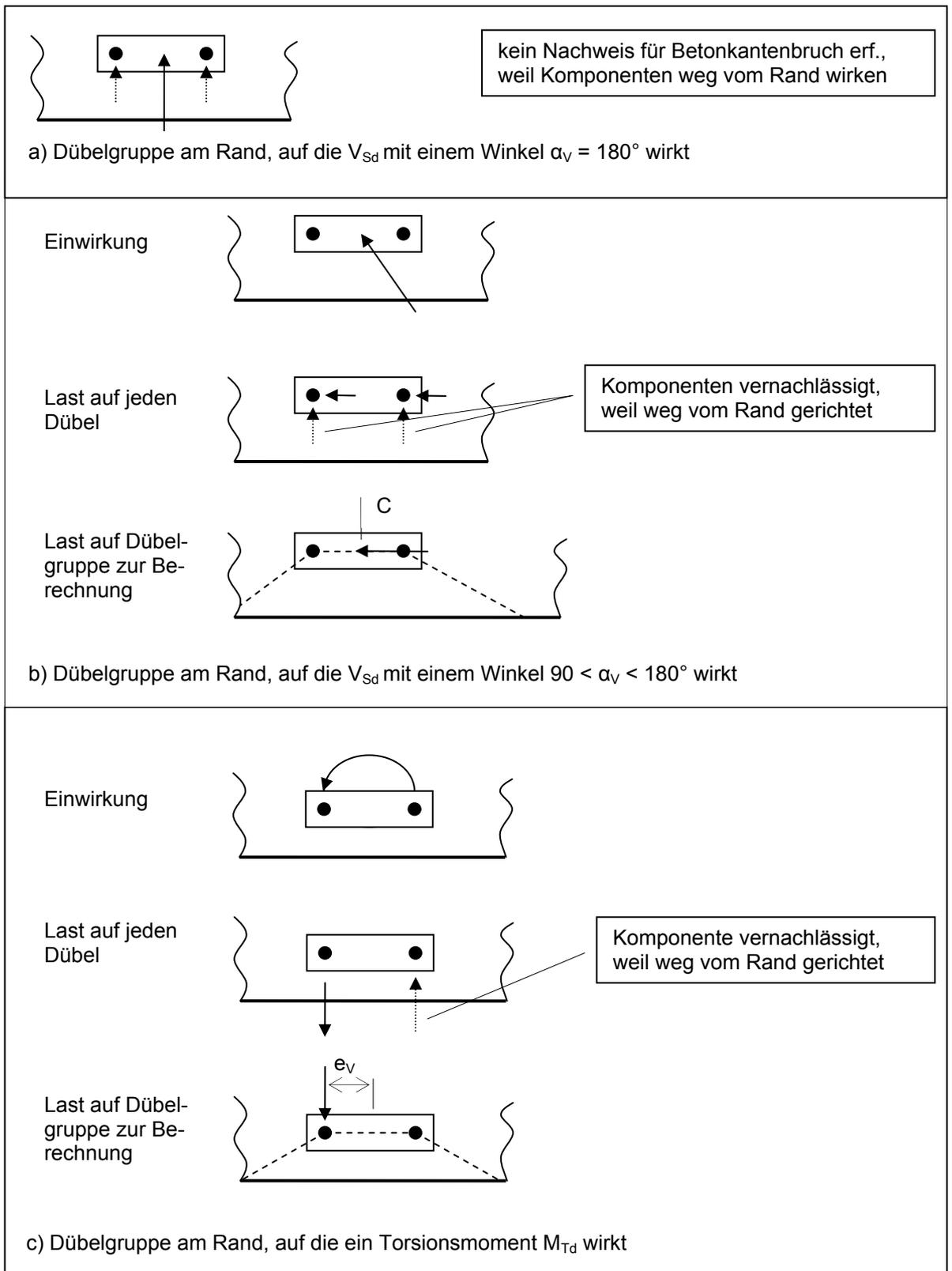


Bild 5.9 Beispiele für Dübelgruppen am Rand, auf die eine Querkraft oder ein Torsionsmoment wirkt

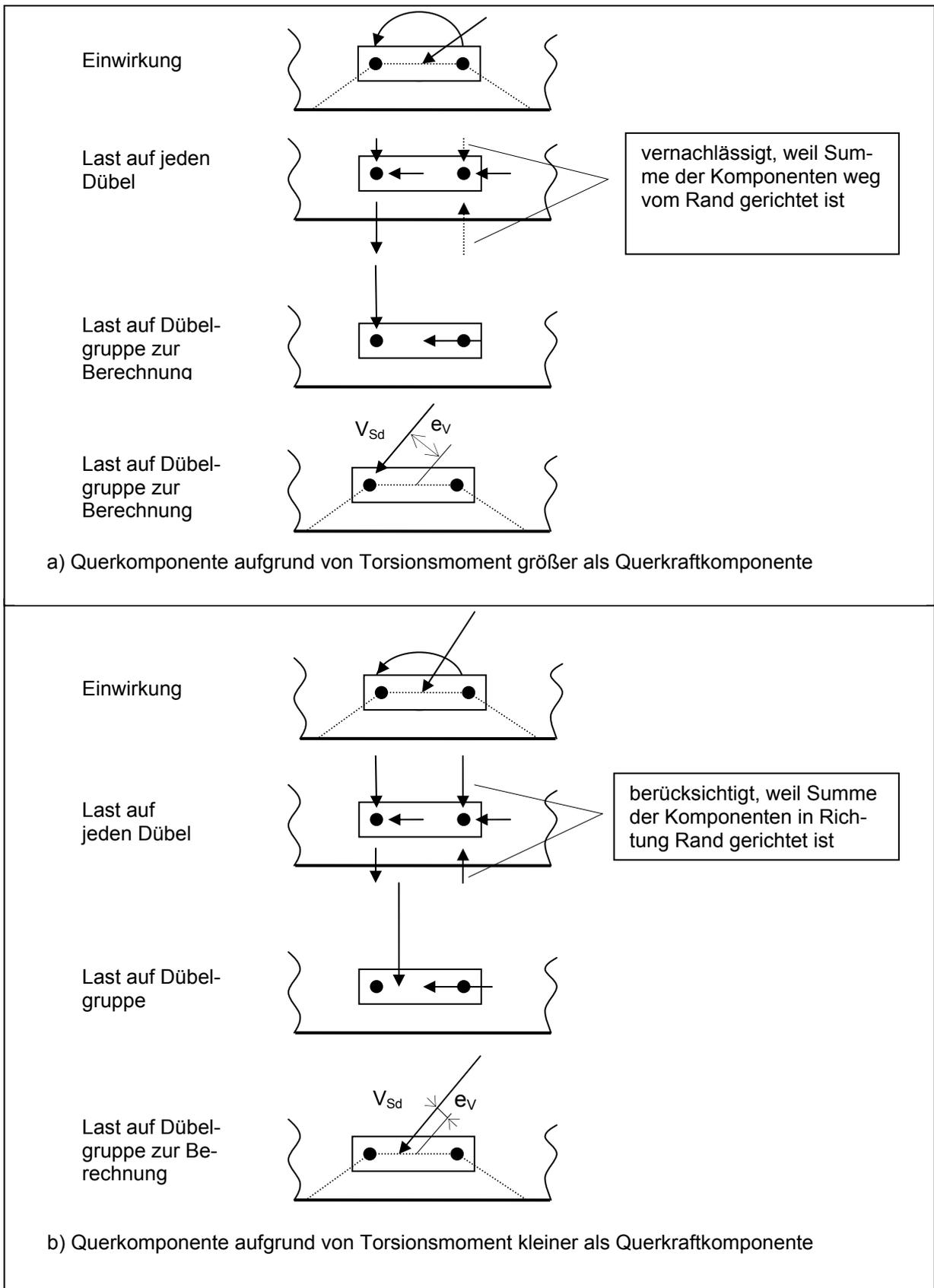


Bild 5.10 Beispiele für Dübelgruppen am Rand, auf die eine Querkraft und ein Torsionsmoment wirkt

- f) Der Faktor $\psi_{ec,V}$ berücksichtigt den Einfluss von unterschiedlichen Querlasten, die auf die jeweiligen Dübel der Gruppe wirken.

$$\psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + 2e_V / (3c_1)} \leq 1 \quad (5.7h)$$

e_V = Exzentrizität der resultierenden Querlast der Dübel (siehe 4.2.2).

- g) Der Faktor $\psi_{re,V}$ berücksichtigt den Einfluss der Art der Bewehrung im gerissenen Beton.

$\psi_{re,V} = 1,0$ Verankerung im nicht gerissenen Beton und Verankerung im gerissenen Beton ohne Rand- oder Aufhängebewehrung

$\psi_{re,V} = 1,2$ Verankerung im gerissenen Beton mit gerader Randbewehrung ($\geq \text{Ø}12$ mm)

$\psi_{re,V} = 1,4$ Verankerung im gerissenen Beton mit Rand- und engmaschiger Aufhängebewehrung ($a \leq 100$ mm)

- h) Bei Dübeln, die in einer Ecke sitzen, ist der Widerstand für beide Ränder zu berechnen. Der kleinste Wert ist maßgeblich.

- i) Sonderfälle

Bei Verankerungen in einem schmalen dünnen Bauteil mit $c_{2,max} \leq 1,5 c_1$ ($c_{2,max}$ = größter Randabstand aus den beiden Randabständen parallel zur Lastrichtung) und $h \leq 1,5 c_1$ (siehe Bild 5.9) führt die Berechnung nach Gleichung (5.7) zu Ergebnissen, die auf der sicheren Seite liegen.

Genauere Ergebnisse werden erzielt, wenn in den Gleichungen (5.7a) bis (5.7f) und bei der Ermittlung der Flächen $A_{c,V}^0$ und $A_{c,V}$ nach den Bildern 5.7 und 5.8 der Randabstand c_1 durch den Wert c'_1 ersetzt wird. Dabei ist c'_1 der größere der beiden Werte $c_{2,max}/1,5$ und $h/1,5$ bzw. bei Dübelgruppen $s_{2,max}/3$.

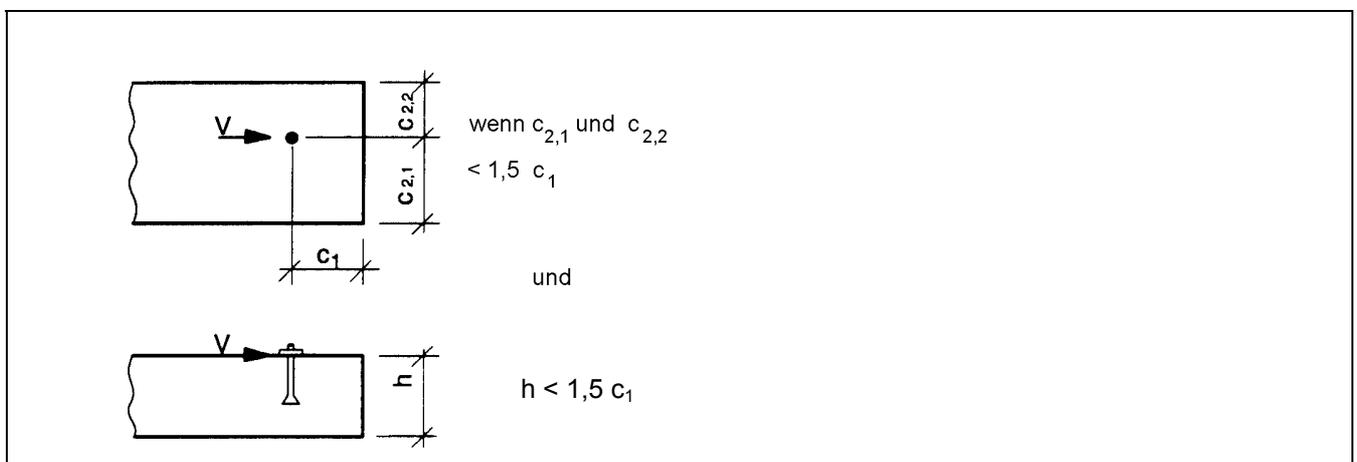


Bild 5.11 Beispiel einer Verankerung in einem schmalen dünnen Bauteil, bei dem der Wert c'_1 verwendet werden darf.

5.2.4 Widerstand bei kombinierter Zug- und Querbeanspruchung

Bei kombinierten Zug- und Querlasten müssen folgende Gleichungen (siehe Bild 5.12) erfüllt sein:

$$\beta_N \leq 1 \quad (5.8a)$$

$$\beta_V \leq 1 \quad (5.8b)$$

$$\beta_N + \beta_V \leq 1,2 \quad (5.8c)$$

Hierbei gilt:

β_N (β_V): Verhältnis zwischen Einwirkung und Widerstand bei Zug-(Quer-)beanspruchung.
 In Gleichung (5.8) ist jeweils der größte Wert von β_N und β_V für die einzelnen Versagensarten einzusetzen (siehe 5.2.2.1 und 5.2.3.1).

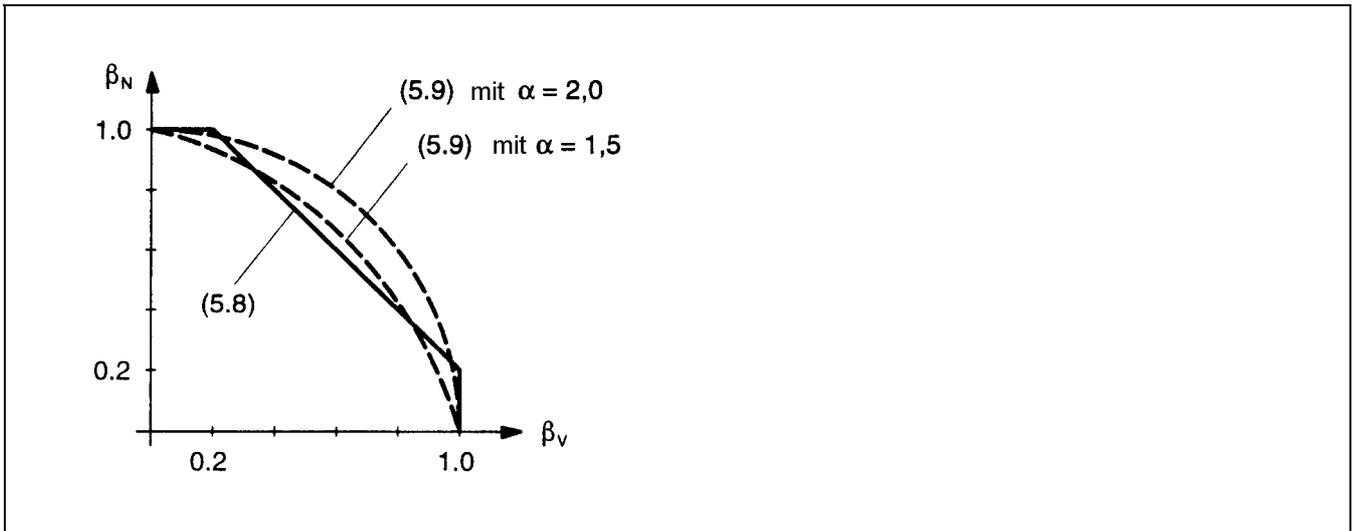


Bild 5.12 Interaktionsdiagramm für kombinierte Zug- und Querbeanspruchung

Im Allgemeinen ergeben die Gleichungen (5.8a) bis (5.8c) konservative Ergebnisse. Genauere Ergebnisse werden mit Gleichung (5.9) erzielt:

$$(\beta_N)^\alpha + (\beta_V)^\alpha \leq 1 \quad (5.9)$$

wobei gilt:

β_N, β_V	siehe Gleichung (5.8)
$\alpha = 2,0$	wenn für N_{Rd} und V_{Rd} Stahlversagen maßgebend ist
$\alpha = 1,5$	bei allen anderen Versagensarten

5.3 Bemessungsverfahren B

Das Bemessungsverfahren B basiert auf einem vereinfachten Verfahren, bei dem der Bemessungswert des charakteristischen Widerstandes unabhängig von der Belastungsrichtung und der Versagensart angesetzt wird.

Bei Dübelgruppen ist nachzuweisen, dass Gleichung (3.1) für den höchstbeanspruchten Dübel eingehalten ist.

Der Bemessungswert des Widerstandes F_{Rd}^0 darf ohne Änderung angesetzt werden, wenn der Achsabstand s_{cr} und der Randabstand c_{cr} eingehalten sind. F_{Rd}^0 , s_{cr} und c_{cr} sind in der jeweiligen ETA angegeben.

Der Bemessungswert des Widerstandes ist nach Gleichung (5.10) zu berechnen, wenn die vorhandenen Werte für Achsabstand und Randabstand kleiner als die Werte s_{cr} und c_{cr} und größer oder gleich s_{min} und c_{min} gemäß ETA sind.

$$F_{Rd} = \frac{1}{n} \cdot \frac{A_c}{A_c^0} \cdot \psi_s \cdot \psi_{re} \cdot F_{Rd}^0 \quad [N] \quad (5.10)$$

Hierbei gilt:

n = Anzahl der beanspruchten Dübel

F_{Rd}^0 = Bemessungswert des in der jeweiligen ETA für gerissenen oder nicht gerissenen Beton angegebenen Widerstandes

Der Einfluss des Achsabstandes und des Randabstandes wird durch den Faktor A_c/A_c^0 und ψ_s berücksichtigt.

Der Faktor A_c/A_c^0 ist entsprechend 5.2.2.4b und der Faktor ψ_s entsprechend 5.2.2.4c zu berechnen, wobei $s_{cr,N}$ und $c_{cr,N}$ durch s_{cr} und c_{cr} zu ersetzen sind. Der Einfluss einer Bewehrung mit engen Abstand und ungerissenen Beton wird durch den Faktor ψ_{re} berücksichtigt. Der Faktor ψ_{re} wird berechnet nach 5.2.2.4 d).

Bei Querlast mit Hebelarm ist der charakteristische Dübelwiderstand nach Gleichung (5.5) zu berechnen, wobei in Gleichung (5.5a) $N_{Rd,s}$ durch F_{Rd}^0 zu ersetzen ist.

Der kleinste der Werte von F_{Rd} nach Gleichung (5.10) oder $V_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$ nach Gleichung (5.5) ist maßgebend.

5.4 Bemessungsverfahren C

Das Bemessungsverfahren C basiert auf einem vereinfachten Verfahren, bei dem unabhängig von der Belastungsrichtung und der Versagensart nur ein Bemessungswert des Widerstandes F_{Rd} angesetzt wird. Die vorhandenen Achs- und Randabstände müssen größer oder gleich den Werten von s_{cr} und c_{cr} sein. F_{Rd} , s_{cr} und c_{cr} sind in der jeweiligen ETA angegeben.

Bei Querlast mit Hebelarm ist der charakteristische Dübelwiderstand nach Gleichung (5.5) zu berechnen, wobei in Gleichung (5.5a) $N_{Rd,s}$ durch F_{Rd} zu ersetzen ist.

Der kleinste Wert von F_{Rd} bzw. $V_{Rk,s}/\gamma_{Ms}$ nach Gleichung (5.5) ist maßgebend.

6 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

6.1 Verschiebungen

Die charakteristische Verschiebung des Dübels unter festgelegten Zug- und Querlasten ist aus der ETA zu entnehmen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Verschiebungen linear zur aufgebracht Last zunehmen. Bei kombinierter Zug- und Querlast sind die Verschiebungen für die Zug- und Querzugkomponenten der resultierenden Last geometrisch zu addieren.

Bei Querlasten ist der Einfluss des Durchgangslochs in der Anschlusskonstruktion auf die erwartete Verschiebung der gesamten Verankerung zu berücksichtigen.

6.2 Querlast mit wechselndem Vorzeichen

Ändern die angreifenden Querlasten mehrfach ihr Vorzeichen, sind geeignete Maßnahmen zu treffen, um einen Ermüdungsbruch des Stahls zu vermeiden (z. B. sollte die Querlast durch Reibung zwischen Anschlusskonstruktion und Beton weitergeleitet werden (z. B. aufgrund einer ausreichend hohen ständigen Vorspannkraft)).

Querlasten mit wechselndem Vorzeichen können aufgrund von Temperaturänderungen in dem befestigten Bauteil (z. B. Fassadenelemente) auftreten. Daher sind diese Bauteile entweder so zu verankern, dass keine signifikanten Querlasten im Dübel aufgrund der im befestigten Bauteil auftretenden Zwangsverformungen auftreten, oder es ist bei Querlast mit Hebelarm (Abstandsmontage) die Biegebeanspruchung in dem höchstbeanspruchten Dübel $\Delta\sigma = \max\sigma - \min\sigma$ im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit infolge Temperaturschwankungen auf 100 N/mm^2 zu begrenzen.

7 Zusätzliche Nachweise zur Sicherung der charakteristischen Bauteiltragfähigkeit

7.1 Allgemeines

Der Nachweis der örtlichen Einleitung der Dübellasten in das Betonbauteil wird durch Anwendung der in diesem Dokument beschriebenen Bemessungsverfahren erbracht.

Die Weiterleitung der Dübellasten in den Verankerungsgrund des Bauteils ist für den Grenzzustand der Tragfähigkeit und den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nachzuweisen; hierbei sind die üblichen Nachweise unter Berücksichtigung der durch die Dübel eingeleiteten Lasten durchzuführen. Bei diesen Nachweisen sind die in 7.2 und 7.3 angegebenen zusätzlichen Bestimmungen zu berücksichtigen.

Ist der Randabstand eines Dübels kleiner als der charakteristische Randabstand $c_{cr,N}$ (Bemessungsverfahren A) bzw. c_{cr} (Bemessungsverfahren B und C), muss am Rand des Bauteils im Bereich der Verankerungstiefe eine Längsbewehrung von mindestens $\varnothing 6$ vorhanden sein.

Bei Fertigplatten und -balken mit statisch mitwirkender Ortbetonschicht dürfen Dübellasten nur in das Fertigteil übertragen werden, wenn der Fertigbeton mit dem Ortbeton durch eine Verbundbewehrung verbunden ist. Ist eine solche Verbundbewehrung zwischen Fertigteil und Ortbeton nicht vorhanden, müssen die Dübel im Ortbeton mit h_{ef} verankert sein. Andernfalls dürfen nur die Lasten von abgehängten Decken oder ähnlichen Konstruktionen mit einer Last bis zu $1,0 \text{ kN/m}^2$ in dem Fertigteil verankert werden.

7.2 Quertragfähigkeit des Betonbauteils

Im Allgemeinen sollten die durch Dübellasten erzeugten Querkkräfte $V_{Sd,a}$ den folgenden Wert nicht überschreiten:

$$V_{Sd,a} = 0,4 V_{Rd1} \quad (7.1)$$

wobei: V_{Rd1} = Widerstand bei Querbeanspruchung nach Eurocode EC 2 [1]

Bei der Berechnung von $V_{Sd,a}$ sind die Dübellasten als Punktlasten mit einer Lasteintragungsbreite $t_1 = s_{t1} + 2 h_{ef}$ und $t_2 = s_{t2} + 2 h_{ef}$ mit s_{t1} (s_{t2}) Achsabstand zwischen den äußeren Dübeln einer Dübelgruppe in Richtung 1 (2) anzunehmen. Die mitwirkende Breite, über die Querkraft übertragen wird, sollte nach der Elastizitätstheorie berechnet werden.

Auf Gleichung (7.1) kann verzichtet werden, wenn eine der nachfolgenden Bedingungen erfüllt ist.

- a) Die durch den Bemessungswert der Beanspruchungen einschließlich der Dübellasten am Untergrund verursachte Querkraft V_{Sd} beträgt

$$V_{Sd} \leq 0,8 V_{Rd1} \quad (7.2)$$

- b) Unter den charakteristischen Einwirkungen beträgt die resultierende Zuglast N_{Sk} der zugbeanspruchten Verankerungen $N_{Sk} \leq 30$ kN, und der Achsabstand a zwischen den äußeren Dübeln benachbarter Dübelgruppen oder zwischen den äußeren Dübeln einer Gruppe und Einzeldübeln erfüllt Gleichung (7.3).

$$a \geq 200 \cdot \sqrt{N_{Sk}} \quad a \text{ [mm]; } N_{Sk} \text{ [kN]} \quad (7.3)$$

Die Dübellasten werden von einer Aufhängebewehrung aufgenommen, die die Zugbewehrung umschließt und an der gegenüberliegenden Seite des Betonbauteils verankert ist. Ihr Abstand von Einzeldübeln oder von den äußeren Dübeln einer Gruppe muss kleiner sein als h_{ef} .

Ist unter den charakteristischen Einwirkungen die resultierende Zuglast N_{Sk} der zugbeanspruchten Verankerungen $N_{Sk} \geq 60$ kN, muss entweder die Verankerungstiefe der Dübel $h_{ef} \geq 0,8 h$ betragen oder eine Aufhängebewehrung gemäß Absatz c (s. oben) vorhanden sein.

Die erforderlichen Nachweise zur Sicherung des Querwiderstands des Bauteils sind in Tabelle 7.1 zusammengefasst.

Tabelle 7.1 Erforderliche Nachweise zur Sicherung des Querwiderstands des Bauteils

Rechnerische Querbeanspruchung des Bauteils unter Berücksichtigung der Dübellasten	Achsabstand zwischen Einzeldübeln und Dübelgruppen	N_{Sk} [kN]	Nachweis der rechnerischen Querlast aus Dübellasten
$V_{Sd} \leq 0,8 \cdot V_{Rd1}$	$a \geq s_{cr,N}^{1)} (s_{cr})^{2)}$	≤ 60	nicht erforderlich
$V_{Sd} > 0,8 \cdot V_{Rd1}$	$a \geq s_{cr,N}^{1)} (s_{cr})^{2)}$ und $a \geq 200 \cdot \sqrt{N_{Sk}}$	≤ 30	nicht erforderlich
		≤ 60	erforderlich: $V_{Sd,a} \leq 0,4 \cdot V_{Rd1}$ oder Aufhängebewehrung oder $h_{ef} \geq 0,8 h$
	$a \geq s_{cr,N}^{1)} (s_{cr})^{2)}$	> 60	nicht erforderlich, jedoch Aufhängebewehrung oder $h_{ef} \geq 0,8 h$
¹⁾ Bemessungsverfahren A ²⁾ Bemessungsverfahren B und C			

7.3 Widerstand gegen Spaltkräfte

Im Allgemeinen sind die durch Dübel erzeugten Spaltkräfte bei der Bemessung des Bauteils zu berücksichtigen. Dies ist vernachlässigbar, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist.

Der Bereich der Lastabtragung liegt in der Druckzone des Betonbauteils.

Die Zuglastkomponente N_{Sk} der auf die Verankerung (Einzeldübel oder Dübelgruppe) einwirkenden charakteristischen Lasten ist kleiner als 10 kN.

Die Zuglastkomponente N_{Sk} ist nicht größer als 30 kN. Außerdem ist bei Verankerungen in Platten und Wänden eine konzentrierte Bewehrung in beiden Richtungen im Bereich der Verankerung vorhanden. Die Fläche der Querbewehrung muss mindestens 60 % der für die Einwirkungen aufgrund der Dübellasten erforderlichen Längsbewehrung betragen.

Beträgt die auf die Verankerung einwirkende charakteristische Zuglast $N_{Sk} \geq 30$ kN und liegen die Dübel in der Zugzone des Betonbauteils, sind die Spaltkräfte durch eine Bewehrung aufzunehmen. Als erste Angabe kann für Dübel, die den vorliegenden Erfahrungen entsprechen, das Verhältnis zwischen Spaltkraft $F_{Sp,k}$ und charakteristischer Zuglast N_{Sk} bzw. N_{Rd} (wegkontrolliert spreizende Dübel) wie folgt angesetzt werden:

$F_{Sp,k}$	=	1,5 N_{Sk}	kraftkontrolliert spreizende Dübel (Teil 2)
	=	1,0 N_{Sk}	Hinterschnittdübel (Teil 3)
	=	2,0 N_{Rd}	wegkontrolliert spreizende Dübel (Teil 4)