

VERFASSER : Schömig-Plan Ingenieurgesellschaft mbH

Saaläckerstraße 8, 63801 Kleinostheim



PROGRAMM :

BAUWERK : BGW-Bügelschloss

Projekt-Nr. 18 013

# Statische Berechnung

**Auftrag: 18 113**

Bauvorhaben: Ermittlung der Tragfähigkeit einer Fertigteil-  
verbindung

Auftraggeber: BGW bohr GmbH  
Kastanienstraße 10  
97854 Steinfeld

Kleinostheim, den 20.06.2018



INGENIEURGESELLSCHAFT mbH

Beratende Ingenieure für das Bauwesen  
Saaläckerstraße 8 - 63801 Kleinostheim  
Tel.: 06027/504-0 - Fax: 06027/504-100

  
Aufgestellt  
Dr.-Ing. Vazul Boros  
Dipl. Ing. A. Sonntag

\_\_\_\_\_ Bauherr

BAUTEIL : BGW-Bügelschloss

BLOCK :

ARCHIV

NR.:

VORGANG :

**VERFASSER** : Schömig-Plan Ingenieurgesellschaft mbH  
Saaläckerstraße 8, 63801 Kleinostheim



**PROGRAMM** :

**BAUWERK** : BGW-Bügelschloss

**Projekt-Nr. 18 013**

## Revisionsliste

Rev.	Datum	Seiten	Inhalt	Bemerkung
0				

**BAUTEIL** : BGW-Bügelschloss  
**BLOCK** :

**ARCHIV NR.:**

**VORGANG** :

# 1 Allgemeines

## 1.1 Gesamtinhaltsverzeichnis

<b>1 Allgemeines</b> .....	<b>3</b>
1.1 Gesamtinhaltsverzeichnis .....	3
1.2 Beschreibung des Gesamtvorhabens .....	4
1.3 Referenzen .....	5
1.3.1 Technische Vorschriften .....	5
1.3.2 Literaturhinweise .....	5
<b>2 Berechnungsgrundlagen</b> .....	<b>6</b>
2.1 Darstellung und Beschreibung des statischen (mechanischen, rechnerischen) Systems .....	6
<b>3 Tabellarische und zeichnerische Darstellungen von geometrischen Größen und Zustandsgrößen</b> .....	<b>7</b>
3.1 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe .....	7
3.1.1 Querschnittsskizzen und Querschnittswerte .....	7
3.1.2 Lage im Fertigteil und Betondeckung .....	8
3.1.3 Kenngrößen für Baustoffe .....	9
3.2 Einwirkende Lasten .....	10
3.2.1 Hauptlasten .....	10
<b>4 Darstellung der Schnittgrößen</b> .....	<b>10</b>
<b>5 Darstellung der Ergebnisse der Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeits- sowie Standsicherheitsnachweise für die einzelnen Grenzzustände in den Nachweisstellen</b> .....	<b>10</b>
5.1 Nachweis für das Bügelschloss .....	10
5.1.1 Nachweis für die Schraube .....	10
5.1.2 Nachweis für den Schlosskörper .....	11
5.1.3 Nachweis für die Bewehrungsschlaufe .....	12

## 1.2 Beschreibung des Gesamtvorhabens

Mit einem BGW-Bügelverschluss werden Betonfertigteile wie Betonwände oder Betonrohre auf der Baustelle miteinander verschraubt. Der Radius der Bügelverschluss-Hälften ist an die Verbindungselemente angepasst und ermöglicht eine gleichmäßige Kraftverteilung auf die Bügel. Unterschiedliche Abstände der Bügel werden durch passende Schraubenlängen ausgeglichen.

### Vorteil

- Hohe Sicherheit durch gleichmäßige Kraftübertragung im Beton und in den Verbindungselementen.
- Simple und sichere Befestigung.
- Für alle Abstände der Bügel geeignet.
- Wandversatz Korrektur und Ausgleich.
- Als Formschluss oder/und Dehnungsfuge möglich.

Das BGW-Bügelverschluss besteht aus:

- Einem Bügel aus Betonstahl (B500B) je Seite, der in die Betonfertigteile einbetoniert wird. Der Bügel ist in Tabelle 1 dargestellt.
- Einem Spannschloss (2 Schlosskörper), aus Stahl S355
- 2 Spannschloss-Schrauben M10, der Güte 8.8

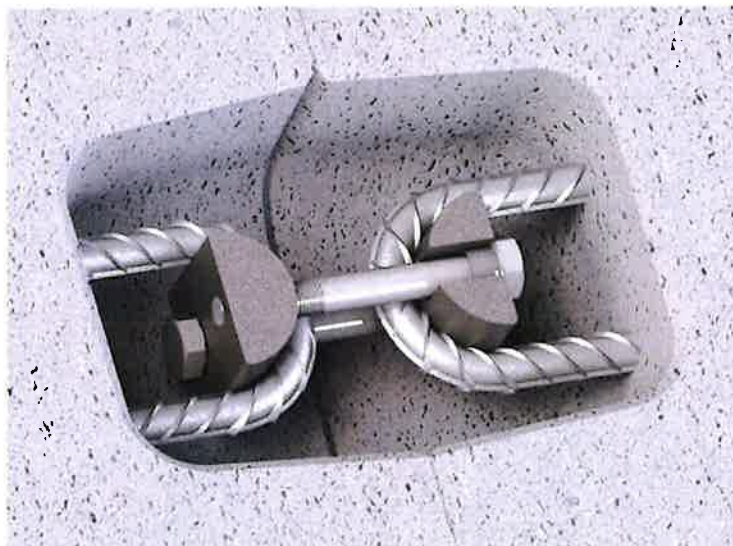


Abbildung 1 BGW-Bügelverschluss (Bügel aus Betonstahl, Schlosskörper und Schraube)

**VERFASSER : Schömig-Plan Ingenieurgesellschaft mbH**

Saaläckerstraße 8, 63801 Kleinostheim



**PROGRAMM :**

**BAUWERK : BGW-Bügelschloss**

**Projekt-Nr. 18013**

**DATUM: 05-2018**

Bei der Montage von Betonfertigteilen ist es möglich mit dem BGW-Bügelschloss einen axialen Versatz der Wände teilweise zu korrigieren. Ist ein Versatz erwünscht oder nicht mehr korrigierbar, so wird dieser durch die Halbkreise des Spannschlusses problemlos ausgeglichen. Dabei wird die komplette Gewindelänge der Spannschluss-Schrauben genutzt, sodass das Ausreißen einzelner Gewindegänge ausgeschlossen wird. Die Verbindung ist nicht für eine planmäßige Übertragung von Querkräften vorgesehen.

### **1.3 Referenzen**

#### **1.3.1 Technische Vorschriften**

- [1] DIN EN 1992-1-1: Eurocode 2 Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-1 Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Ausgabe Januar 2011
- [2] DIN EN 1993-1-8: Eurocode 3 Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 1-8 Bemessung von Anschlüssen; Ausgabe Dezember 2010

#### **1.3.2 Literaturhinweise**

- [1] B. Novak, U. Kuhlmann u. M. Euler: Einwirkung Widerstand Tragwerk: Ernst & Sohn, Ausgabe 1
- [2] Richard G. Budynas, J. Keith Nisbett: Mechanical Engineering Design: McGraw Hill, Ausgabe 9

**BAUTEIL : BGW-Bügelschloss**

**BLOCK :**

**SEITE: 5**

**ARCHIV**

**NR.:**

**VORGANG :**

## 2 Berechnungsgrundlagen

### 2.1 Darstellung und Beschreibung des statischen (mechanischen, rechnerischen) Systems

Im Rahmen der statischen Berechnung wird zunächst das am geringsten belastbare Bauglied ermittelt. Darauf aufbauend werden die maximal aufnehmbaren Kräfte für Schiefstellungen von 60° bis 90° ermittelt. Die erforderlichen Verankerungslängen der Bewehrungsbügel werden für die Betonfestigkeitsklassen C 12/15 bis C 50/60 ermittelt.

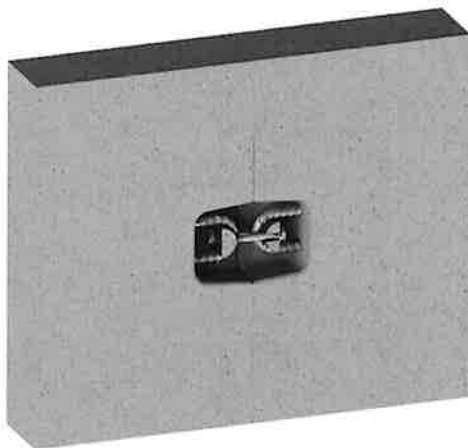


Abbildung 2 Gerader Stoß zweier Fertigteilplatten

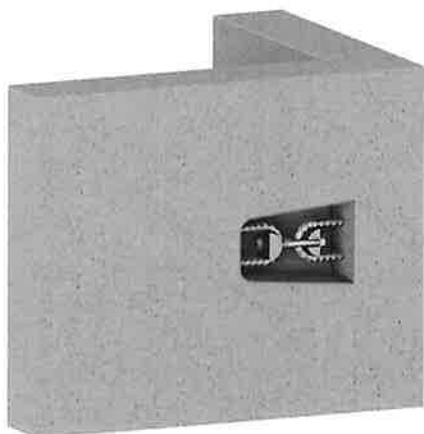


Abbildung 3 Stoß zweier Fertigteilplatten über Eck (90°)

### 3 Tabellarische und zeichnerische Darstellungen von geometrischen Größen und Zustandsgrößen

#### 3.1 Geometrische Größen, Kenngrößen für Baustoffe

##### 3.1.1 Querschnittsskizzen und Querschnittswerte

Die Querschnittsskizzen und Querschnittswerte für die wesentlichen Bauteile sind in den Ausdrücken auf den nachfolgenden Seiten enthalten. Die wesentlichen Abmessungen der verwendeten Stahlbügel sind gemäß in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Geometrie des Schlosskörpers ist in Abbildung 5 dargestellt. Verwendet werden Schrauben M10 mit einer Länge von 90mm.

Tabelle 1: Geometrie der verwendeten Stahlbügel

Material	$\Phi$ D [mm]	Länge L [mm]	Breite b [mm]
B500B	10	1000	60

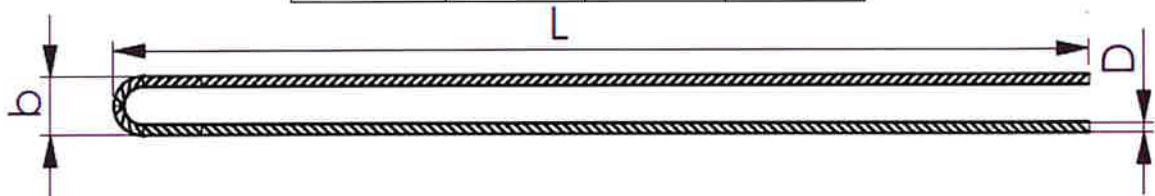


Abbildung 42 Abmessungen der Bügelschloss-Bügel

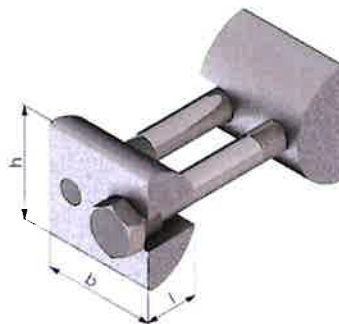


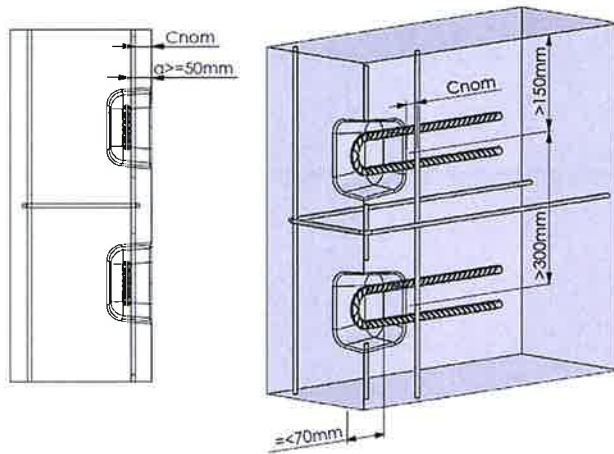
Abbildung 5 Schlosskörper und Schraube

Tabelle 2 Geometrie und das Gewicht der verwendeten Schlosskörper

Länge l [mm]	Breite b [mm]	Höhe H [mm]	Gewicht Kg
20	40	40	0,17

### 3.1.2 Lage im Fertigteil und Betondeckung

#### 3.1.2.1 Skizze zur Lage des Fertigteils und der Bewehrung



$$a_{s,min} \geq \left\{ \frac{1,88\text{cm}^2}{m}; a_{s,stat.erf.} \right\} \text{kreuzweise}$$

#### 3.1.2.2 Betondeckung

Tabelle 3: Betondeckung und Mindestbetongüte in Abhängigkeit der Expositionsklassen

Expositionsklasse	Mindestfestigkeitsklasse	*)Mindestbetondeckung		Vorhaltemaß allgemein	Vorhaltemaß für Fertigteile	*)Betondeckung für Fertigteile
		$c_{min,dur}$ [cm]	$c_{dur,y}$ [cm]			
XC1	C16/20	1,00	0,00	1,00	1,00	2,00
XC2	C16/20	2,00	0,00	1,50	1,00	3,00
XC 3	C20/25	2,00	0,00	1,50	1,00	3,00
XC4	C25/30	2,50	0,00	1,50	1,00	3,50
XD1 / XS1	C30/37	3,00	1,00	1,50	1,00	5,00
XD2 / XS2	C35/45	3,50	0,50	1,50	1,00	5,00
XD3 / XS3	C35/45	4,00	0,00	1,50	1,00	5,00

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

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

$c_{min,b}$  = Durchmesser des Bewehrungsstahls

$\Delta c_{dur,st}$  Die Abminderung der Betondeckung hinsichtlich der Verwendung von Edelstählen ist gem. DIN EN 1992-1-1/NA, unter "NDP Zu 4.4.1.2(7)" geregelt und ist der jeweiligen Zulassung des nicht-rostenden Stahls zu entnehmen.



Tabelle 4: Betondeckung, Expositionsclassen, Betongüte

Betondeckung C <sub>nom</sub> [cm]	Beton	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45
Expositions- klasse						
XC1		2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
XC2		3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
XC3		-	3,0	3,0	3,0	3,0
XC4		-	-	3,5	3,5	3,5
XD1 / XS1		-	-	-	5,0	5,0
XD2 / XS2		-	-	-	-	5,0
XD3 / XS2		-	-	-	-	5,0

**Aus Brandschutzanforderungen können größere Betondeckungen erforderlich werden.**

### 3.1.3 Kenngrößen für Baustoffe

Baustoffe und Werkstoffkenngrößen werden folgendermaßen festgelegt:

Beton: C 12/15  
C 16/20  
C 20/25  
C 25/30  
C 30/37  
C 35/45  
C 40/45  
C 45/55  
C 50/60

Bewehrungsstahl: B500B; Ø =10mm

Baustahl: Schlosskörper; S 355; E=210.000N/m<sup>2</sup>  
v =0,3

Schraube: M10; 8.8

### 3.2 Einwirkende Lasten

#### 3.2.1 Hauptlasten

##### 3.2.1.1 Ständige Einwirkungen

Die maximal zulässigen Einwirkungen ergeben sich aus der Belastbarkeit der einzelnen Bauglieder. Maßgeblich wird das Bauglied mit der geringsten Belastbarkeit. Gemäß den nachfolgenden Berechnungen sind die Schrauben bei senkrechter Lasteinleitung für die Gesamtbelastbarkeit maßgebend.

$$F_{t,Rd \text{ Schraube}} = 33,40 \text{ kN} \text{ (1 M10, 8.8)}$$

Stehen die Fertigteile zueinander versetzt wird die Belastbarkeit des Bewehrungsstahls maßgebend, siehe Tabelle 5.

### 4 Darstellung der Schnittgrößen

- Entfällt

### 5 Darstellung der Ergebnisse der Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeits- sowie Standsicherheitsnachweise für die einzelnen Grenzzustände in den Nachweisstellen

#### 5.1 Nachweis für das Bügelschloss

##### 5.1.1 Nachweis für die Schraube

Der Nachweis für die Schrauben erfolgt gemäß DIN EN 1993-1-8 (Tabelle 3.4).

Die Zugbeanspruchung der Schraube ergibt sich zu:

$$F_{t,Rd} = k_2 * \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 0,9 * 800 * \frac{58}{1,25} = 33,40 \text{ kN}$$

### 5.1.2 Nachweis für den Schlosskörper

#### 5.1.2.1 Nachweis der Kraftübertragung Bewehrungsschlaufe - Schlosskörper

Die Nachweise werden vereinfacht für den Schlosskörper geführt. Es wird angenommen, dass der Schlosskörper eine gleichmäßig verteilte Linienlast vom Stahlbügel übernimmt. Maßgebend ist die Kontaktspannung zwischen einem Zylinder (Stabbügel) und einer Fläche (Schlosskörper). Die Kontaktlänge zwischen Stabbügel und Schlosskörper ergibt sich zu:

$$l = \pi \cdot D / 2 = \pi \cdot 40 / 2 = 62,83 \text{ mm}$$

Die Linienlast auf dem Schlosskörper mit 20 mm Radius aus einem Bügelschenkel  $\varnothing 10$  ergibt sich als Umlenkraft aus der maximal übertragbaren Kraft zu:

$$F = 33930 / 20 = 1697 \text{ N / mm}$$

Die Kontaktbreite ergibt sich zu:

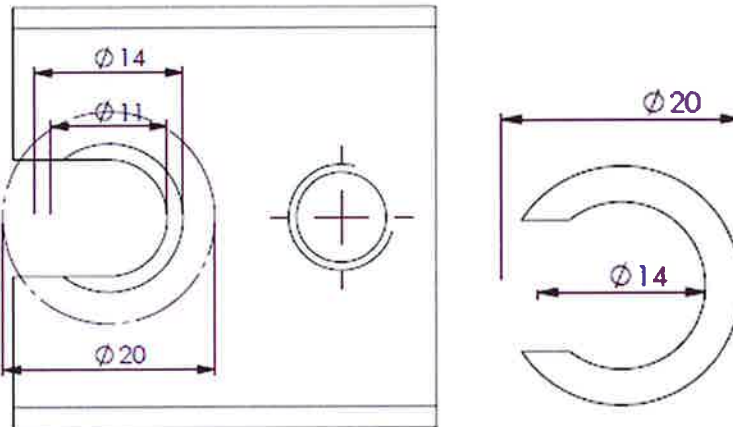
$$b = 2 \sqrt{\frac{8 \cdot F \cdot r}{\pi \cdot l \cdot E / (1 - \nu^2)}} = 2 \sqrt{\frac{8 \cdot 1697 \cdot 5}{\pi \cdot 62,8 \cdot 210000 / (1 - 0,3^2)}} = 0,077 \text{ mm}$$

Die Kontaktpressung auf der Oberfläche des Schlosskörpers ergibt sich zu:

$$P_{\max} = \frac{F}{b \cdot l} = \frac{1697}{0,077 \cdot 62,83} = 353 \text{ N / mm}^2 < f_u = 355 \text{ N / mm}^2 < f_y = 435 \text{ N / mm}^2$$

### 5.1.2.2 Nachweis der Kraftübertragung Schraube - Schlosskörper

Auflagerfläche:  $A_s = 124,16 \text{ mm}^2$



$$F_{ted} = 33,40 \text{ kN}$$

$$\sigma = F_{ted} / A_s = 33400 / 124,16 = 269,01 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{Rd} = 355,00 \text{ N/mm}^2$$

Ausnutzung  $\eta = 0,76$

### 5.1.3 Nachweis für die Bewehrungsschlaufe

#### 5.1.3.1 Ermittlung der Zugtragfähigkeit

$$F_t = \sigma_{sd} \cdot A_s = 435 \cdot \pi \cdot 10^2 / 4 = 34,164 \text{ kN}$$

#### 5.1.3.2 Ermittlung der Schubtragfähigkeit

$$V_{e,d} = \frac{A_v \left( \frac{y}{\sqrt{s}} \right)}{\gamma_M} = 14,88 \text{ kN}$$

5.1.3.3 Nachweis für den Versatz (Schiefstellung)

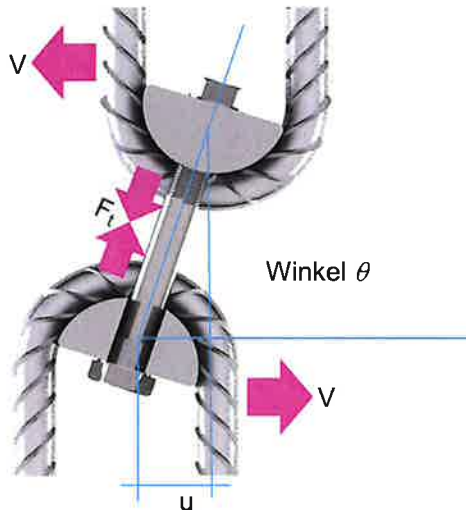


Abbildung 34 horizontale Bewegung der Fertigbauteile

Infolge des Versatzes der Fertigteile entstehen Querkkräfte, die aufzunehmen sind. Die Nachweise erfolgen gemäß DIN EN 1993-1-1 (6.2.6).

Die maximale Belastung eines Bügelschenkels ergibt sich aus den Komponenten der Zugkraft, der Querkraft und des aus der Querkraft erzeugten Momentes. Das Moment wird als Kräftepaar (Zug- und Druckkraft) vom Bewehrungsbügel aufgenommen.

Die wirksame Schubfläche ergibt sich zu:

$$A_v = \frac{3}{4} A = 59,25 \text{ mm}^2 (A_{\text{Bewehrung}})$$

Die wirksame Fläche  $A_{as}$  für die Zugkraft beträgt:

$$A_{as} = 78,54 \text{ mm}^2 (A_{\text{Bewehrung}})$$

Tabelle 5: Aufnehmbare Kraft und zugehörige Schrägstellung des Bügelverschlusses

$F_{tSchraube} \leq 33,4 \text{ kN}$   
 $A_{vBewehrung} \quad \varnothing 10 = 0,59 \text{ cm}^2$   
 $A_{Bewehrung} \quad \varnothing 10 = 0,79 \text{ cm}^2$

Winkel °	Bogenmaß rad	$F_{tSchraube}$ kN	$V_{ed}$ kN	$F_{tsenkrecht}$ kN	$\Delta F_t$ kN	$F_{tBewehrung}$ kN	$\sigma_{ve,dBewehrung}$ kN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{R,dBewehrung}$ kN/cm <sup>2</sup>	Aufnehmbare Kraft $F_{ed}$ in der Fuge kN
90	1,571	33,40	0,00	33,40	0,00	33,40	42,28	43,5	<b>66,00</b>
85	1,484	28,12	2,45	28,01	2,94	33,89	43,50	43,5	<b>56,00</b>
80	1,396	23,57	4,09	23,21	4,91	33,03	43,50	43,5	<b>46,00</b>
75	1,309	20,25	5,24	19,56	6,29	32,14	43,50	43,5	<b>39,00</b>
70	1,222	17,80	6,09	16,72	7,30	31,33	43,50	43,5	<b>33,00</b>
60	1,047	14,50	7,25	12,56	8,70	29,97	43,50	43,5	<b>25,00</b>

$$\Delta F_t = V_{e,d} * h / (b - D)$$

$$F_{tBewehrung} = F_{tsenkrecht} + 2 * \Delta F_t$$

h: Hebelarm = Länge des Bügelchenkels zwischen Schwerpunkt des Schlosskörpers und dem Fertigteil; Annahme max. h = 6,0 cm

b: Bügelbreite ≥ 6,0 cm

D: Bügeldurchmesser = 1,0 cm

$$\sigma_{ve,d} = \sqrt{\left(\frac{F_{tBewehrung}}{A_{Bewehrung}}\right)^2 + 3 \left(\frac{V_{ed}}{A_{vBewehrung}}\right)^2}$$

$$F_{ed \text{ in der Fuge}} = 2 * F_{tsenkrecht}$$

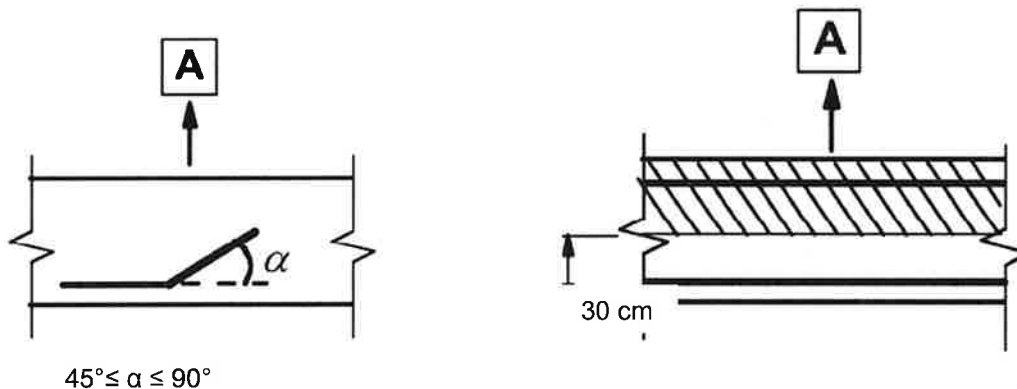
### 5.1.3.3.1 Versatzmaß

Das Versatzmaß  $u$  zwischen den 2 Fertigteilen ergibt sich über die Winkelfunktion und dem tatsächlichen Abstand der 2 Schlosskörper  $h_{vorh}$ .

$$u = h_{vorh} / \tan\theta$$

### 5.1.3.4 Ermittlung der Verankerungslängen

Der Nachweis der Verankerung für die Bewehrungsbügel wird gemäß DIN EN 1991-1-1 (8.4) geführt. Die Berechnung erfolgt für verschiedene Betonfestigkeitsklassen für die maximale Belastung. Der Grundwert der Verankerungslänge  $l_{b,reqd}$  hängt von der Verbundfestigkeit zwischen dem Beton und dem Betonstahl ab. Die Qualität der Verbundbedingungen sowie der Durchmesser des Bügels beeinflussen die Verbundfestigkeit. Für die Bemessung wird von einem guten Verbund ausgegangen, d.h. der Bewehrungsstahl liegt unterhalb einer Höhe von 30 cm über der Schalung. Bei schlechtem Verbund (falls diese Randbedingung nicht eingehalten ist) ist die Verankerungslänge mit dem Faktor 1,45 zu vergrößern. Die Beiwerte zur Erfassung der Verbundbedingungen betragen  $\eta_1$  als 1,0 (Verbundbereich) und  $\eta_2$  als 1,0 (Beiwert für den Stabdurchmesser  $d_s$  kleiner als 32 mm).



$$45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$$

**A** **Betonierrichtung**

Die nicht schraffierten Bereiche haben einen guten Verbund.

Anmerkung: Die Angaben zum Verbundbereich beziehen sich auf den Herstellungsprozess, nicht auf den Endzustand.

Die Verbundfestigkeit ergibt sich zu:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

Der erforderliche Grundwert der Verankerungslänge ergibt sich zu:

$$l_{b,rqd} = (\phi / 4) \cdot (\sigma_{sd} / f_{bd})$$

Der Bemessungswert der Verankerungslänge  $l_{b,d}$  sollte nicht kleiner als die Mindestverankerungslänge  $l_{b,min}$  sein. Der Beiwert für die Art (Form) des Verankerungsendes ist  $\alpha = 1,0$  ( $l_{b,eq} = l_{b,rqd}$ )

Die Verankerungslänge ergibt sich zu:

$$l_{b,eq} = \alpha \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

Die Mindestverankerungslänge ergibt sich zu:

$$l_{b,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,3 \cdot l_{b,rqd} \\ 0,6 \cdot l_{b,rqd} \\ 10 \cdot d_s \\ 6,7 \cdot d_s \\ 100mm \end{array} \right.$$

Die erforderliche Verankerungslänge für die verschiedenen Betonfestigkeitsklassen bei guten Verbundbedingungen wird in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 6: Verankerungslänge in Abhängigkeit von der Betonfestigkeitsklasse bei gutem Verbund

Betonfestigkeitsklasse	$f_{bd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$l_{b,rqd}$ [mm]	$l_{bd,min}$ [mm]	gew. $l_b$ (cm) (konstr.)
C12/15	1,65	634,38	543,75	65
C16/20	2,00	543,75	466,07	55
C20/25	2,32	475,78	407,81	50
C25/30	2,69	400,66	343,42	40
C30/37	3,04	362,50	310,71	40
C35/45	3,37	317,19	271,88	35
C40/50	3,68	292,79	250,96	30
C45/55	3,99	271,88	233,04	30
C50/60	4,28	253,75	217,50	25

Die Verankerungslänge ist bei schlechtem Verbund mit 1,45 zu multiplizieren.