

Reto Bonomo dipl. Bauingenieur ETH SIA

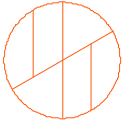
2006/09/21 RB

Sybaco AG  
Geissbuelstrasse 2  
8604 Volketswil

## **Bewehrungsanschlüsse: Rechenwerte für die Kraftübertragung: Vergleich SIA - DIN**

### **Inhalt**

1. Betonqualitäten.....	2
2. Fugenausbildung Vergleich DIN - SIA.....	2
2.1. DIN Ohne Verbundbewehrung.....	2
2.2. DIN Mit Verbundbewehrung.....	2
2.3. SIA .....	3
2.4. Gegenüberstellung DIN - SIA.....	4
3. Folgerungen.....	5



## 1. Betonqualitäten

Die Betonqualitäten nach DIN und SIA sind, basierend auf EC2 heute gleich genormt.

Für die Schweiz gilt nach SIA 262 (3.1.2.3.5) und NPK (Beilage) Standardisierung:

C25/30	mit charakteristischer Zylinderdruckfestigkeit $f_{ck} = 25\text{N/mm}^2$
	mit charakteristischer Würfeldruckfestigkeit $f_{ck,cube} = 30\text{N/mm}^2$
C30/37	mit charakteristischer Zylinderdruckfestigkeit $f_{ck} = 30\text{N/mm}^2$
	mit charakteristischer Würfeldruckfestigkeit $f_{ck,cube} = 37\text{N/mm}^2$

## 2. Fugenausbildung Vergleich DIN - SIA

Die Norm DIN 1045-1 unterscheidet bei Schubkraftübertragung in Arbeitsfugen nach den Einstufungen sehr glatt, glatt, rau, verzahnt. Entsprechend diesen Einstufungen werden Schubwiderstände ohne und mit Verbundbewehrung – die rückgebogenen Eisen – angegeben. SIA unterscheidet für Fugen von zusammengesetzten Bauteilen analog zur DIN die vier verschiedenen Rauigkeitsgrade.

### 2.1. DIN Ohne Verbundbewehrung

Aufnehmbare Schubkraft nach DIN 1045-1

parallel zur Fuge (Wand – Wand) ohne Verbundbewehrung für Normalbeton:

$$V_{Rd,cj} = 0.042 * 1.0 * \beta_{ct} * f_{ck}^{1/3} * b \quad (\text{Gl. 1a}) \text{ mit}$$

$b$  = Kastenbreite  
 $\beta_{ct}$  = sehr glatt: 0  
glatt: 1.4 wenn kein Zug, sonst 0  
rau: 2.0 wenn kein Zug, sonst 0  
verzahnt: 2.4

Unter Zugspannungen in der Fuge wird somit nur die verzahnte Fuge eine Schubkraft übertragen können.

Aufnehmbare Schubkraft nach DIN 1045-1

senkrecht zur Fuge (Wand – Decke) ohne Verbundbewehrung für Normalbeton:

$$V_{Rd,cj} = (\beta_{ct}/2.4) * 0.1 * \kappa * (100 * a_s / a_c * f_{ck})^{1/3} * b \quad (\text{Gl. 1b}) \text{ mit}$$

$b$  = Kastenbreite  
 $\beta_{ct}$  = sehr glatt: 0  
glatt: 1.4 wenn kein Zug, sonst 0  
rau: 2.0 wenn kein Zug, sonst 0  
verzahnt: 2.4  
 $\kappa = 1 + (200/d)^{0.5}$ ,  $d$ =statische Höhe  
 $a_s$  = Fläche Bewehrungstahl  
 $a_c$  = Fläche Beton

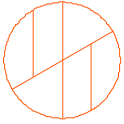
### 2.2. DIN Mit Verbundbewehrung

Aufnehmbare Schubkraft nach DIN 1045-1

parallel zur Fuge mit Verbundbewehrung senkrecht zur Fuge für Normalbeton:

$$V_{Rd,sy} = a_s * f_{yd} * \cot\theta - \mu * \sigma_{Nd} * b \quad (\text{Gl. 2}) \text{ mit}$$

$b$  = Kastenbreite



$\sigma_{Nd}$  = Zugspannung(+) senkrecht Fuge

$\mu$  = sehr glatt: 0.5

glatt: 0.6

rau: 0.7

verzahnt: 1.0

as = Bewehrungsquerschnitt

$f_{yd}$  = Bemessungsspannung Stahl

$\Theta$  = Druckdiagonalen­neigung

Zugspannungen in der Fuge vermindern die Schubtragfähigkeit, Druckspannungen erhöhen diese. Die maximal übertragbare Schubkraft in der Fuge wird durch den Widerstand der Druckstreben begrenzt bei senkrecht zur Fuge verlaufenden Eisen auf maximal ( $\Theta$ =Druckstreben­neigung):

$$V_{Rd,max} = b * 0.30 * 0.75 * f_{cd} * ctg(\Theta) / (1 + ctg^2(\Theta)) \quad (\text{Gl. 3}) \quad \text{mit} \quad f_{cd} = \text{Bemessungsfestigkeit Beton}$$

$\Theta$  = Druckstreben­neigung

Die Druckstreben­neigung ist in Abhängigkeit der Fugenrauigkeit geregelt zu

$$1.0 \leq ctg(\Theta) \leq (1.2 * \mu) / (1 - V_{Rd,c} / V_{Ed}) \quad (\text{Gl. 4}) \quad \text{mit}$$

$\Theta$  = Druckdiagonalen­neigung

### 2.3. SIA

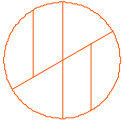
Nach SIA 262 (2003) ist unter 4.3.4.3 die Schubübertragung bei zusammengesetzten Bauteilen behandelt. Dies kann auf Bewehrungsanschlüsse angewendet werden: Die maximal übertragbare Schubkraft  $V_{Rd,red}$  ist beschränkt auf

$$V_{Rd,red} = b * \tau_{cd,red} = b * (k_{ct} * \tau_{cd} - k_{cs} * \sigma_d), \text{ maximal } 0.15 * f_{cd} \quad (\text{Gl. 10}) \quad \text{mit}$$

$b$  = Kastenbreite  
 $\tau_{cd}$  = Bemessungsschubspannung Beton  
 $\sigma_d$  = Zugspannung(+) senkrecht Fuge  
 $k_{ct}$  = sehr glatt: 0.025  
glatt: 0.35 (Betonoberfläche)  
rau: 0.45 (stark aufgeraut)  
verzahnt: 0.5  
 $k_{cs}$  = sehr glatt: 0.5  
glatt: 0.6 (Betonoberfläche)  
rau: 0.7 (stark aufgeraut)  
verzahnt: 0.9

**Dies entspricht damit der Gleichungen 1a bzw. 1b nach DIN. Somit ist in der Norm SIA direkt nur die Schubkraft ohne Schubbewehrung geregelt. Die Schubbewehrung selbst kann durch eine daraus entstehende Druckspannung  $\sigma_d$  in der Fuge berücksichtigt werden.**

Für eine Deckenstärke/Wanddicke von  $b=200\text{mm}$  ergibt sich nach SIA eine Beton - Bemessungsschubwiderstand  $V_{Rd}$ , unabhängig von der Krafrichtung, von 70 bis 100kN/m, je nach



Rauigkeitsgrad. (Tabelle 1)

Verglichen mit Gleichung (1b) nach DIN ergibt sich in etwa der gleiche Beton – Bemessungsschubwiderstand für einen Bewehrungsgehalt von 5% bei Krafrichtung senkrecht zur Fuge (Wand – Decke). Bei Krafrichtung parallel zur Fuge resultiert etwa der gleiche Widerstand, hier unabhängig vom Bewehrungsgehalt. (Tabelle 1)

<b>Bewehrungsanschluss:</b>								
<b>Vergleich DIN – SIA</b>								
Beton C25/30								
fck	25.0							
tcd	1.0							
fcd	16.5							
b	200							
<b>SIA</b>	$k_c \tau$	<b>VRd[kN/m]</b> ( $\sigma_d=0$ )						
sehr glatt	0.03	<b>5.0</b>						
glatt	0.35	<b>70.0</b>						
rauh	0.45	<b>90.0</b>						
verzahnt	0.50	<b>100.0</b>						
<b>DIN</b>	$\mu$	$\beta_{ct}$	parallel F.	senkr.F.	senkr.F.	VEd(Ann)	ctg( $\theta$ )	<b>VRd,max[kN/m]</b>
sehr glatt	0.5	0.00	VRd,cj	<b>VRd,ct</b>	<b>VRd,ct</b>	0	1.00	371.3
glatt	0.6	1.40	34.3	<b>68.2</b>	<b>54.1</b>	350	0.80	362.0
rau	0.7	2.00	49.1	<b>97.4</b>	<b>77.3</b>	310	1.00	371.2
verzahnt	1.0	2.40	58.9	<b>116.8</b>	<b>92.8</b>	346	1.45	347.3
				(1% As)	(0.5% As)			

Tabelle 1: Vergleich Schubkräfte DIN - SIA

## 2.4. Gegenüberstellung DIN - SIA

SIA definiert für Fugen direkt nur den Beton – Bemessungsschubwiderstand VRd (Gleichung 10). Die in Gleichung 10 einzusetzende Normalspannung kann aus einem Druckfeld infolge innerem Gleichgewicht resultieren und erlaubt damit die Berücksichtigung einer Bewehrung senkrecht zur Fuge. der maximale Bemessungs – Schubwiderstand in der Fuge ist damit auf

$VR_{d,max} = b \cdot 0.15 \cdot f_{cd} / 2$  begrenzt. (Gl. 11)

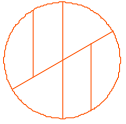
DIN ergänzt die Angabe des reinen Beton – Bemessungsschubwiderstandes – die etwa den gleichen Widerstand definiert wie SIA – um die Angabe des Bemessungs – Schubwiderstandes unter Berücksichtigung der Bewehrung senkrecht zur Fuge.

DIN begrenzt den maximalen Schubwiderstand in der Fuge gemäss Gleichung 3 auf maximal (bei Druckfeldneigung 45 Grad)

parallel zur Fuge  $VR_{dp,max} = b \cdot 0.30 \cdot 0.75 \cdot f_{cd} / 2 = b \cdot 0.225 \cdot f_{cd} / 2$  (Gl. 20) und

senkrecht zur Fuge ca.  $VR_{ds,max} = b \cdot 0.3 \cdot 0.75 \cdot f_{cd} / 2 = b \cdot 0.225 \cdot f_{cd} / 2$  (Gl. 21)

damit in beiden Fällen auf den gleichen Wert, unabhängig von der Rauigkeit in der Fuge!?



### 3. Folgerungen

DIN und SIA regeln den Beton – Schubbemessungswiderstand ohne Bewehrung im Bereich von Fugen über verschiedene Modelle, die aber etwa die gleichen Ergebnisse zeigen.

Mit Verbundbewehrung ergeben sich nach DIN maximale Schub – Bemessungswiderstände von etwa 37% des maximal möglichen Widerstandes ohne Störung durch eine Fuge. SIA begrenzt diesen Wert auf rund 25% des maximal möglichen Widerstandes. Dies unter Voraussetzung einer stark aufgerauten Fuge. Allerdings lässt Art. 4.3.4.3.1 bei gut aufgerauten Fugen auch den Schluss zu, dass der Bemessungsschubwiderstand nur auf 80% des maximal möglichen Widerstandes begrenzt ist, z.B. bei Arbeitsfugen; dies trifft dann auch für Bewehrungsanschlüsse zu falls diese gut aufgeraute Fugen ausbilden.

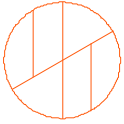
Das Bemessungsmodell nach DIN kann demnach in der Schweiz meiner Meinung nach angewendet werden. Die Formeln nach DIN sind allerdings umfangreich, für den Ingenieur aber durchschaubar. SIA vereinfacht wo möglich und überlässt dem Ingenieur den letzten Entscheid. DIN macht genaue Vorschriften und ist daher häufig strenger oder ergibt kleinere Bemessungswiderstände.

**Die Bemessungswiderstände nach DIN können im Falle der Bewehrungsanschlüsse somit auch in der Schweiz zur Anwendung kommen.**

Reto Bonomo

Beilagen:

- NPK Betone schweiz. Transportbetonwerke



**Beilage 1**

# NPK-Betone der schweiz. Transportbetonwerke (Stand 05.09.2002)

Betontyp:	NPKA	NPKB	NPKC	NPKD	NPKE	NPKF	NPKG
Übereinstimmung:	Beton nach SN EN 206-1						
Druckfestigkeitsklasse:	C25/30	C25/30	C30/37	C25/30	C25/30	C30/37	C35/45
Expositionsklasse:	XC1, XC2	XC3	XC4	XF2	XF3	XF4	XF4
Nennwert Grösstkorn:	D <sub>max</sub> 32	D <sub>max</sub> 32	D <sub>max</sub> 32	D <sub>max</sub> 32	D <sub>max</sub> 32	D <sub>max</sub> 32	D <sub>max</sub> 32
Klasse des Chloridgehalts:	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10	Cl 0,10
Konsistenzklasse:	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3
Bemerkungen:						mit LP	ohne LP
Der Betontyp erfüllt die Anforderungen an die Expositionsklassen:	XC1 XC2	XC3	XC4 XF1 XD1 XD2	XC4 XF2 XD1 XD2	XC4 XF3 XD1 XD2	XC4 XF4 XD3	XC4 XF4 XD3
Der Betontyp ist im Sinne der Norm SIA 162/1 wasserdicht:	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja

Tabelle 1: NPK-Betone (NPK-Betontypen)