



# WEBINAR

NACHWEIS DER  
QUERKRAFTTRAGFÄHIGKEIT BEI  
NACHTRÄGLICHEN BEWEHRUNGS-  
ANSCHLÜSSEN MIT PROFIS REBAR

## Präsentation

Dr. Patrick Wörle

Dipl.-Ing. Julia von der Warth

## Moderation:

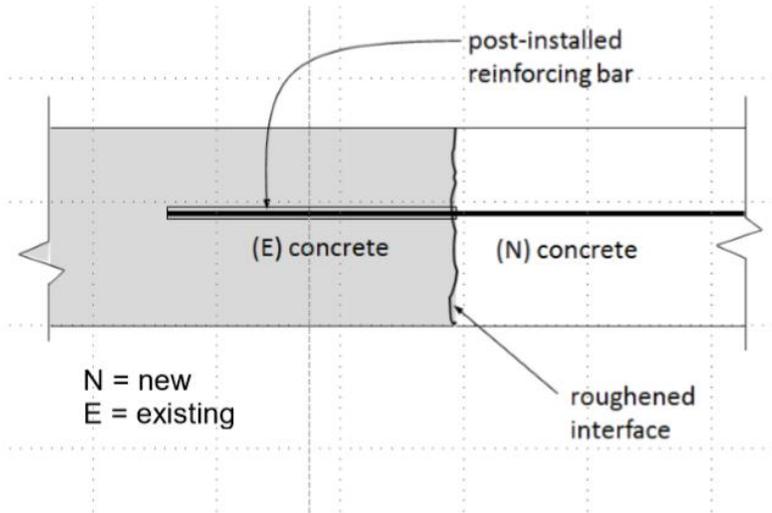
Michael Schwalm



# AGENDA

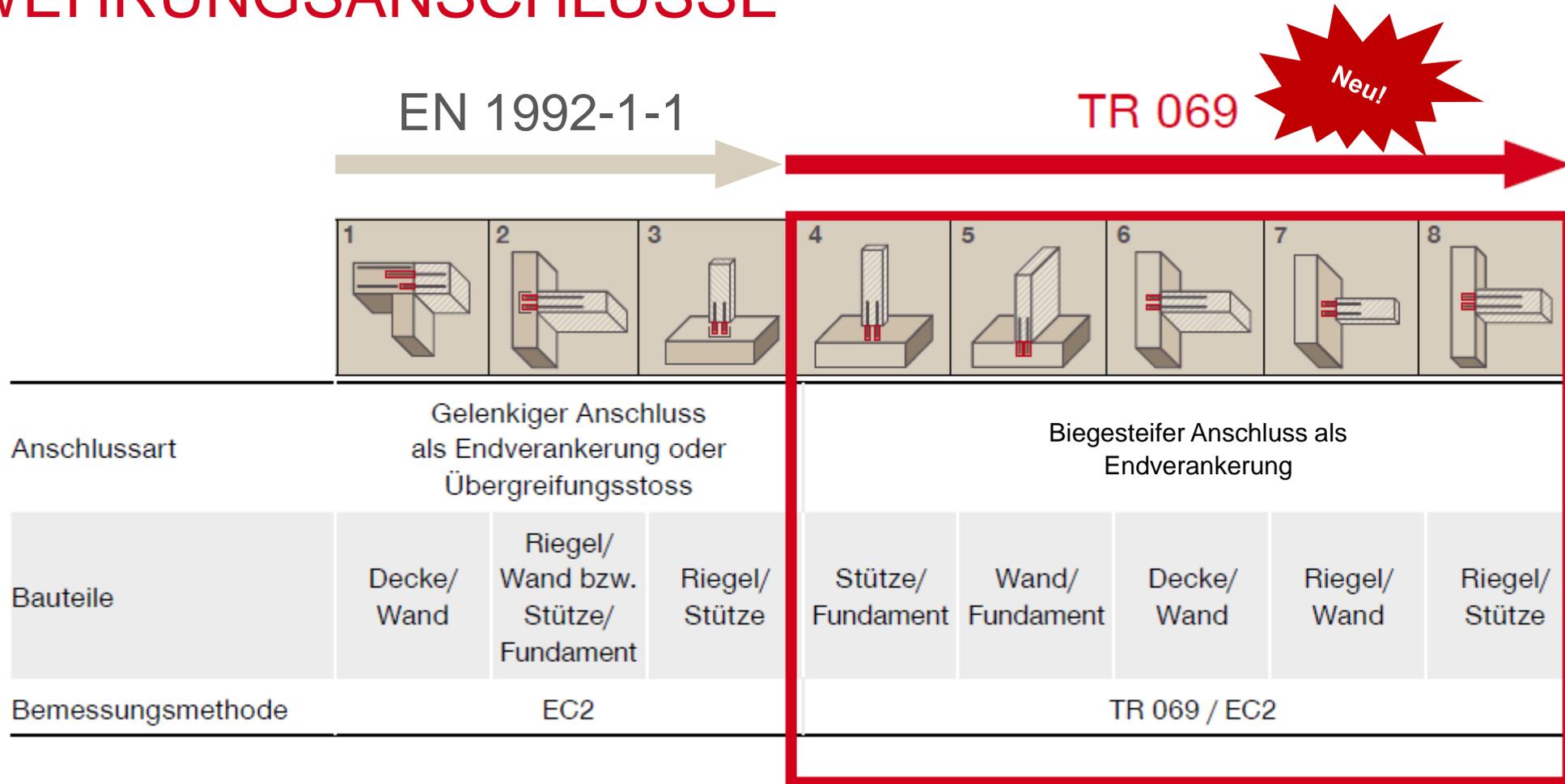
- 1. Anwendungen und Bemessungsmethoden nachträglicher Bewehrungsanschlüsse**
2. Nachweis der Querkrafttragfähigkeit im Bereich nachträglicher Bewehrungsanschlüsse
3. PROFIS Rebar – Nachweiskonzept der Querkrafttragfähigkeit - THEORIE
4. PROFIS Rebar - Live Demo

# NACHTRÄGLICH EINGEMÖRTELTE BEWEHRUNGSSTÄBE WERDEN TYPISCHERWEISE ZUR MONOLITHISCHEN VERBINDUNG VON ALT-UND NEUBETON EINGESETZT



- Nachträglich eingemörtelte Bewehrungsstäbe werden im Altbeton eingemörtelt und üblicherweise im Neubeton einbetoniert
- In der Regel werden nachträglich eingemörtelte Bewehrungsstäbe in einer Tiefe verankert die ausreicht um die erforderliche Stahlspannung gemäss EC2, Teil 1 oder EOTA TR 069 in das Bauteil einzuleiten
- Um ein duktileres Tragverhalten zu gewährleisten ist die Bemessungsspannung nahe an der Fließspannung des Bewehrungsstahls
- In der Regel werden Bewehrungsstäbe **NICHT** direkt auf Querlast bemessen

# TYPISCHE ANWENDUNGEN NACHTRÄGLICHER BEWEHRUNGSANSCHLÜSSE



Für Projektanforderungen über die typischen Anwendungen von EN1992-1-1 und TR069 hinaus bietet die HILTI Bemessungsmethode einen Lösungsansatz

# BEMESSUNGSMETHODEN BEI NACHTRÄGLICHEN BEWEHRUNGSANSCHLÜSSEN

Hauptunterschiede	Stahlbetontheorie	Verbund-Spalt Theorie	Dübeltheorie
Bemessungsrichtlinie	EC2, Teil 1	TR 069	EC2, Teil 4
Belastung	Zug	Zug	Zug & Querbelastung
Lasteinleitungsmechanismus	Gleichgewicht mit lokalen oder globalen Druck- und Zugstreben	Ausnutzung der Betonzugtragfähigkeit	Ausnutzung der Betonzugtragfähigkeit
Bemessungsnachweise	Bemessungswert der Verankerungslänge $l_{bd}$	Bemessungswiderstand <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stahlfließen</li> <li>• Betonausbruch</li> <li>• Kombiniertes Spalt/Verbundversagen</li> <li>• Mindestverankerungslänge → Verankerungslänge</li> </ul>	Bemessungswiderstand <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stahlbruch</li> <li>• Kombiniertes Herausziehen/Betonausbruch</li> <li>• Betonspalten (<math>T_{inst}</math>)</li> <li>• Lokaler Betonausbruch → Verankerungstiefe <math>h_{ef}</math></li> </ul>
Minimale Betondeckung	EC2, Teil 1	ETA	ETA
Zulässige Verankerungstiefe	$60d \geq l_b \geq \max(0.3l_b; 10d; 100\text{mm})$	$60d \geq l_b \geq \max(0.3l_b; 10d; 100\text{mm})$	$20d \geq h_{ef} \geq 40 \text{ mm}$



# AGENDA

1. Anwendungen und Bemessungsmethoden nachträglicher Bewehrungsanschlüsse

**2. Nachweis der Querkrafttragfähigkeit im Bereich nachträglicher Bewehrungsanschlüsse**

3. PROFIS Rebar – Nachweiskonzept der Querkrafttragfähigkeit - THEORIE

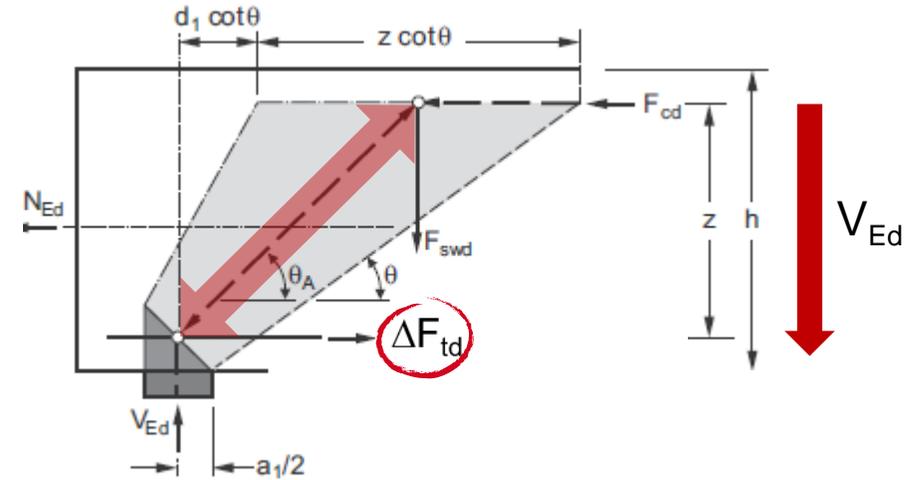
4. PROFIS Rebar - Live Demo

# TRAGVERHALTEN IM AUFLAGERBEREICH

- Die aus der Querkraft resultierende schräge Druckstrebe führt zu einer zusätzlichen Zugkraft  $\Delta F_{td}$  in der Längsbewehrung
- Die zusätzliche Zugkraft in der Längsbewehrung wird nach EN 1992-1-1 (6.18) wie folgt ermittelt:

$$\Delta F_{td} = 0,5 \cdot V_{Ed} \cdot (\cot \theta - \cot \alpha)$$

- Die zusätzliche Zugkraft in der Längsbewehrung bzw. bei nachträglich installierten Bewehrungsseisen wird von PROFIS Rebar automatisch bei der Ermittlung der Verankerungslänge berücksichtigt.



Wie stellen wir nun die Querkrafttragfähigkeit in der Verbindungsfuge zwischen Bestands- und Neubauteil sicher?

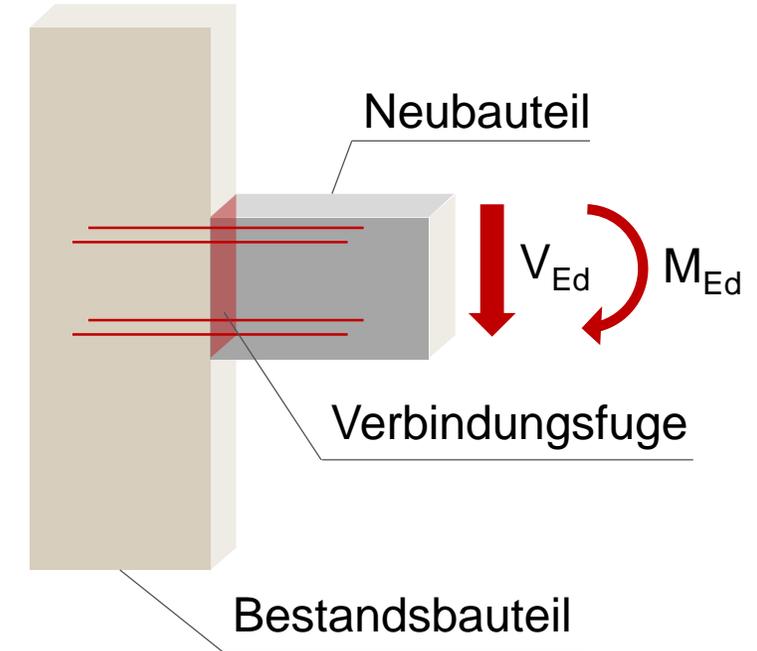
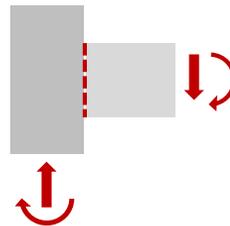
# QUERKRAFTNACHWEIS IN DER VERBINDUNGSFUGE ZWISCHEN BESTANDS- UND NEUBAUTEIL 1/3

- Grundsatz bei Rebar Anschlüssen ist, dass Querkräfte über den Betonquerschnitt und nicht über die nachträglichen Bewehrungsseisen übertragen werden.
- Verbindungsfuge zwischen Bestands- und Neubauteil stört monolithischen Gefüges und erfordert daher einen rechnerischen Nachweis der Querkraftübertragung.
- Tragverhalten hängt von der Lage der Schubfuge im Bauteil ab

1. Fuge parallel zur Bauteilachse: vorwiegend Längsschub



2. Fuge vertikal zur Bauteilachse: Schubspannungen + Zug- und Druckspannungen infolge Biegung (Biegeschub)



# QUERKRAFTNACHWEIS IN DER VERBINDUNGSFUGE ZWISCHEN BESTANDS- UND NEUBAUTEIL 2/3

- Schubkraftübertragung in Fugen nach EN 1992-1-1 6.2.5

$$v_{Edi} \leq v_{Rdi}$$

$$v_{Edi} = \beta \cdot V_{Ed} / (z \cdot b_i)$$

$$v_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v \cdot f_{cd}$$



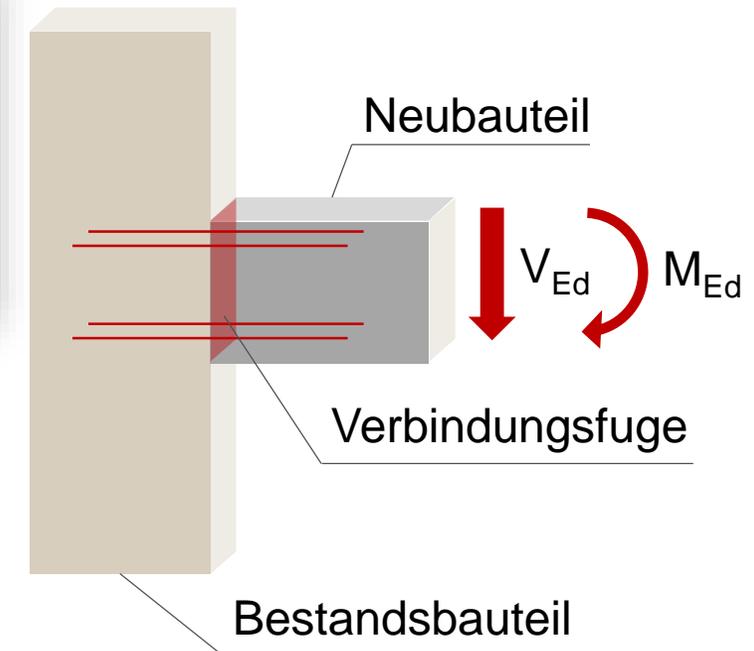
Bei nachträglichen Bewehrungsanschlüssen in den meisten Fällen nicht anwendbar → kombinierte Schub- & Biegezug/-druck beanspruchung

# QUERKRAFTNACHWEIS IN DER VERBINDUNGSFUGE ZWISCHEN BESTANDS- UND NEUBAUTEIL 1/2

- Schubkraftübertragung bei kombinierter Biege-Schubbeanspruchung nach DIN EN 1992-1-1 NA 2013-04

## NCI Zu 6.2.5

(NA.6) Bei überwiegend auf Biegung beanspruchten Bauteilen mit Fugen rechtwinklig zur Systemachse wirkt die Fuge wie ein Biegeriss. In diesem Fall sind die Fugen rau oder verzahnt auszuführen. Der Nachweis sollte deshalb entsprechend 6.2.2 und 6.2.3 geführt werden. Dabei sollte sowohl  $V_{Rd,c}$  nach Gleichung (6.2) als auch  $V_{Rd,cc}$  nach Gleichung (6.7bDE) als auch  $V_{Rd,max}$  nach Gleichung (6.9) bzw. Gleichung (6.14) im Verhältnis  $c/0,50$  abgemindert werden. Bei dynamischer oder Ermüdungsbeanspruchung darf hier der Beiwert  $c$  nach 6.2.5 (2) angesetzt werden. Bei Bauteilen mit Querkraftbewehrung ist die Abminderung mindestens bis zum Abstand von  $l_e = 0,5 \cdot \cot\theta \cdot d$  beiderseits der Fuge vorzunehmen.



Wie sieht das Nachweisformat nun im Detail aus?

# QUERKRAFTNACHWEIS IN DER VERBINDUNGSFUGE ZWISCHEN BESTANDS- UND NEUBAUTEIL 3/3

- **Modifizierter Bemessungsansatz zum Nachweis der Verbindungsfuge nach DIN EN 1992-1-1 NA 2013-04**
- Querkraftwiderstand in der Verbindungsfuge für Bauteile ohne Querkraftbewehrung:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \cdot c / 0,5 \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \cdot c / 0,5$$

- Querkraftwiderstand in der Verbindungsfuge für Bauteile mit Querkraftbewehrung

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta) \cdot c / 0,5$$

- **c** = Rauigkeit der Fuge nach EN 1992-1-1



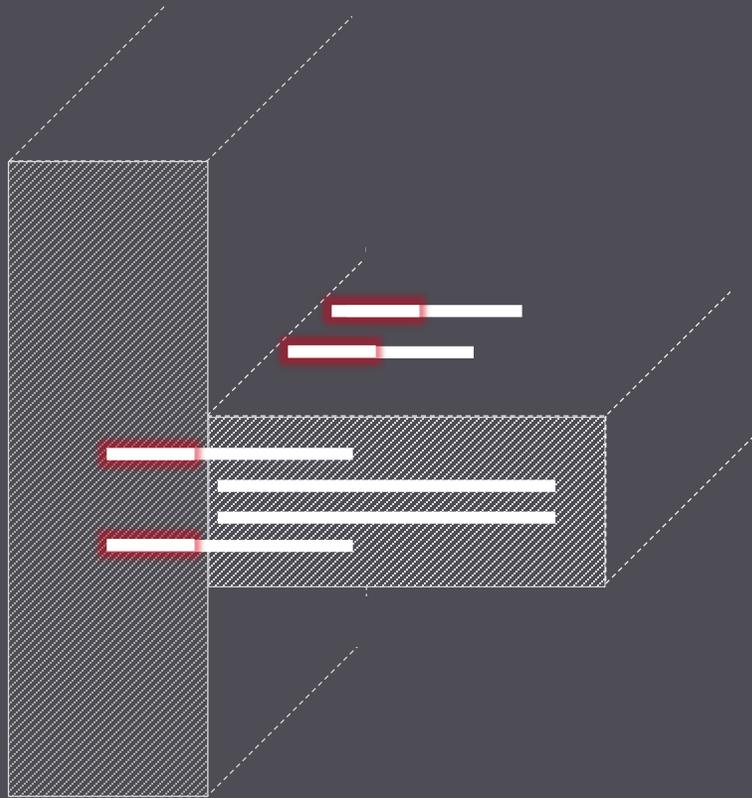
**c** = 0,4 für raue Fugen

**c** = 0,5 für verzahnte Fuge

# AGENDA

1. Anwendungen und Bemessungsmethoden nachträglicher Bewehrungsanschlüsse
2. Nachweis der Querkrafttragfähigkeit im Bereich nachträglicher Bewehrungsanschlüsse
- 3. PROFIS Rebar – Nachweiskonzept der Querkrafttragfähigkeit - THEORIE**
4. PROFIS Rebar - Live Demo

# DOCH WAS GENAU RECHNET PROFIS REBAR BEIM QUERKRAFTNACHWEIS?



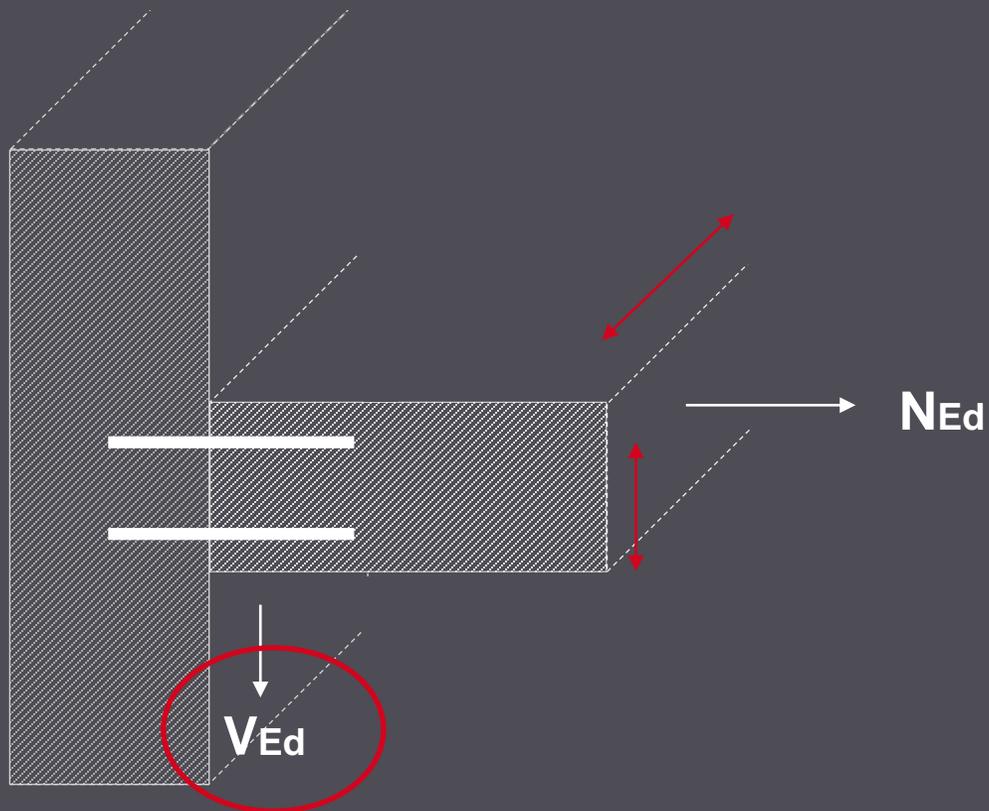
# PROFIS REBAR ÜBERPRÜFT NEBEN DEN WIDERSTÄNDEN AUCH DIE EINWIRKENDEN QUERKRAFT GEM. EN1992-1-1 GL.6.5

$$V_{Ed} \leq 0,5 * b_w * d * v * f_{cd}$$

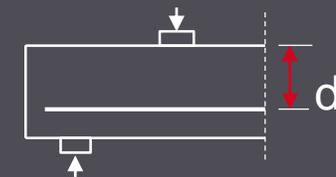
$$v = 0,6 * (1 - f_{ck} / 250)$$

$$v_1 = 0,75 \cdot v_2$$

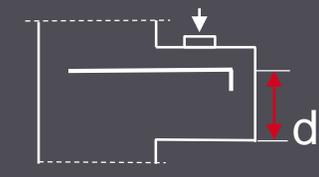
$$v_2 = (1,1 - f_{ck} / 500) \leq 1,0$$



$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$$



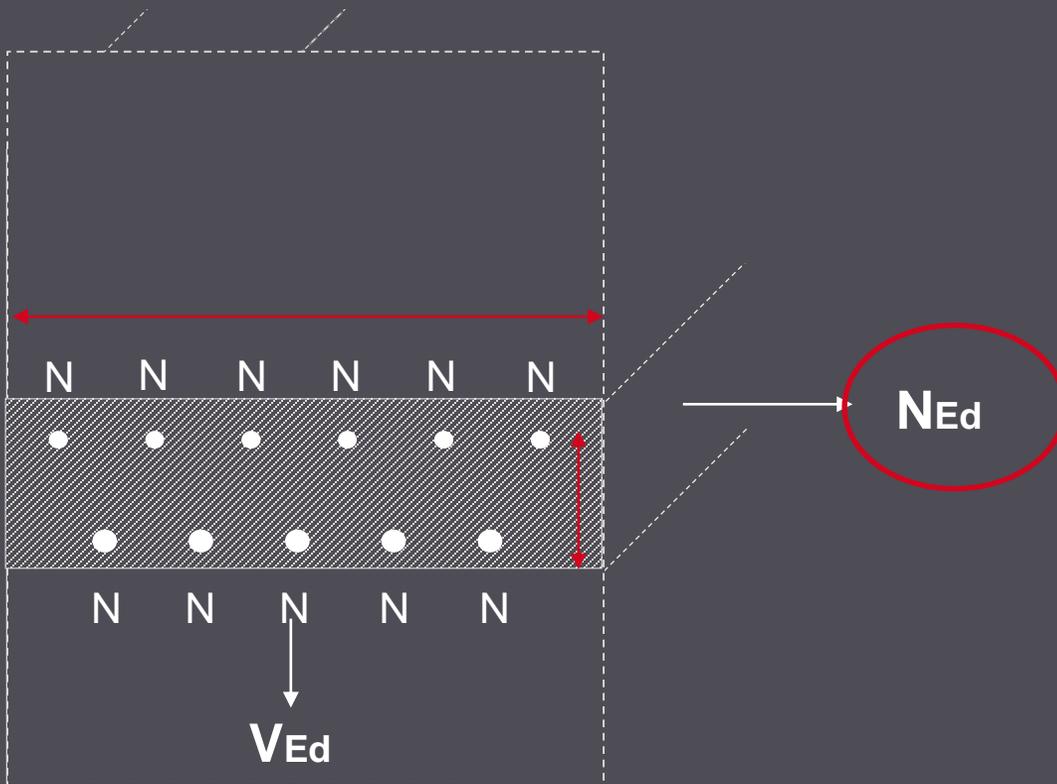
Träger mit direkter  
Auflagerung



Konsole

# DER WIDERSTAND FÜR BAUTEILE OHNE ERFORDERLICH QUERKRAFTBEWEHRUNG, WIRD GEMÄß EN 1992-1-1 GL. 6.2 BEMESSEN

$$V_{Rd,c} = \max( C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_I * f_{ck})^{1/3} + k_1 * \sigma_{cp} ; V_{min} + k_1 * \sigma_{cp} ) * b_w * d * c / 0,5$$



$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c \text{ bzw. } 0,15 / \gamma_c$$

$$k = \min(1 + (200/d); 2)^{1/2}$$

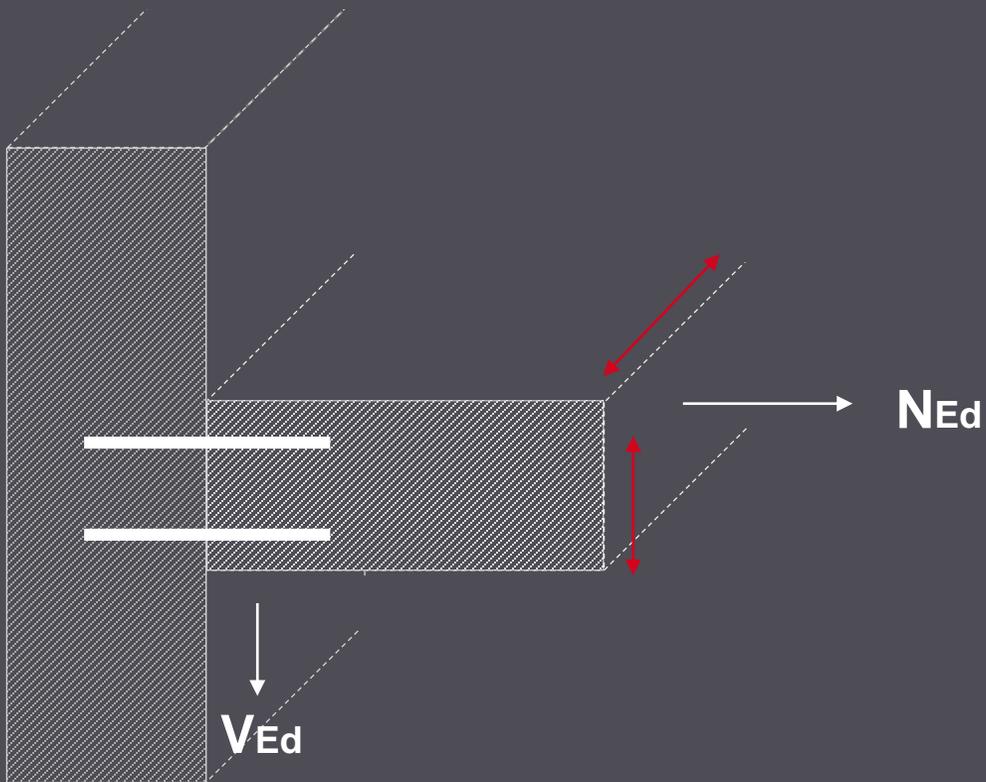
$$\rho_I = \min( N_{tot,Zug} / (b * d) / f_{yd} ; 0.02 )$$

$$k_1 = 0,15 \text{ bzw. } 0,12$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed} / (b * h) < 0.2 f_{cd}$$

# DER WIDERSTAND FÜR BAUTEILE OHNE ERFORDERLICH QUERKRAFTBEWEHRUNG, WIRD GEMÄß EN 1992-1-1 GL. 6.2 BEMESSEN

$$V_{Rd,c} = \max( C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_I * f_{ck})^{1/3} + k_1 * \sigma_{cp} ; v_{min} + k_1 * \sigma_{cp} ) * b_w * d * c / 0,5$$



$$v_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2}$$

Für  $d \leq 600mm$

$$v_{min} = (0,0525 / \gamma_c) * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2}$$

Für  $d > 800mm$

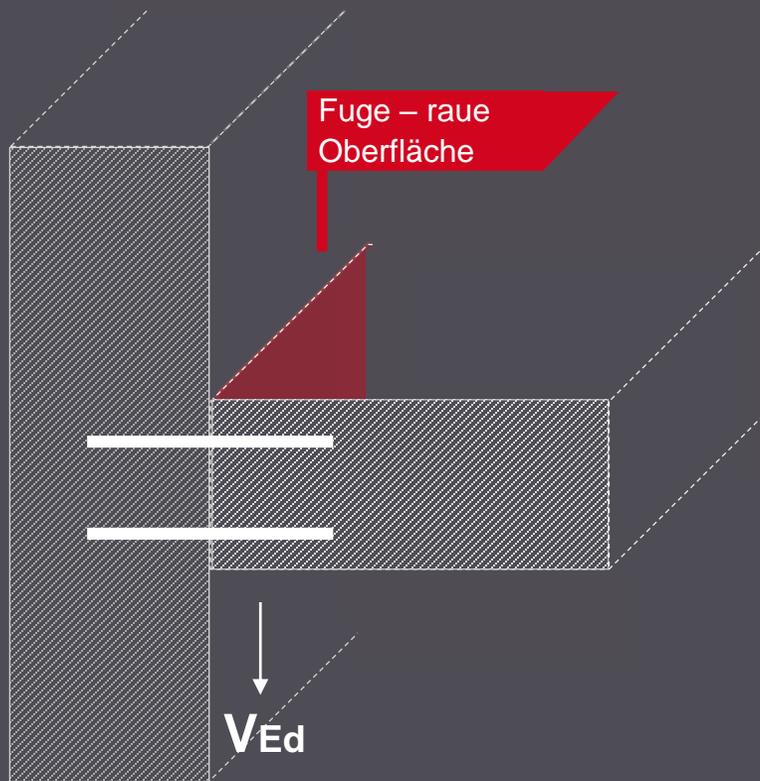
$$v_{min} = (0,0375 / \gamma_c) * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2}$$

$$k_1 = 0,15 \text{ bzw. } 0,12$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed} / ( b_w * h ) < 0.2 f_{cd}$$

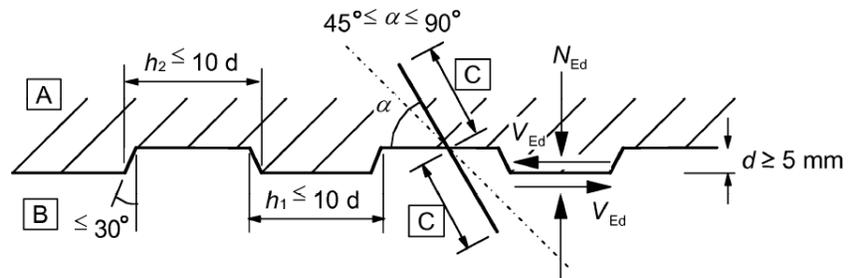
BEI DER BEMESSUNG DER QUERKRAFT WIRD EIN PASSUS DES NATIONALEN ANHANGS AUS DEUTSCHLAND BERÜCKSICHTIGT.

$$V_{Rd,c} = \max( C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_I * f_{ck})^{1/3} + k_1 * \sigma_{cp} ; v_{min} + k_1 * \sigma_{cp} ) * b_w * d * c/0,5$$



In diesem Fall sind die Fugen rau oder verzahnt auszuführen.  $V_{Rd,c}$  als auch  $V_{Rd,max}$  sollen im Verhältnis  $c/0,50$  abgemindert werden

# DEFINITION DER FUGENRAUIGKEIT NACH EN 1992-1-1



[A] — 1. Betonabschnitt, [B] — 2. Betonabschnitt, [C] — Verankerung der Bewehrung

**Bild 6.9 — Verzahnte Fugenausbildung**

- Sehr glatt: die Oberfläche wurde gegen Stahl, Kunststoff oder speziell geglättete Holzschalungen betoniert:  $0,025 \leq c \leq 0,10$  und  $\mu = 0,5$ ;
- Glatt: die Oberfläche wurde abgezogen oder im Gleit- bzw. Extruderverfahren hergestellt, oder blieb nach dem Verdichten ohne weitere Behandlung:  $c = 0,20$  und  $\mu = 0,6$ ;
- Rau: eine Oberfläche mit mindestens 3 mm Rauigkeit, erzeugt durch Rechen mit ungefähr 40 mm Zinkenabstand, Freilegen der Gesteinskörnungen oder andere Methoden, die ein äquivalentes Verhalten herbeiführen:  $c = 0,40$  und  $\mu = 0,7$ ;
- Verzahnt: eine verzahnte Oberfläche gemäß Bild 6.9:  $c = 0,50$  und  $\mu = 0,9$ .

# DEFINITION DER FUGENRAUIGKEIT NACH EN 1992-1-1



- Sehr glatt: die Oberfläche wurde gegen Stahl, Kunststoff oder speziell geglättete Holzschalungen betoniert:  $0,025 \leq c \leq 0,10$  und  $\mu = 0,5$ ;
- Glatt: die Oberfläche wurde abgezogen oder im Gleit- bzw. Extruderverfahren hergestellt, oder blieb nach dem Verdichten ohne weitere Behandlung:  $c = 0,20$  und  $\mu = 0,6$ ;
- Rau: eine Oberfläche mit mindestens 3 mm Rauigkeit, erzeugt durch Rechen mit ungefähr 40 mm Zinkenabstand, Freilegen der Gesteinskörnungen oder andere Methoden, die ein äquivalentes Verhalten herbeiführen:  $c = 0,40$  und  $\mu = 0,7$ ;
- Verzahnt: eine verzahnte Oberfläche gemäß Bild 6.9:  $c = 0,50$  und  $\mu = 0,9$ .

# DIE BEMESSUNG DES WIDERSTANDES FÜR BAUTEILE MIT QUERKRAFTBEWEHRUNG FOKUSSIERT SICH AUF $V_{RD,MAX}$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} * b_w * z * v_1 * f_{cd} * (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta) * c / 0,5$$

$$\alpha_{cw} = 1$$

$$z = 0,9 * d \text{ oder } z = z_1$$

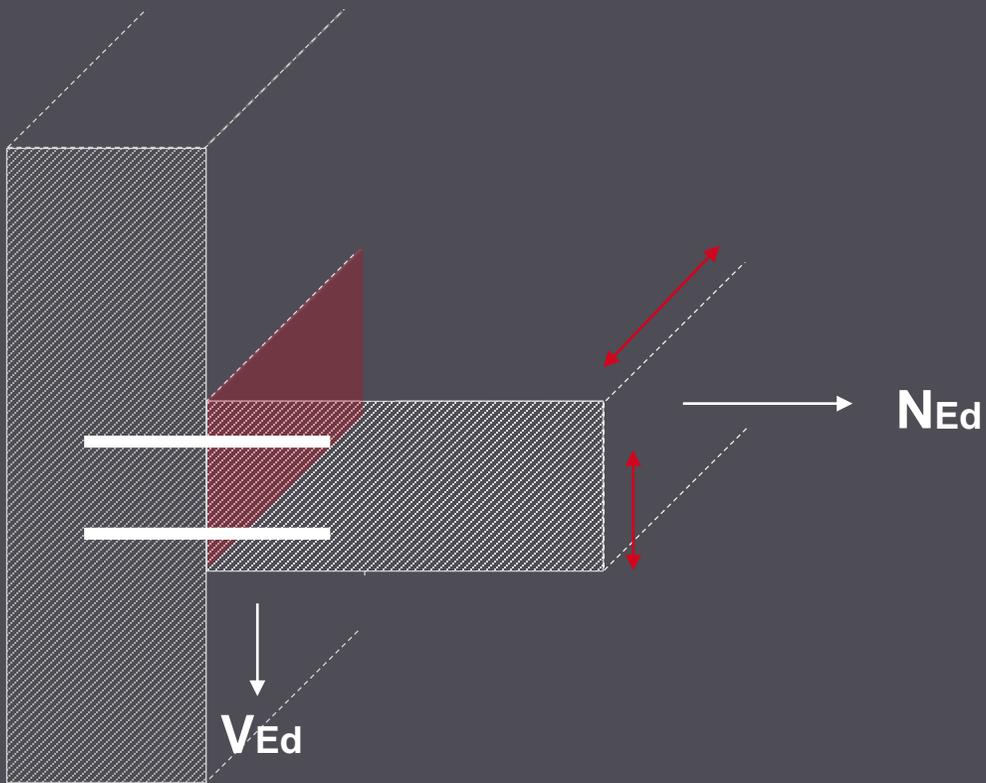
$$v_1 = v = 0,6 * (1 - f_{ck} / 250)$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$$

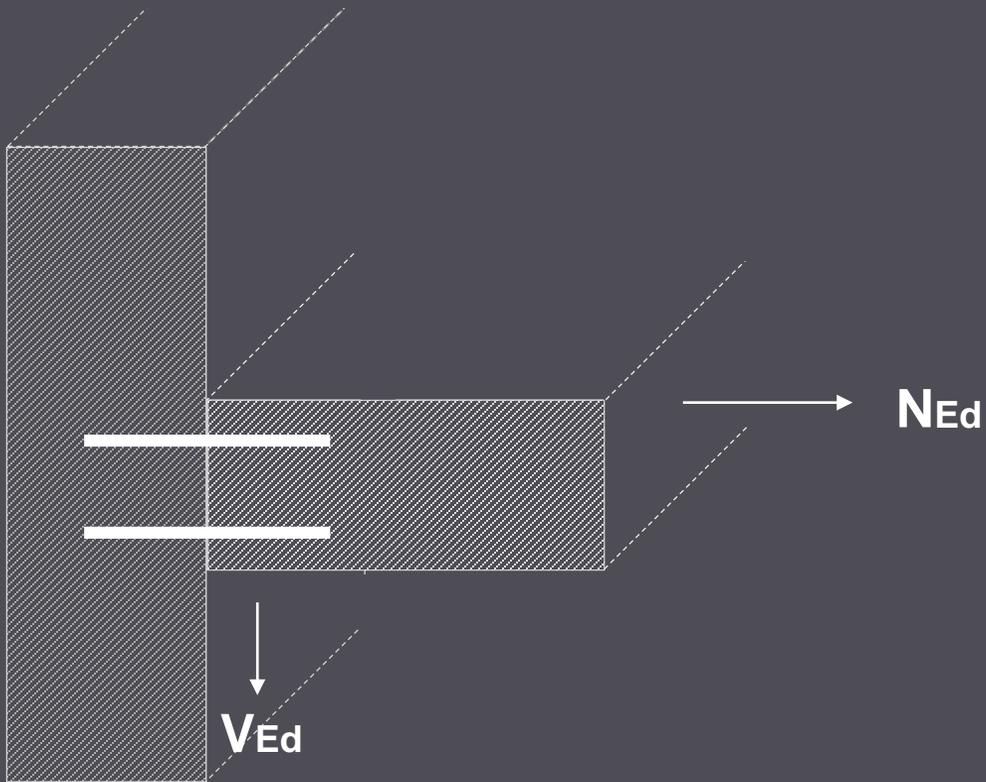
$\Theta$  = Winkel der Druckstrebe

$\alpha$  = Winkel der Querkraftbewehrung

$c$  = Oberflächenbeschaffenheit



# DER NACHWEIS IST ERFOLGT WENN DIE EINWIRKUNG KLEINER ALS DER WIDERSTAND IST



Wenn

$V_{Ed} < V_{Rd} \rightarrow$  Nachweis erfolgreich

# AGENDA

1. Anwendungen und Bemessungsmethoden nachträglicher Bewehrungsanschlüsse
2. Nachweis der Querkrafttragfähigkeit im Bereich nachträglicher Bewehrungsanschlüsse
3. PROFIS Rebar – Nachweiskonzept der Querkrafttragfähigkeit - THEORIE
- 4. PROFIS Rebar - Live Demo**

# ZUSAMMENFASSUNG

- EN 1992-1-1 und EOTA TR 069 regeln die Bemessung nachträglicher Bewehrungsanschlüsse
- Querkraftnachweis nach DIN EN 1992-1-1 NA 2013-4 berücksichtigt Interaktion von Biegung und Querkraft in der Verbindungsfuge
- Schneller, transparenter und vor allem vollständiger Verbindungsnachweis aller nachträglicher Bewehrungsanschlüsse mit HILTI PROFIS Rebar Bemessungssoftware
- Zunehmende Bandbreite an Eingangsgrößen in der Bemessung erhöhen die Bedeutung einer gesamtheitlichen Softwarelösung → nutzen Sie die kostenfreie HILTI PROFIS Rebar Software



HILTI PROFIS Rebar  
Bemessungssoftware



**VIELEN DANK FÜR IHRE  
AUFMERKSAMKEIT**