

## Mindestbewehrung in Stahlbetonbauten

### Feierabendveranstaltung der Transportbeton AG Luzern

### Inhalt

- Zweck
- Tragsicherheit
- Betonzugfestigkeit
- Gebrauchstauglichkeit
- Zusammenfassung

### Mindestbewehrung wird für unterschiedliche Zwecke eingelegt:

Verhindern von **Bauteilversagen** nach Erreichen der Rissbeanspruchung

→ Aspekt der **Tragsicherheit**

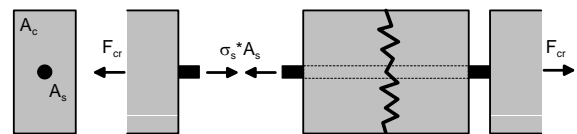
→ nicht verhandelbar

Begrenzung der **Rissbreiten** im Nutzungszustand

→ Aspekt der **Gebrauchstauglichkeit**

→ Nutzungsvereinbarung (Vertrag) mit dem Bauherrn

### Tragsicherheit:

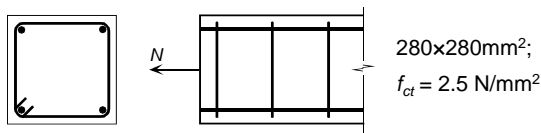


$$F_{cr} = A_c \cdot f_{ct}$$

$$F_{cr} = A_s \cdot \sigma_s \quad \rightarrow \quad A_{s,min} \cdot f_y = A_c \cdot f_{ct}$$

$$\sigma_{s,max} = f_y$$

### Beispiel: Zugstab

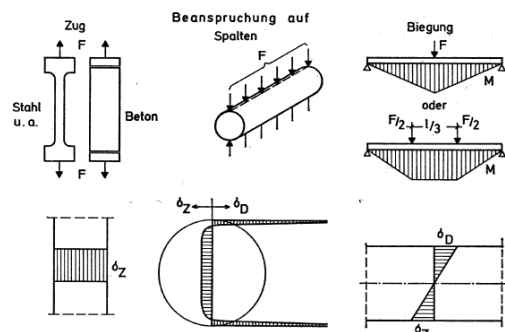


$$F_{cr} = 280^2 \text{ mm}^2 \cdot 2.5 \text{ N/mm}^2 = 196 \text{ kN}$$

$$f_y = f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$\rightarrow A_{s,min} = 450 \text{ mm}^2 \text{ (4} \cdot \text{Ø12 mm)}$$

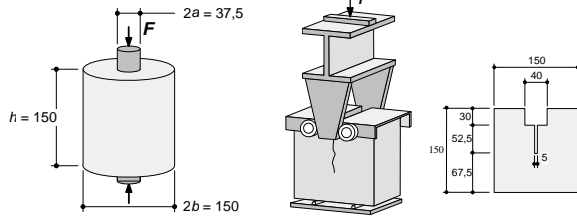
### Betonzugfestigkeit – Prüfanordnungen 1



Betonzugfestigkeit – Prüfverfahren 2

Stempeldruckversuch

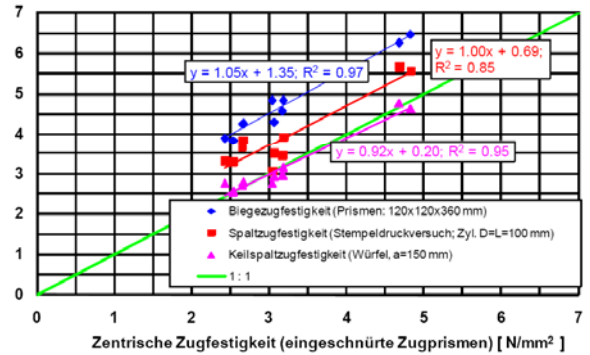
Keilspaltversuch



Luzern, 27.10.2009

7/18

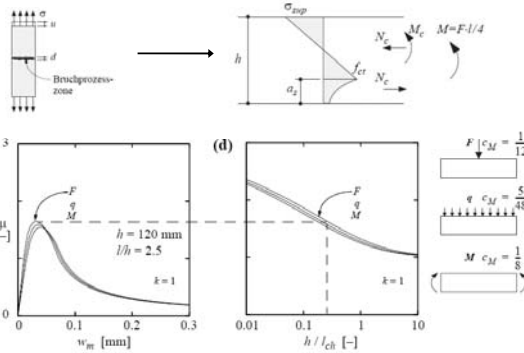
Betonzugfestigkeit – Resultate



Luzern, 27.10.2009

8/18

Betonzugfestigkeit – Biegezugversuch



Luzern, 27.10.2009

9/18

Betonzugfestigkeit – Diskussion der Prüfung

Die gemessene Zugfestigkeit ist von der Prüfverfahren und von der Prüfkörpergröße abhängig.

Der Biegezugversuch ist zur Ermittlung der Betonzugfestigkeit ungeeignet.

Für die Bemessung der Mindestbewehrung kann ein versuchstechnisch breit abgestützter Zusammenhang zwischen Betonzugfestigkeit und Zylinderdruckfestigkeit verwendet werden:

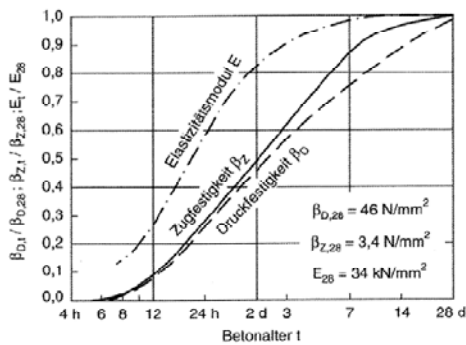
$$f_{cm} = 0.3 \cdot f_{ct}^{2/3}$$

Dieser Ansatz liegt auch der SIA 262:2003 zugrunde.

Luzern, 27.10.2009

10/18

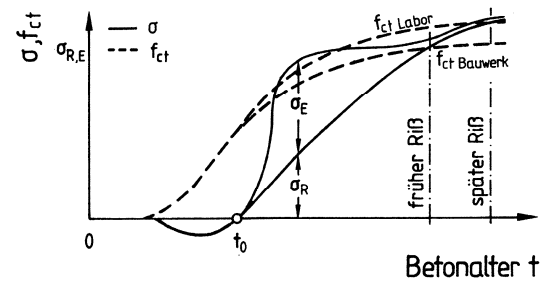
Betonzugfestigkeit – zeitliche Entwicklung



Luzern, 27.10.2009

11/18

Betonzugfestigkeit – Umgebungseinfluss



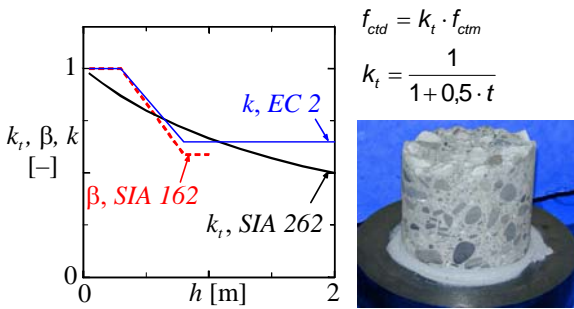
Luzern, 27.10.2009

12/18

i-beratung

Dr. Albin Kenel Lüthold  
Dipl. Bauing. HTL/ETH/SIA

Betonzugfestigkeit – Grösseneinfluss



Luzern, 27.10.2009

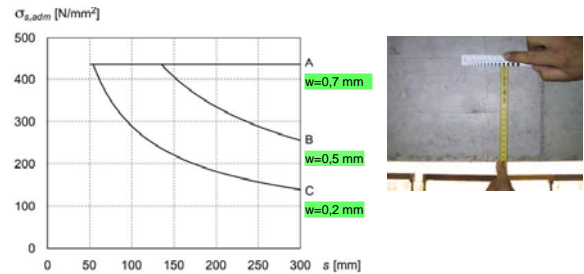
13/18

i-beratung

Dr. Albin Kenel Lüthold  
Dipl. Bauing. HTL/ETH/SIA

Gebrauchstauglichkeit – Spannungsbegrenzung

$W_r = \epsilon_{sm} \cdot s_{rm}$     $A_c = s \cdot h_{eff} \approx s \cdot s$     $\sigma_{s,adm} = \left( \frac{4 \cdot w \cdot E_s \cdot \sqrt{\pi \cdot f_{ctm}}}{s} \right)^{\frac{2}{3}}$



Luzern, 27.10.2009

14/18

i-beratung

Dr. Albin Kenel Lüthold  
Dipl. Bauing. HTL/ETH/SIA

Gebrauchstauglichkeit – SIA 262:2003

- **Normale Anforderungen** (keine besonderen Anforderungen an Aussehen und Dichtigkeit)
- **Erhöhte Anforderungen** (besondere Anforderungen an Aussehen und Nutzung; gute Rissverteilung)
- **Hohe Anforderungen** (exponierte Bauteile von Strassenbrücken, Sichtbeton, Begrenzung der Rissbreite)

Ziel	Anforderungen		
	normal	erhöht	hoch
Verhindern spröden Versagens beim Erreichen von $f_{ctd}$	A	A	A
Begrenzen der Rissbreiten unter aufgezungenen oder behinderten Verformungen (beim Erreichen von $f_{ctd}$ )	A	B	C
Begrenzen der Rissbreiten für quasi-ständige Lastfälle gemäss Norm SIA 260	-	-	C
Begrenzen der Rissbreiten für häufige Lastfälle gemäss Norm SIA 260	-	$f_{sd} - 80$	$f_{sd} - 80$

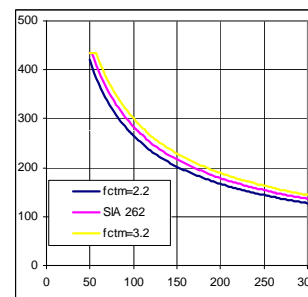
Luzern, 27.10.2009

15/18

i-beratung

Dr. Albin Kenel Lüthold  
Dipl. Bauing. HTL/ETH/SIA

Einfluss der Betonfestigkeit



C20/25:  $f_{ctm} = 2,2 \text{ N/mm}^2$   
C25/30...C30/37:  $f_{ctm} = 2,7 \text{ N/mm}^2$   
C35/45:  $f_{ctm} = 3,2 \text{ N/mm}^2$

Die Änderung der Betonsorte (nach unten oder nach oben) verändert die erforderliche Mindestbewehrungsfläche um ca. ± 6%

Luzern, 27.10.2009

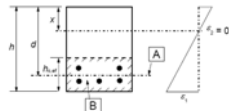
16/18

i-beratung

Dr. Albin Kenel Lüthold  
Dipl. Bauing. HTL/ETH/SIA

Vergleich mit Eurocode EC2

$A_{s,min} \sigma_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct}$



Stahlspannung* [N/mm²]	Grenzdurchmesser der Stäbe [mm]		
	$v_1 = 0,4 \text{ mm}$	$v_1 = 0,3 \text{ mm}$	$v_1 = 0,2 \text{ mm}$
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	5
400	8	6	4
450	6	5	—

Luzern, 27.10.2009

17/18

i-beratung

Dr. Albin Kenel Lüthold  
Dipl. Bauing. HTL/ETH/SIA

Zusammenfassung

- Mindestbewehrung zur Verhinderung des Bauteilversagens oder zur Begrenzung der Rissbreiten
- Betonzugfestigkeit ist von der Prüfanordnung und von der Prüfkörpergrösse abhängig
- Biegezugversuch ist zur Ermittlung der Betonzugfestigkeit ungeeignet
- Änderung der Betonsorte verändert die erforderliche Mindestbewehrungsfläche:
  - zur Begrenzung der Rissbreiten um ca. ± 6%
  - Verhinderung Bauteilversagen um ca. ± 20%

Luzern, 27.10.2009

18/18