
Programm Woche 36

Dr. Maurice Brunner Zuggurtmodell und Krümmung
Beispiel Decke mit Unterzügen
- Gebrauchstauglichkeit nach Norm SIA 262
- Ansatz gerissene Biegesteifigkeit

Pause 18.30 – 18.50

Prof. Beat Noser Zuggurtmodell und Zwängungen
Beispiele - Decke
 - Wand

Dr. Maurice Brunner Ermüdung

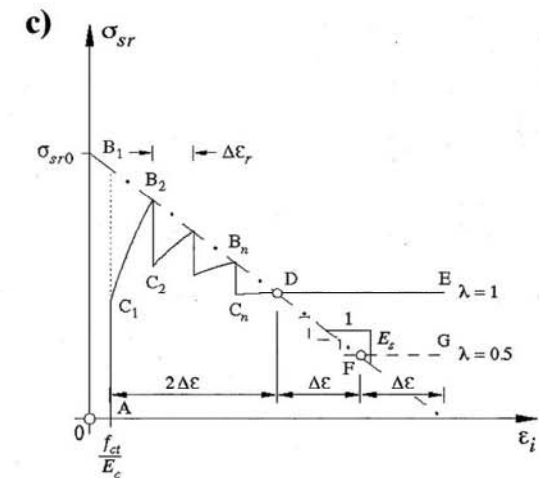
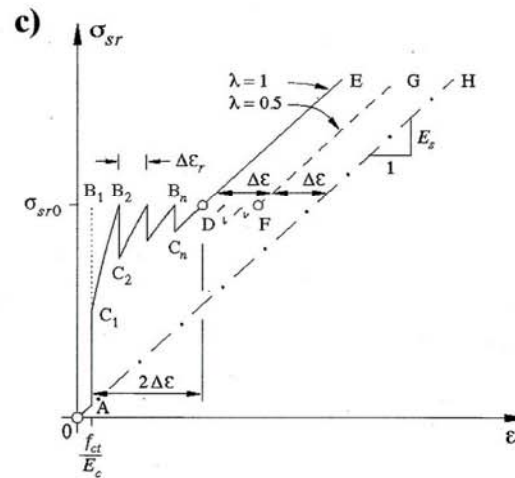
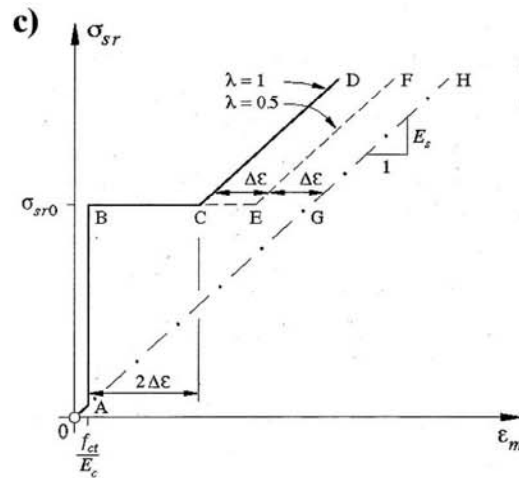
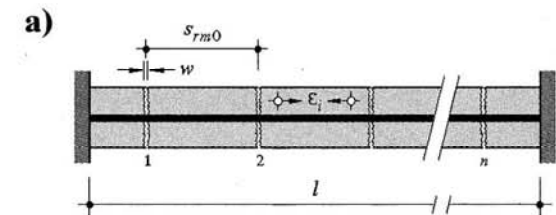
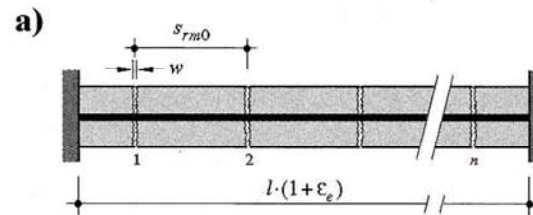
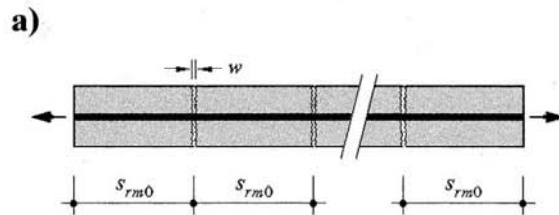


Unterscheidung der Beanspruchung

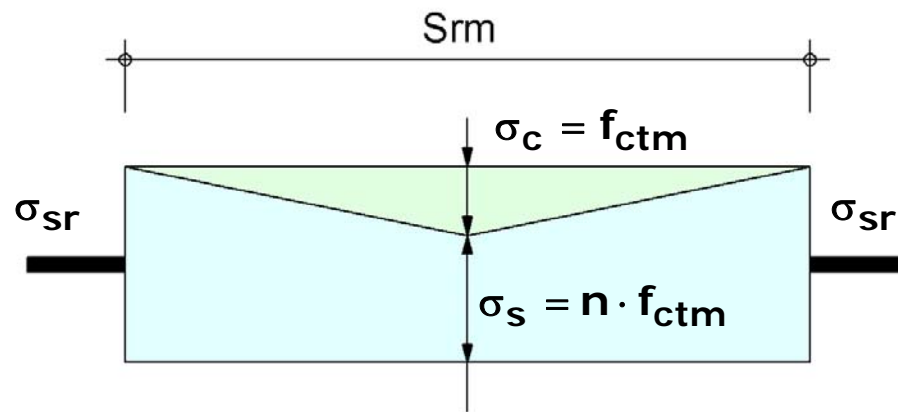
Last

äusserer Zwang

innerer Zwang



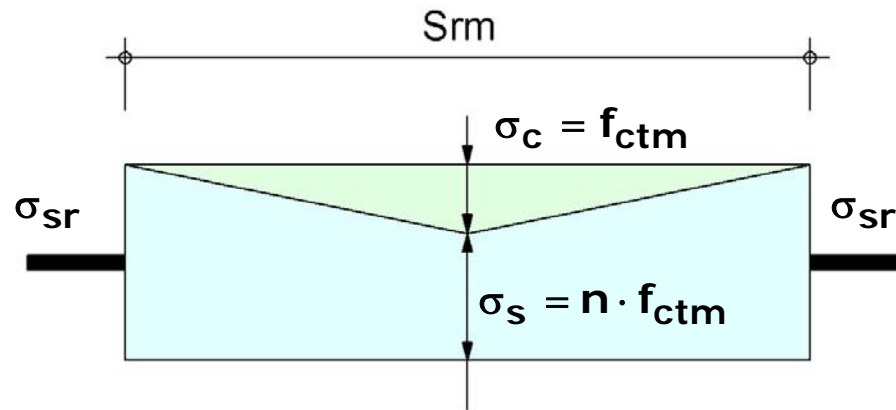
Kräfte am Risselement



$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$\rho = \frac{A_s}{A_c}$$

Kräfte am Risselement



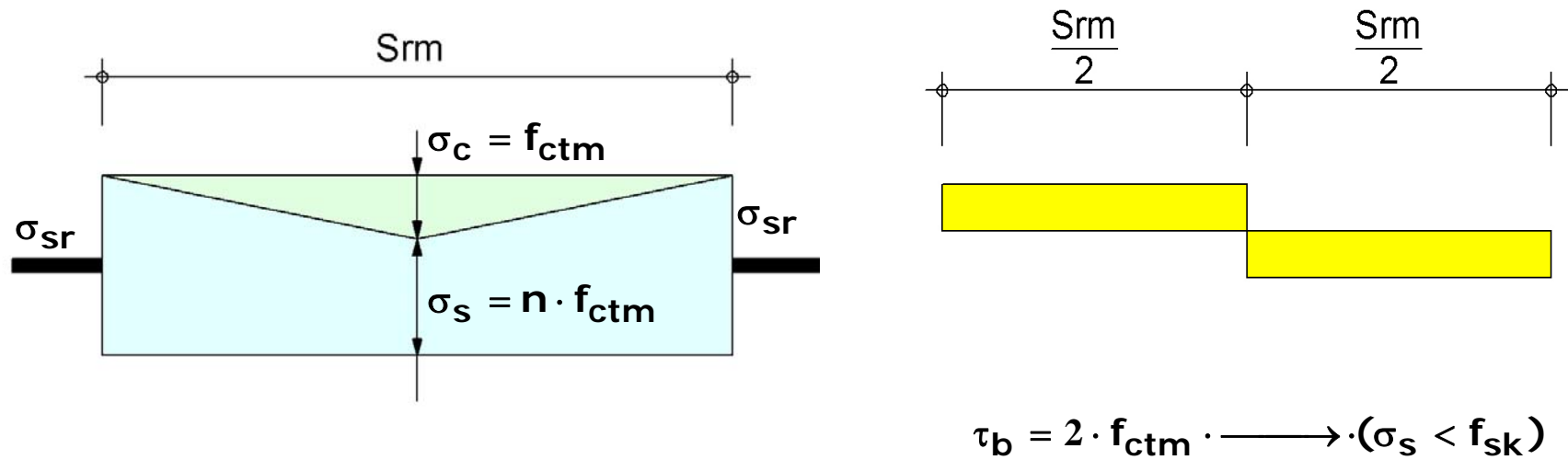
$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$\rho = \frac{A_s}{A_c}$$

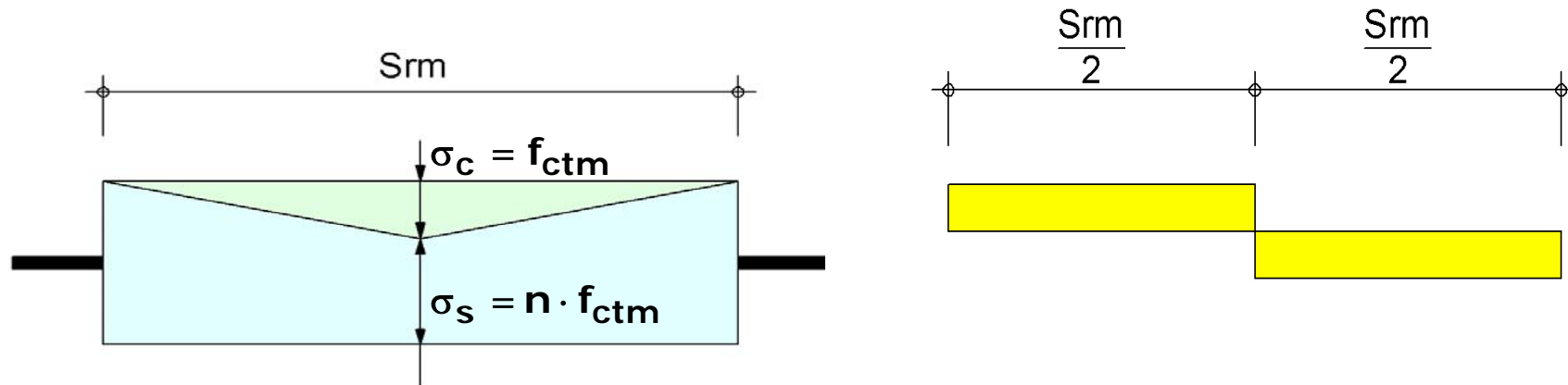
$$F_{sr} = \sigma_{sr} \cdot A_s = \sigma_{sr} \cdot \frac{\phi^2 \pi}{4} = f_{ctm} \cdot A_c \cdot (1 - \rho) + n \cdot f_{ctm} \cdot \rho \cdot A_c$$

➔ $\sigma_{sr} = f_{ctm} \cdot \left(\frac{1}{\rho} + n - 1 \right)$ Näherung: $\sigma_{sr} = \frac{f_{ctm}}{\rho}$ (1)

Rissabstand s_{rm}



Rissabstand s_{rm}

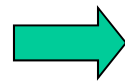
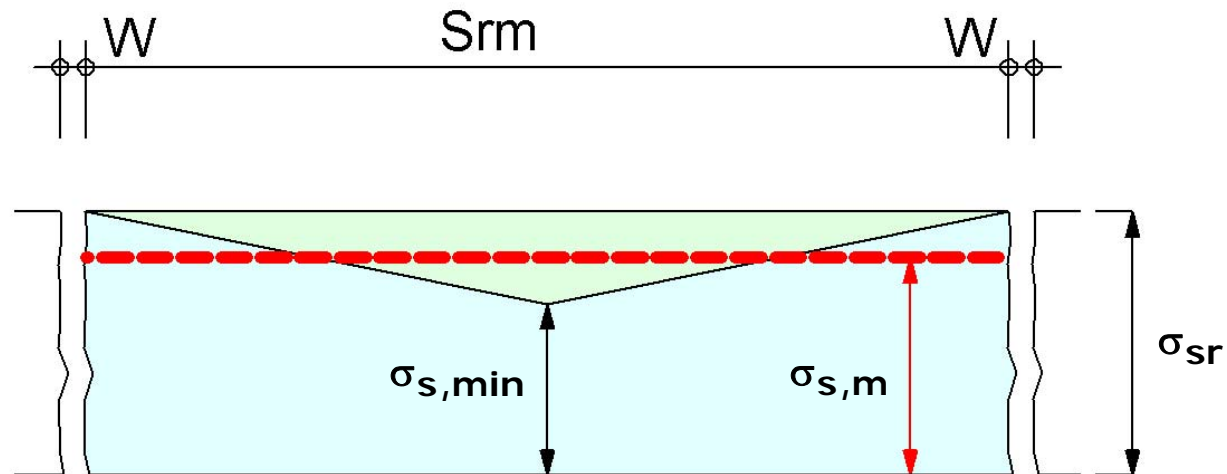


$$F_c = f_{ctm} \cdot A_c \cdot (1 - \rho) = \tau_b \cdot \phi \cdot \pi \cdot \frac{s_{rm}}{2} = f_{ctm} \cdot \phi \cdot \pi \cdot s_{rm}$$

$$s_{rm} = \frac{f_{ctm} \cdot A_c \cdot (1 - \rho)}{\phi \cdot \pi \cdot f_{ctm}} = \frac{\phi \cdot (1 - \rho)}{4 \cdot \rho} \cong \frac{\sigma_{sr} \cdot \phi}{4 \cdot f_{ctm}}$$

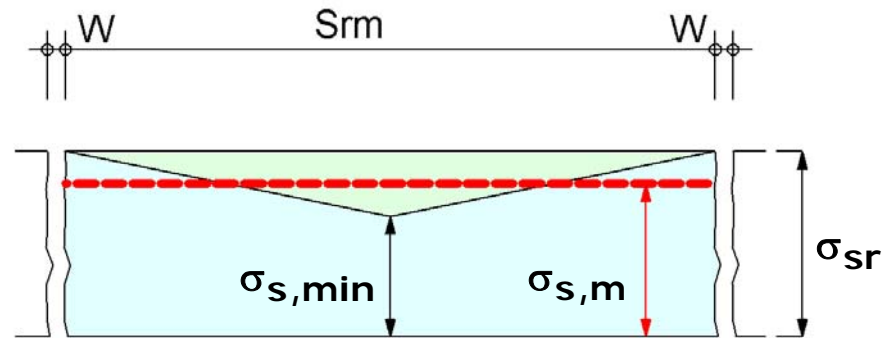
➔ $s_{rm} = \frac{\phi \cdot (1 - \rho)}{4 \cdot \rho} \cong \frac{\phi}{4 \cdot \rho} \cong \text{mit } (1 - \rho) \cong 1 \quad (2)$

Rissweite w



$$w = \varepsilon_{sm} \times S_{rm} = \frac{\sigma_{sm}}{E_s} \times \frac{\phi \cdot \sigma_{sr}}{4 \cdot f_{ctm}}$$

Rissweite w

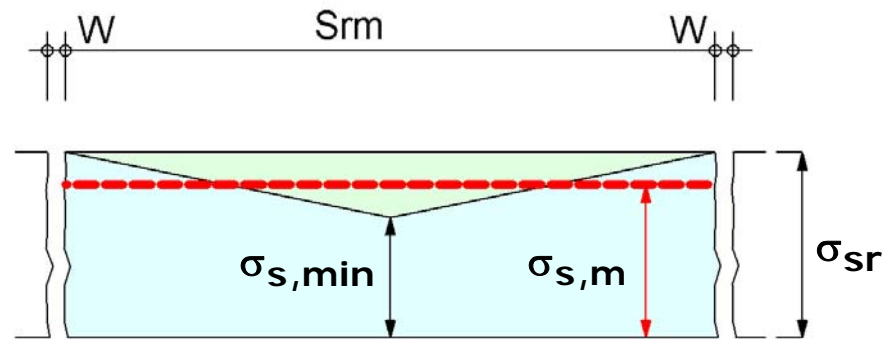


$$w = \varepsilon_{sm} \times S_{rm} = \frac{\sigma_{sm}}{E_s} \times \frac{\phi \cdot \sigma_{sr}}{4 \cdot f_{ctm}}$$

$$\sigma_{sm} = \frac{\sigma_{sr} + \sigma_{s,min}}{2} = \frac{\sigma_{sr} + \left(\sigma_{sr} - \frac{4 \cdot f_{ctm} \cdot S_{rm}}{\phi}\right)}{2} = \sigma_{sr} - \frac{2 \cdot f_{ctm} \cdot S_{rm}}{\phi}$$

$$\rightarrow w = \frac{1}{E_s} \left(\sigma_{sr} - \frac{2 \cdot f_{ctm} \cdot S_{rm}}{\phi}\right) \times \frac{\phi \cdot \sigma_{sr}}{4 \cdot f_{ctm}} = \frac{\phi \cdot \sigma_{sr}^2}{8 \cdot f_{ctm} \cdot E_s} \quad (3)$$

Zusammenstellung Grundelemente

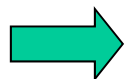
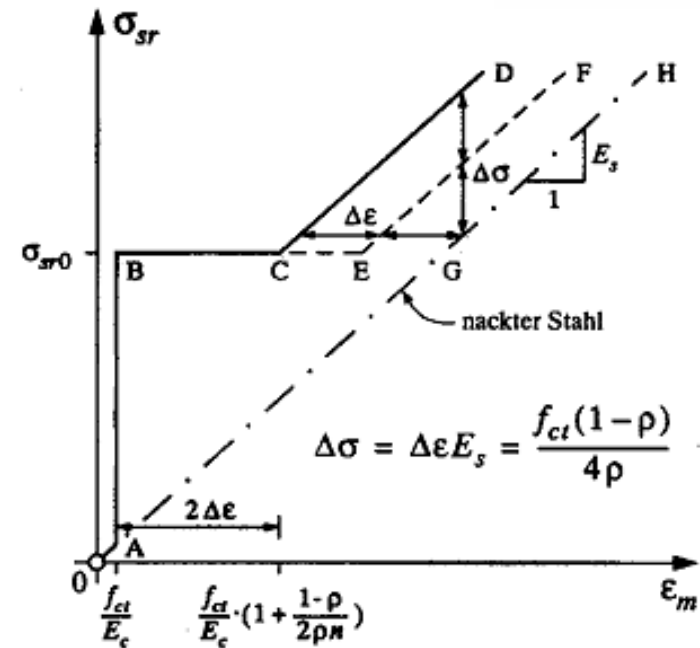
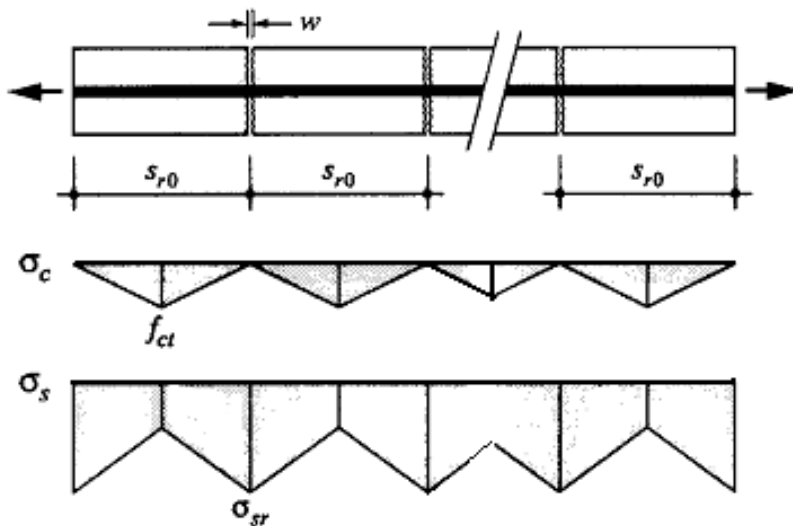
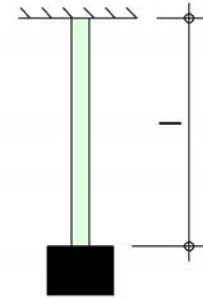


$$\sigma_{sr} = f_{ctm} \cdot \left(\frac{1}{\rho} + n - 1 \right) \cong \frac{f_{ctm} \cdot (1 - \rho)}{\rho} \cong \frac{f_{ctm}}{\rho}$$

$$S_{rm} = \frac{\phi \cdot (1 - \rho)}{4 \cdot \rho} \cong \frac{\phi \cdot \sigma_{sr}}{4 \cdot f_{ctm}} \quad \text{mit} \quad \sigma_{sr} \cong \frac{f_{ctm} \cdot (1 - \rho)}{\rho}$$

$$W = \varepsilon_{sm} \times S_{rm} = \frac{\phi \cdot \sigma_{sr}^2}{8 \cdot f_{ctm} \cdot E_s}$$

Spannungs-Dehnungsdiagramm Lasteinwirkung



Beim Erreichen der Betonzugfestigkeit f_{ctm} stellt sich schlagartig das abgeschlossene Rissbild ein.

Lasteinwirkung

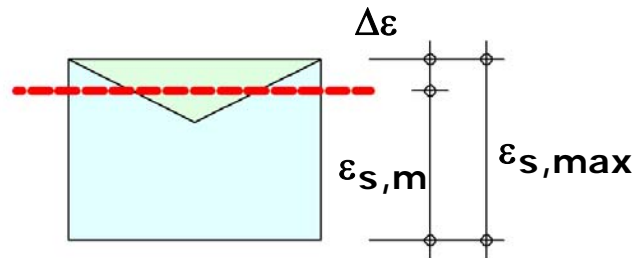
Punkt A $\varepsilon_{ct} = \frac{f_{ctm}}{E_c}$

Punkt B $\sigma_{sr} = f_{ctm} \cdot \left(\frac{1}{\rho} + n - 1\right)$

Punkt D **Stabverlängerung $\varepsilon_{s,c}$ bei abgeschlossenem Rissbild**

$$\varepsilon_{s,c} = \varepsilon_{s,max} - \Delta\varepsilon$$

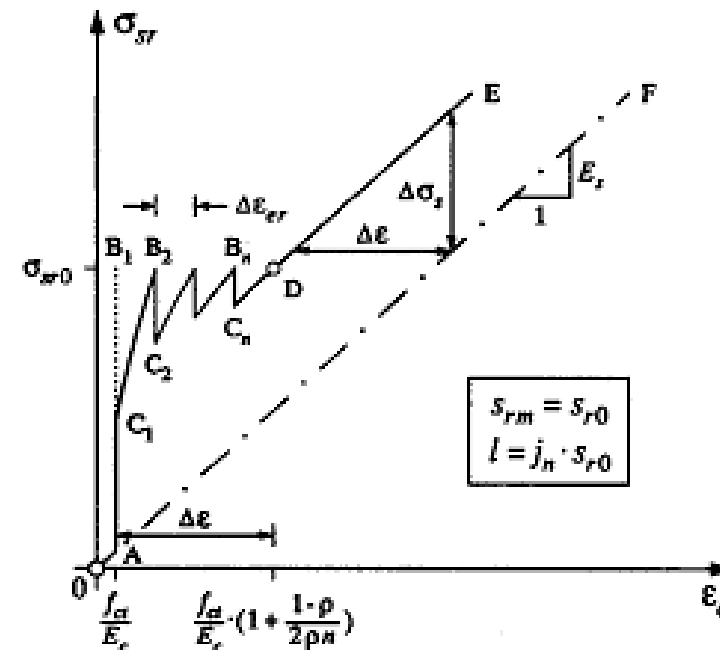
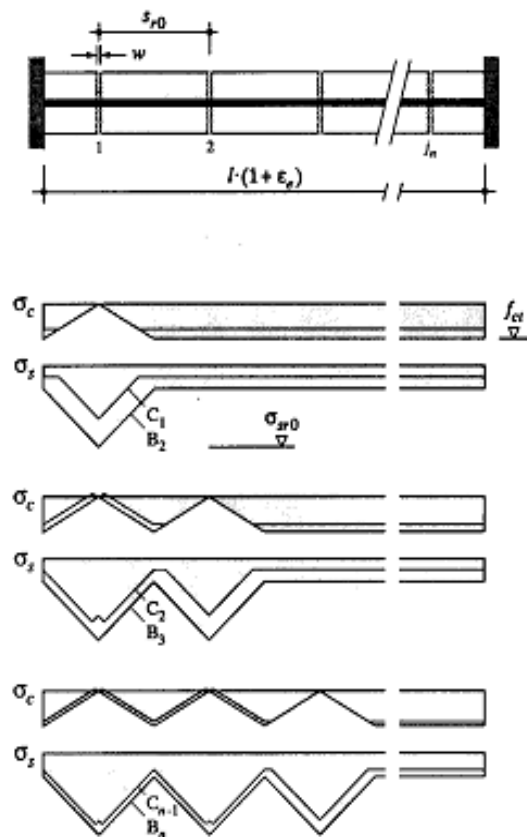
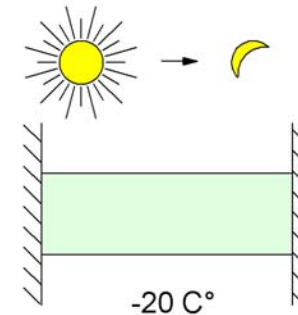
$$\varepsilon_{s,max} = \frac{\sigma_{sr}}{E_s} = \frac{f_{ctm} \cdot \left(\frac{1}{\rho} + n - 1\right)}{E_s}$$



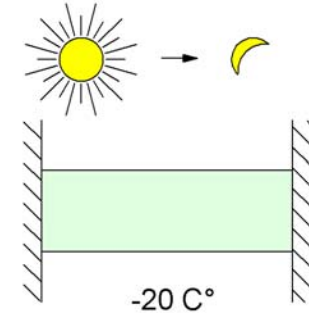
$$\Delta\varepsilon = \frac{F_{ctm}}{A_s \cdot E_s} = \frac{f_{ctm} \cdot A_c \cdot (1 - \rho)}{2 \cdot A_s \cdot E_s} = \frac{f_{ctm} \cdot (1 - \rho)}{2 \cdot \rho \cdot E_s}$$

$$\varepsilon_{s,c} = \frac{f_{ctm}}{n \cdot E_c} \left\{ \left(\frac{1}{\rho} + n - 1\right) - \frac{(1 - \rho)}{2 \cdot \rho} \right\} = \frac{f_{ctm}}{E_c} \left(1 + \frac{1 - \rho}{2 \cdot \rho \cdot n} \right)$$

Äusserer Zwang



Äusserer Zwang



Unverändert:

$$\sigma_{sr} = f_{ctm} \cdot \left(\frac{1}{\rho} + n - 1 \right)$$

$$\Delta \varepsilon_{s,c} = \frac{f_{ctm}}{E_c} \left(1 + \frac{1 - \rho}{2 \cdot \rho \cdot n} \right) \cong \frac{f_{ctm} \cdot (1 - \rho)}{2 \cdot \rho \cdot E_s} \cong \frac{f_{ctm}}{\rho \cdot E_s} \cdot \frac{1}{2} = \varepsilon_{ab}$$

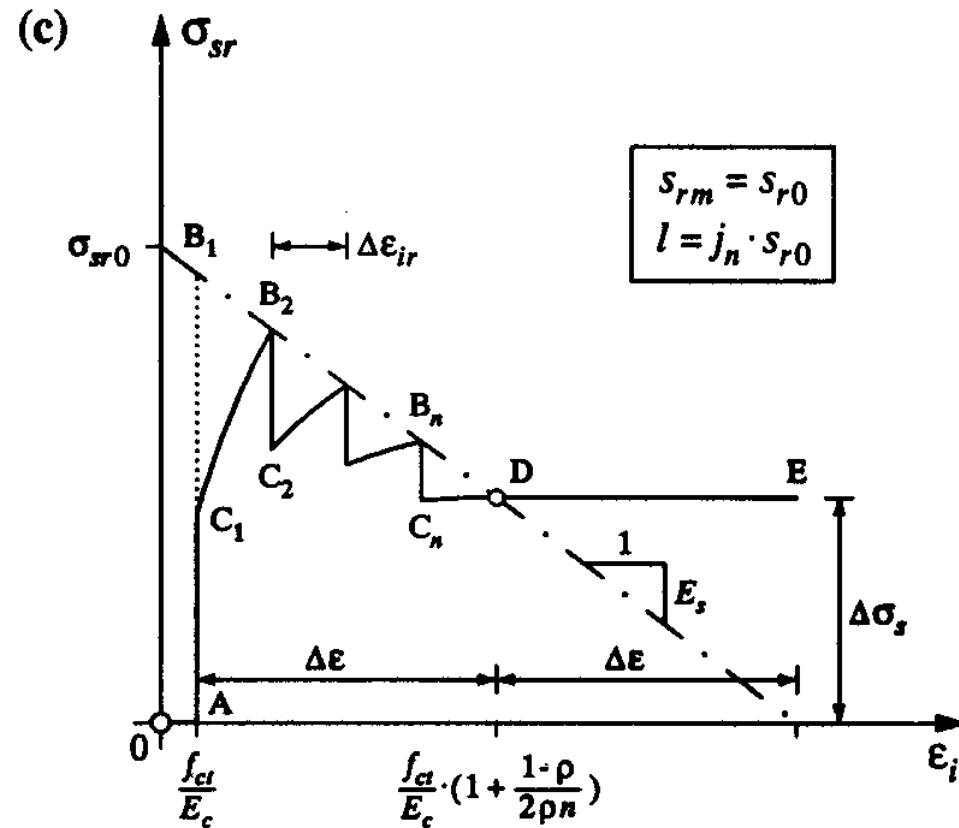
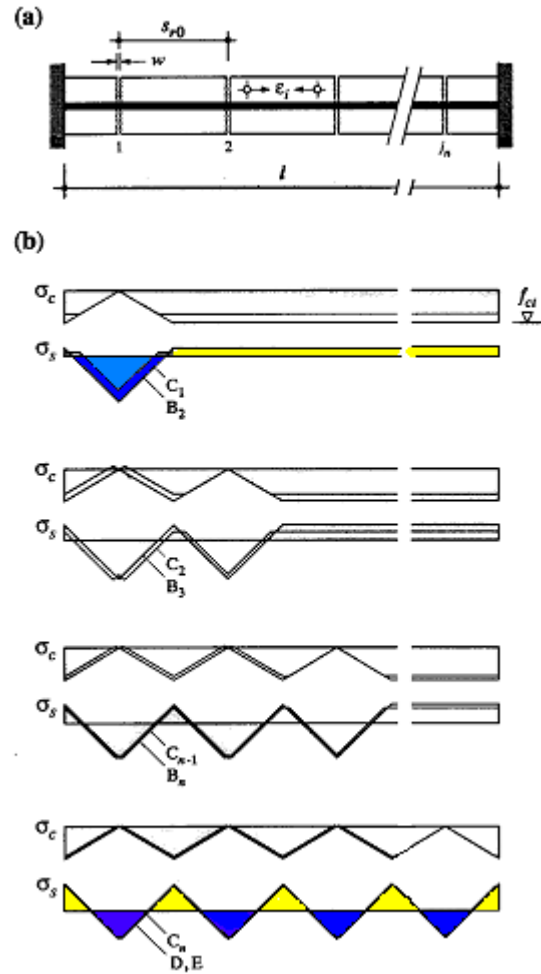
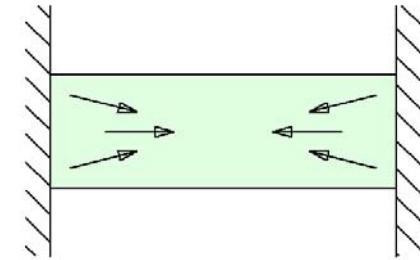
$$\Delta \varepsilon = \frac{f_{ctm} \cdot (1 - \rho)}{2 \cdot \rho \cdot E_s} \cong \frac{f_{ctm}}{\rho \cdot E_s} \cdot \frac{1}{2} \cong \varepsilon_{ab}$$

$$\Delta \sigma_s = \frac{f_{ctm} \cdot (1 - \rho)}{2 \cdot \rho} \cong \frac{f_{ctm}}{\rho} \cdot \frac{1}{2}$$

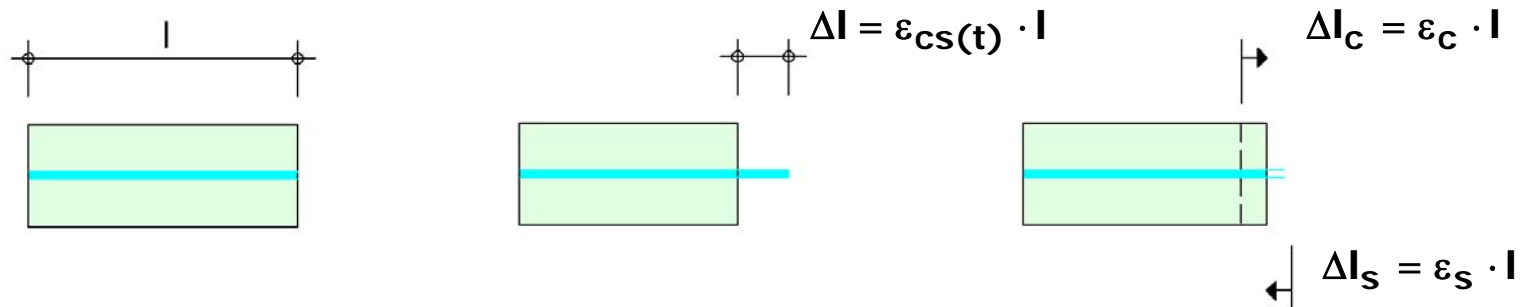
Rissbildung bei

$$\Delta \varepsilon_{er} = \frac{\Delta \varepsilon}{j} = \frac{\Delta \varepsilon \cdot s_{rm}}{l} = \frac{f_{ctm}}{\rho \cdot E_s} \cdot \frac{1 - \rho}{2} \times \frac{s_{rm}}{l} \cong \frac{f_{ctm}}{\rho \cdot E_s} \cdot \frac{s_{rm}}{2 \cdot l}$$

Innerer Zwang



Innerer Zwang; Spannungsumlagerung



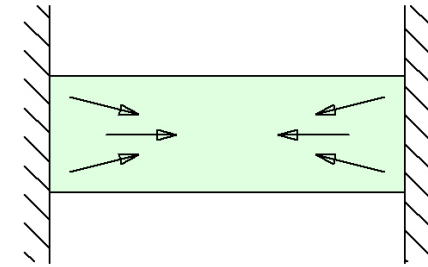
Zugkraft im Beton $F_c =$ Druckkraft im Stahl $F_s = X$

$$\varepsilon_c = \frac{X}{A_c \cdot (1 - \rho) \cdot E_c} \quad \varepsilon_s = -\frac{X}{A_s \cdot E_s} \quad \varepsilon_c - \varepsilon_s = \varepsilon_{cs}(t)$$

$$\varepsilon_{cs}(t) = \frac{x}{A_c \cdot (1 - \rho) \cdot E_c} + \frac{x}{A_s \cdot E_s} = \frac{x}{A_s \cdot E_s} \cdot \frac{1 - \rho + n \cdot \rho}{1 - \rho}$$

$$\sigma_s = \varepsilon_s \cdot E_s = \frac{X}{A_s} = -\varepsilon_{cs}(t) \cdot \frac{(1 - \rho) \cdot E_s}{1 - \rho + n \cdot \rho} \quad \sigma_c = \varepsilon_c \cdot E_c = \varepsilon_{cs}(t) \cdot \frac{\rho \cdot E_s}{1 - \rho + n \cdot \rho}$$

Innerer Zwang



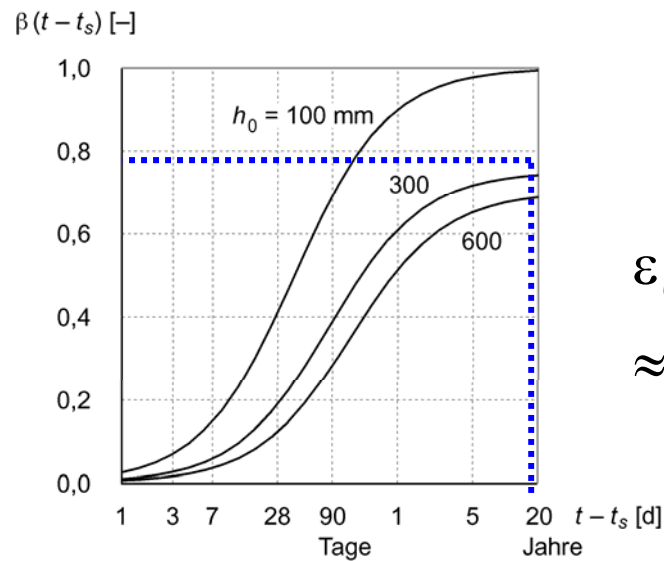
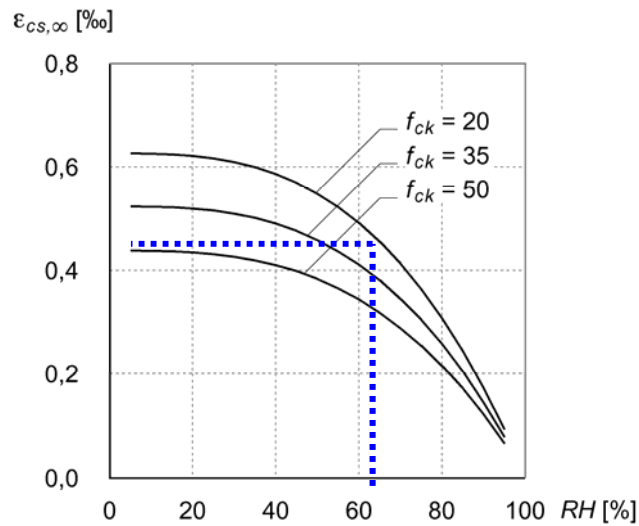
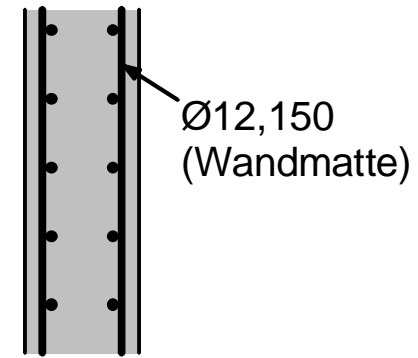
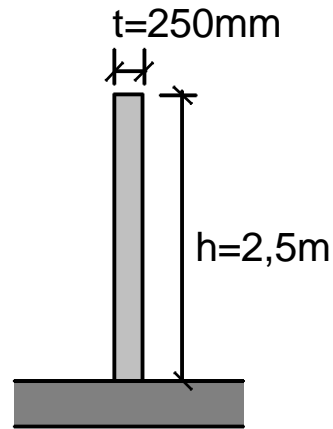
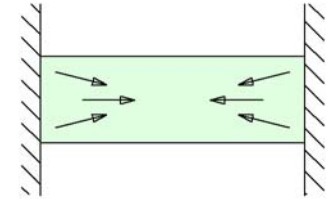
Unverändert:
$$\sigma_{sr} = f_{ctm} \cdot \left(\frac{1}{\rho} + n - 1 \right)$$

$$\Delta\varepsilon = \frac{f_{ctm} \cdot (1 - \rho)}{2 \cdot \rho \cdot E_s}$$

$$\Delta\sigma_s = \frac{f_{ctm} \cdot (1 - \rho)}{2 \cdot \rho}$$

Rissbildung bei
$$\Delta\varepsilon_{ir} = \frac{\Delta\varepsilon}{j} = \frac{\Delta\varepsilon \cdot s_{rm}}{l} = \frac{f_{ctm}}{\rho \cdot E_s} \cdot \frac{1 - \rho}{2} \times \frac{s_{rm}}{l} \approx \frac{f_{ctm}}{\rho \cdot E_s} \cdot \frac{s_{rm}}{2 \cdot l}$$

Schwindbehinderte Wand



$$\epsilon_{CS} = \epsilon_{CS,\infty} \beta(t - t_s)$$

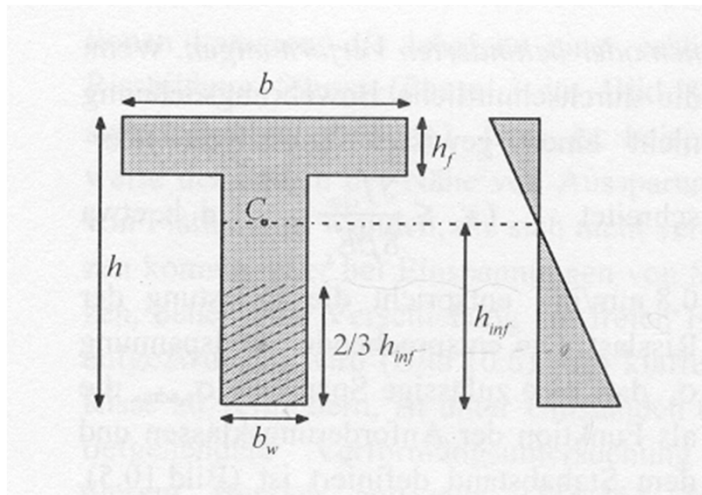
$$\approx 0,5\text{‰} \cdot 0,8 = 0,4\text{‰}$$

Verhindern spröden Versagens

Mindestbewehrung :

$$f_{ctd} \cdot A_c \cdot (1 - \rho) = f_{sd} \cdot A_s$$

mit $A_c = \rho \cdot A_s$ und $(1 - \rho) \cong 1$



$$\frac{f_{ctd} \cdot A_c}{A_s} \leq f_{sd} \quad \Rightarrow \quad \rho_{min} \geq \frac{f_{ctd}}{f_{sd}}$$

SIA 262

$$f_{ctd} = k_t \cdot f_{ctm} \quad \text{mit} \quad k_t = \frac{1}{1 + 0.5 \cdot t} \leq 1.0$$

t : kleinere Abmessung des Zuggurtes;
Breite oder $2/3$ der Zuggurthöhe

$$\text{Rechteck mit der Höhe } h : \frac{2}{3} \cdot \frac{h}{2} = \frac{h}{3}$$

Verhindern spröden Versagens

Mindestbewehrung :

$$f_{ctd} = k_t \cdot f_{ctm} = \frac{1}{1 + 0.5 \cdot t} \cdot f_{ctm} = \frac{1}{1 + 0.5 \cdot 0.25} \cdot 2.6 = 2.3$$

$$\rho_{min} = \frac{f_{ctd}}{\sigma_{s,adm}} = \frac{2.3}{435} = 0.53\%$$

Gewählt i+a Ø 12 t=15 = 1508 mm² ρ = 0.60 %

Verhindern spröden Versagens

Mindestbewehrung :

$$\rho_{\min} = \frac{f_{ctd}}{\sigma_{s,adm}} = \frac{2.3}{435} = 0.53\%$$

Gewählt i+a $\emptyset 12$ t=15 = 1508 mm² $\rho = 0.60\%$

$$\sigma_{sr} = \frac{f_{ct}}{\rho_{eff}} = \frac{2.3}{0.006} \approx 385 < \sigma_{s,adm} = 400$$



**Kurve B für s = 150 mm
Erhöhte Anforderungen erfüllt
(Figur 31 und Tabelle 18)**

Begrenzung der Rissbreiten bei Zwang

Detailberechnung:

$$\varepsilon_{ab} \cong \frac{f_{ctd}}{\rho \cdot E_s} \cdot \frac{1}{2} = \frac{2.3}{0.006 \cdot 205000 \cdot 2} = 0.93\text{‰}$$

$$\varepsilon_{ab} \cong \frac{f_{ctd}}{\rho \cdot E_s} \cdot \frac{1}{2} = \frac{2.3}{0.006 \cdot 205000 \cdot 2} = 0.93\text{‰}$$

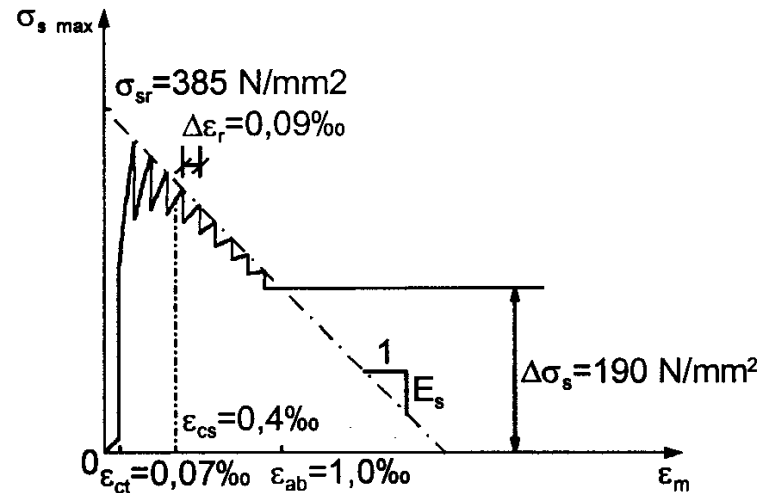
$$\varepsilon_{ab} = \frac{f_{ctd}}{E_c} \left(1 + \frac{1-\rho}{2 \cdot \rho \cdot n}\right) = 1.0\text{‰}$$

$$\varepsilon_{ab} = \frac{f_{ctd}}{E_c} \left(1 + \frac{1-\rho}{2 \cdot \rho \cdot n}\right) = 1.0\text{‰}$$



Begrenzung der Rissbreiten bei Zwang

Detailberechnung:



$$\varepsilon_{ab} \cong \frac{f_{ctd}}{\rho \cdot E_s} \cdot \frac{1}{2} = \frac{2.3}{0.006 \cdot 205000 \cdot 2} = 0.93\text{‰}$$

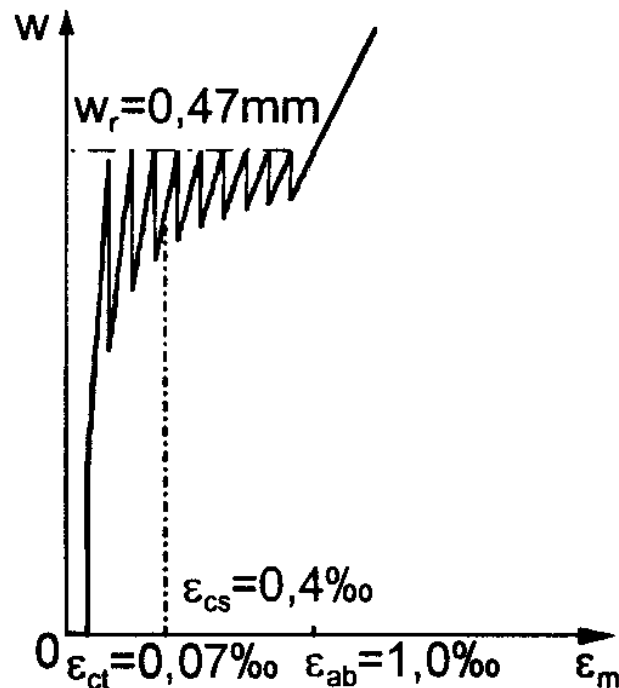
$$\varepsilon_{ab} = \frac{f_{ctd}}{E_c} \left(1 + \frac{1-\rho}{2 \cdot \rho \cdot n}\right) = 1.0\text{‰}$$

$$\varepsilon_{ab} \cong \frac{f_{ctd}}{\rho \cdot E_s} \cdot \frac{1}{2} = \frac{2.3}{0.006 \cdot 205000 \cdot 2} = 0.93\text{‰}$$

$$\varepsilon_{ab} = \frac{f_{ctd}}{E_c} \left(1 + \frac{1-\rho}{2 \cdot \rho \cdot n}\right) = 1.0\text{‰}$$

Begrenzung der Rissbreiten bei Zwang

Detailberechnung:



Maximale Rissbreite:

$$w_r = \frac{\phi \cdot f_{ctd} \cdot \left(\frac{1}{\rho} + n - 1\right)^2}{8 \cdot E_s} = 0.50\text{mm}$$

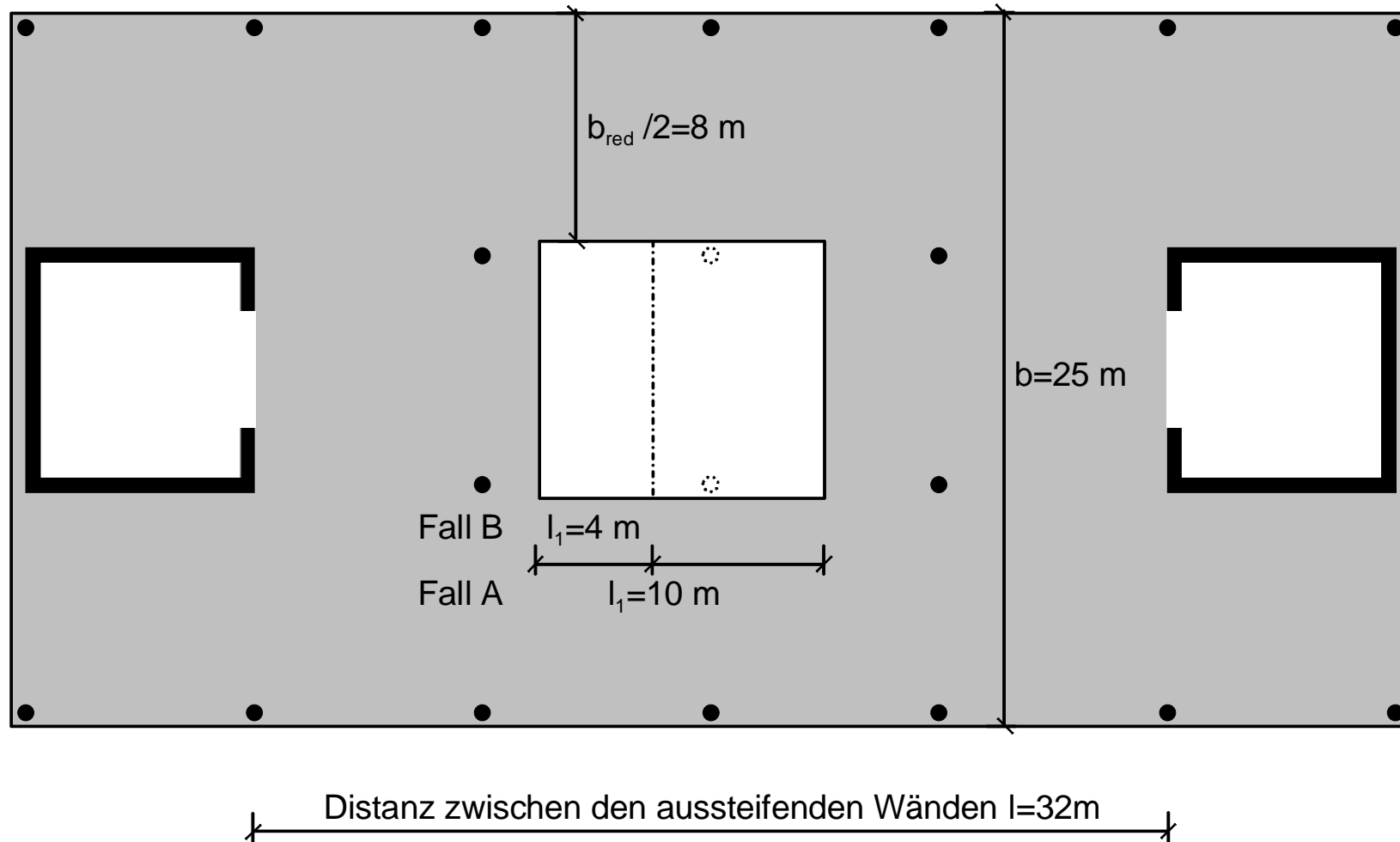
$$w_r \cong \frac{f_{ctd} \cdot s_{rm}}{\rho \cdot E_s} \cdot \frac{1}{2} = \frac{2.3 \cdot 500}{2 \cdot 0.006 \cdot 205000} = 0.47\text{mm}$$

Minimale Rissbreite

$$s_r = \frac{s_{rm}}{2} = 250\text{mm}$$

$$w_r = \frac{f_{ctd} \cdot s_r}{\rho \cdot E_s} \cdot \frac{3}{4} = \frac{3 \cdot 2.3 \cdot 250}{4 \cdot 0.006 \cdot 205000} = 0.35\text{mm}$$

Verkürzungsbehinderte Flachdecke



Verhindern spröden Versagens

Betonzugfestigkeit:

$$f_{ctd} = k_t \cdot f_{ctm} = \frac{f_{ctm}}{1 + 0.5 \cdot t} = \frac{2.6}{1 + 0.5 \cdot 0.25} = 2.30$$

Mindestbewehrung:

$$\rho_{min} = \frac{f_{ctd}}{\sigma_{s,adm}} = \frac{2.3}{435} = 0.53\% \quad \Rightarrow \quad A_{s,min} = 1325 \text{ mm}^2$$



SIA 262 Tabelle 16 / Figur 31

Gewählt $\emptyset 12 \text{ t} = 15 \text{ mm}$; $A_s = 1507 \text{ mm}^2$; $\rho = 0.60 \%$

$$\text{Stahlspannung } \sigma_{sr} = \frac{f_{ctd}}{\rho_{eff}} = \frac{2.3}{0.006} \cong 380 \text{ N/mm}^2$$

Kontrolle der Dehnungen

Schwindverkürzung nach Fugenschluss: $\varepsilon_{cs} = 0.3 \text{ ‰}$

Deckenverkürzung ausserhalb der Aussparung

$$\Delta l = \varepsilon \cdot l = 0.3 \cdot 10^{-3} \times 22000 = 6.6 \text{ mm}$$

Zwang im reduzierten Bereich $\varepsilon = 0.3 \cdot 10^{-3} + \frac{6.6}{10000} = 0.96 \cdot 10^{-3}$

Dehnung bei abgeschlossener Rissbildung:

$$\frac{f_{ctd}}{E_s} \left(1 + \frac{1 - \rho}{2 \cdot \rho \cdot n} \right) = \frac{2.3}{33000} \left(1 + \frac{1 - 0.006}{2 \cdot 0.006 \cdot \frac{205}{33}} \right) = 1.0 \cdot 10^{-3}$$

Kontrolle der Dehnungen

Schwindverkürzung nach Fugenschluss: $\varepsilon_{cs} = 0.3 \text{ ‰}$

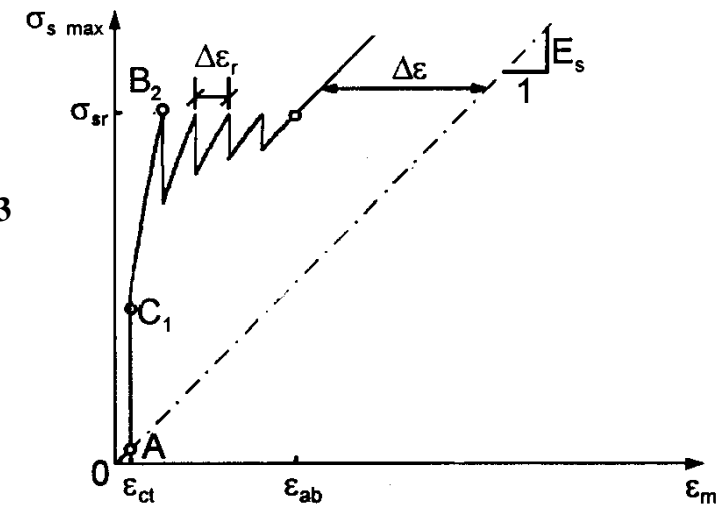
Deckenverkürzung ausserhalb der Aussparung

$$\Delta l = \varepsilon \cdot l = 0.3 \cdot 10^{-3} \times 22000 = 6.6 \text{ mm}$$

Zwang im reduzierten Bereich $\varepsilon = 0.3 \cdot 10^{-3} + \frac{6.6}{10000} = 0.96 \cdot 10^{-3}$

Dehnung bei abgeschlossener Rissbildung:

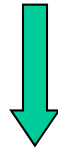
$$\frac{f_{ctd}}{E_s} \left(1 + \frac{1 - \rho}{2 \cdot \rho \cdot n} \right) = \frac{2.3}{33000} \left(1 + \frac{1 - 0.006}{2 \cdot 0.006 \cdot \frac{205}{33}} \right) = 1.0 \cdot 10^{-3}$$



Kontrolle der Rissbreiten



$$\varepsilon_{\text{eff}} \leq \varepsilon_{\text{ab}}$$



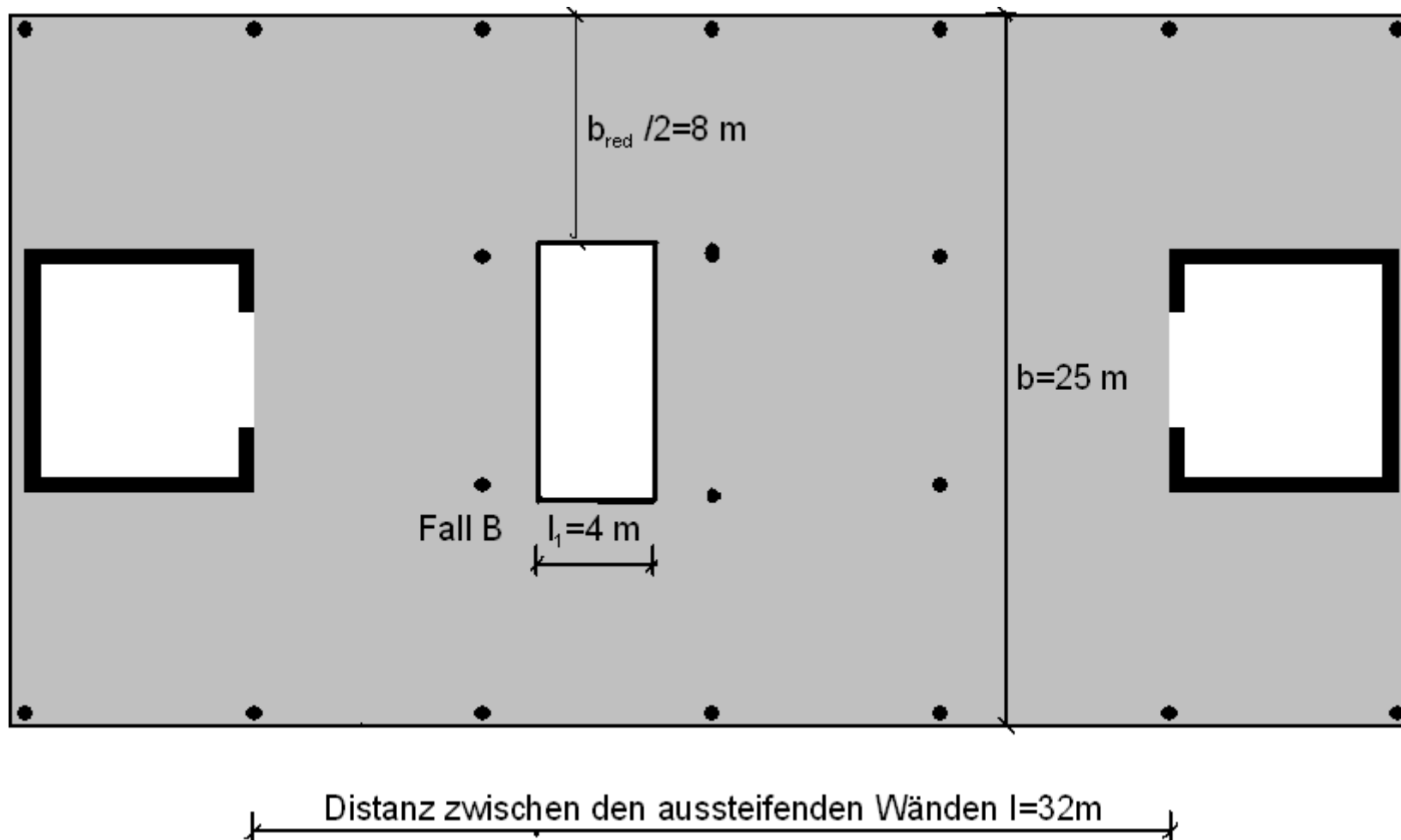
Die maximale Stahlspannung beträgt $\sigma_{\text{sr}} \cong 380 \text{ N/mm}^2$

Die Rissbreite $w = \frac{\phi \cdot \sigma_{\text{sr}}^2}{8 \cdot f_{\text{ctd}} \cdot E_s} = \frac{12 \cdot 380^2}{8 \cdot 2.3 \cdot 205000} = 0.46 \text{ mm}$

Der Rissabstand $s_{\text{rm}} = \frac{\phi \cdot \sigma_{\text{sr}}}{4 \cdot f_{\text{ctd}}} = \frac{12 \cdot 380}{4 \cdot 2.3} = 496 \text{ mm}$

Bei $t = 15 \text{ cm}$ ist mit einem Rissabstand von 450 mm zu rechnen

Verkürzungsbehinderte Flachdecke



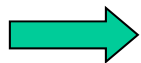
Verkürzungsbehinderte Flachdecke

Innerer Zwang: $\varepsilon_{cs}(t) = 0.3\text{‰}$

Äusserer Zwang: $\Delta l = \varepsilon \cdot l = 0.3\text{‰} \cdot (32 - 4) \cdot 10^{-3} = 8.4\text{mm}$

Ä + l Zwang im reduzierten Bereich:

$$\varepsilon_{\text{tot}} = 0.3\text{‰} + \frac{8.4}{4000} \cdot 10^3 = 2.4\text{‰} > 1.0\text{‰}$$



Der totale Zwang im reduzierten Bereich ist wesentlich grösser, als die zum abgeschlossenen Rissbild erforderliche Dehnung

Verkürzungsbehinderte Flachdecke

$$\rho_{s,red} = \frac{f_{ctd, 0,95}}{\sigma_{s,adm}} \frac{b}{b_{red}} = \frac{1,3 \cdot 2,3}{435} \frac{25}{16} = 1,08\% \gg 0,6\%$$

95 % Fraktile siehe (3.1.2.2.6)

Gewählt: u + o Ø 16 t = 15; $A_s = 2680 \text{ mm}^2$; $\rho = 1.07 \%$

Mittlere Rissweite:

$$w = \frac{\phi \cdot \sigma_{sr}^2}{8 \cdot f_{ctd} \cdot E_s} = \frac{16 \cdot 435^2}{8 \cdot 3.0 \cdot 205000} = 0.6 \text{ mm}$$

Mittlerer Rissabstand:

$$s_{rm} = \frac{\phi \cdot (1 - \rho)}{4 \cdot \rho} = \frac{16 \cdot (1 - 0.0107)}{4 \cdot 0.0107} = 370 \text{ mm} \cong 300 \text{ mm}$$

Verkürzungsbehinderte Flachdecke

$$\rho_{s,red} = \frac{f_{ctd, 0,95}}{\sigma_{s,adm}} \frac{b}{b_{red}} = \frac{1,3 \cdot 2,3 \cdot 25}{435 \cdot 16} = 1,08\% \gg 0,6\%$$

95 % Fraktile siehe (3.1.2.2.6)

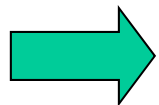
Gewählt: u + o Ø 16 t = 15; $A_s = 2680 \text{ mm}^2$; $\rho = 1.07 \%$

Mittlere Rissweite:

$$w = \frac{\phi \cdot \sigma_{sr}^2}{8 \cdot f_{ctd} \cdot E_s} = \frac{16 \cdot 435^2}{8 \cdot 3.0 \cdot 205000} = 0.6 \text{ mm}$$

Mittlerer Rissabstand:

$$s_{rm} = \frac{\phi \cdot (1 - \rho)}{4 \cdot \rho} = \frac{16 \cdot (1 - 0.0107)}{4 \cdot 0.0107} = 370 \text{ mm} \cong 300 \text{ mm}$$



Die Rissweite von 0.6 mm liegt im Bereich der für normale Anforderungen zu erwartenden Werte!

Gebrauchstauglichkeit

- **Normale Anforderungen**
 $w = ??$
 - Risse werden toleriert. Keine Ansprüche an Aussehen und Dichtigkeit
⇒ Falls spez. Angaben fehlen, sind mindestens die normalen Anforderungen einzuhalten
- **Erhöhte Anforderungen**
 $w \cong 0.5 \text{ mm}$
 - Ansprüche an Nutzung und Aussehen formuliert.
Eine gute Rissverteilung wird angestrebt.
- **Hohe Anforderungen**
 $w \cong 0.2 \text{ mm}$
 - Begrenzung der Rissbreite für ständige und häufige Lastfälle erwünscht
Z.B. bei der Witterung ausgesetzten Tragwerken


Rissbreite w

Infolge Streuung können vereinzelt bis 70 % grössere Werte auftreten!



Gebrauchstauglichkeit

- **Normale Anforderungen**
 $w = ??$
- **Erhöhte Anforderungen**
 $w \cong 0.5 \text{ mm}$
- **Hohe Anforderungen**
 $w \cong 0.2 \text{ mm}$
- **Sprödes Versagen verhindern**
 $\sigma_S \leq \sigma_{S,adm}$ **→ Kurve A**

Gebrauchstauglichkeit

- **Normale Anforderungen**
 $w = ??$
 - **Erhöhte Anforderungen**
 $w \cong 0.5 \text{ mm}$
 - **Hohe Anforderungen**
 $w \cong 0.2 \text{ mm}$
- **Sprödes Versagen verhindern**
 $\sigma_S \leq \sigma_{S,adm}$ \longrightarrow **Kurve A**

 - Rissbreiten unter aufgezwungenen Verformungen Beschränken
 $\sigma_S \leq \sigma_{S,adm}$ \longrightarrow **Kurve B**
 - Keine Plastifizierung unter häufigen Lasten
 $\sigma_S \leq f_{sd} - 80 \text{ N/mm}^2$

Gebrauchstauglichkeit

- **Normale Anforderungen**
 $w = ??$
 - **Erhöhte Anforderungen**
 $w \cong 0.5 \text{ mm}$
 - **Hohe Anforderungen**
 $w \cong 0.2 \text{ mm}$
- Sprödes Versagen verhindern
 $\sigma_S \leq \sigma_{S,adm}$ \longrightarrow **Kurve A**

 - Rissbreiten unter aufgezwungenen Verformungen Beschränken
 $\sigma_S \leq \sigma_{S,adm}$ \longrightarrow **Kurve B**
 - Keine Plastifizierung unter häufigen Lasten
 $\sigma_S \leq f_{sd} - 80 \text{ N/mm}^2$

 - Rissbreiten unter aufgezwungenen Verformungen Beschränken
Rissbreite unter quasi ständigen Lasten beschränken
 - $\sigma_S \leq \sigma_{S,adm}$ \longrightarrow **Kurve C**