

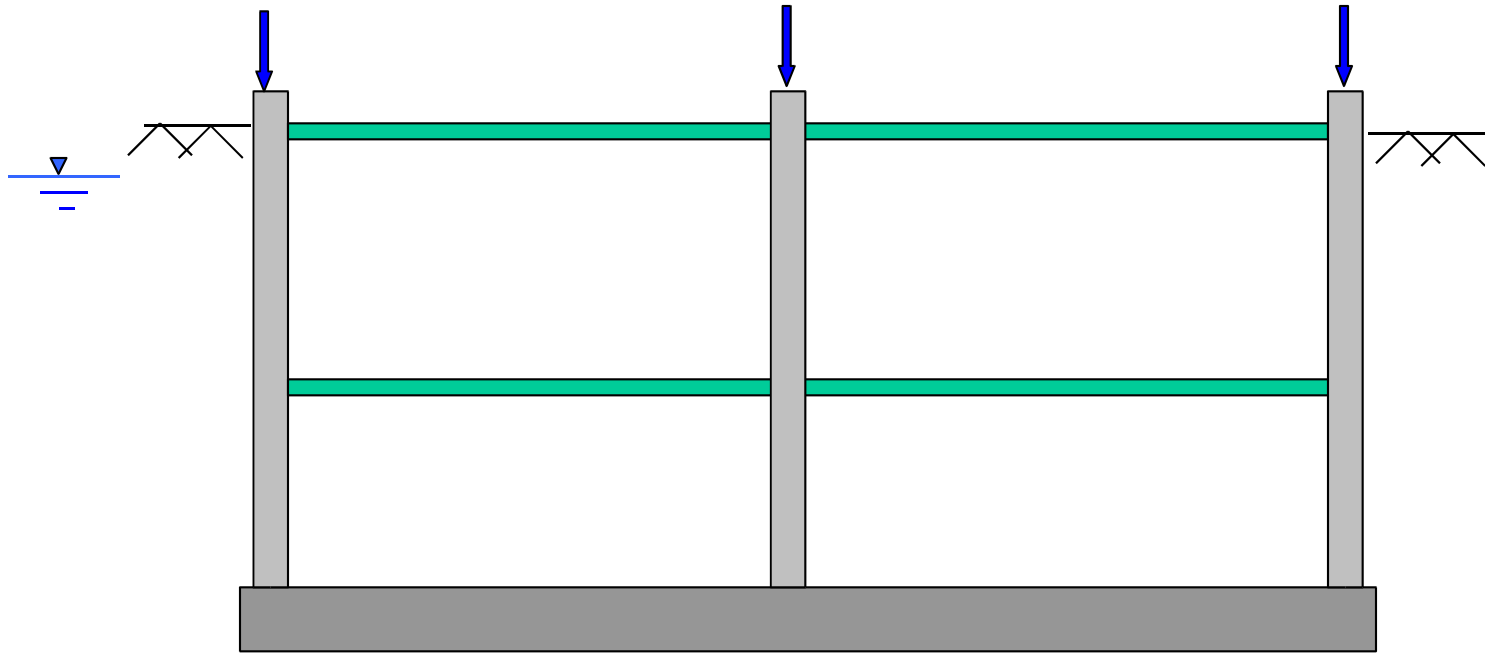
Weißer Wanne

Konstruktion und Rissbreitenbeschränkung

Inhalt

- **Allgemein**
- **Hinweise für konstruktive Bildung**
- **Betontechnologische Aspekte**
- **zulässige Rissbreite**
- **Begrenzung der Rissbreite**

Weißer Wanne



Ziel: Funktionstüchtigkeit der Tiefgeschosse dauerhaft sicherstellen

Nutzungsklassen

A: keine Feuchtstellen auf der Bauteiloberfläche zulässig

B: Feuchtstellen auf der Bauteiloberfläche zulässig

Weißer Wanne

Lösungsmöglichkeiten

- **Schwarze Abdichtung**

Die Dichtheit der Konstruktion wird durch zusätzliche Abdichtung sichergestellt.

DIN 18195 T. 7 bzw. T. 9

- **Ausführung als Weißer Wanne**

Konstruktionsbeton übernimmt gleichzeitig die Abdichtungsfunktion

DAfStb - Richtlinie

Weißer Wanne

Vor- und Nachteil der schwarzen Abdichtung

- Bei aggressivem Baugrund gegen Beton anwendbar
- größere Rissbewegung möglich
- geringe Anforderungen an Beton und Rissbreite

- nicht bei allen Gründungsarten verwendbar
- hohe Kosten
- Herstellung sehr empfindlich gegenüber Witterung
- schwierige Ortung von Leckstellen

Weißer Wanne

Besonderheiten

- Beton ist ein poröser Baustoff und hat geringe Zugfestigkeit
- Wegen der hohen Steifigkeit ist Betonkonstruktion empfindlich gegen Zwangbeanspruchung

Anforderungen

- Hohe Anforderung an Beton
- Reduzierung der Zwangbeanspruchung durch konstruktive Maßnahmen und Betontechnologie
- Begrenzung der Rissbreite

Weißer Wanne

Anforderungen Beton: WU-Beton

- Wassereindringwiderstand nach DIN 12390-8 $e \leq 50$ mm
- Konsistenzklasse F3 (weiche Konsistenz)
- geringe Wärmeentwicklung (CEM II, CEM III)
- Frischbetontemperatur nicht größer als 25 °C
- möglichst geringer Zementleimgehalt
- Größtkorndurchmesser in Abhängig von Bauteildicke wählen
- Anschlussmischung mit kleinem Korndurchmesser verwenden

Weißer Wanne

Bauteildicke

Bauteil	Beanspruchungs- klasse	Ausführungsart		
		Ortbeton	Elementwände	Fertigteile
Wände	1	24	24	20
	2	20	20	10
Bodenplatte	1	25		20
	2	15		10

Beanspruchungsklasse 1: Drückendes und nicht drückendes Wasser und zeitweise aufstauendes Sickerwasser

Beanspruchungsklasse 2: Bodenfeuchte und nichtstauendes Sickerwasser

Weißer Wanne

Konstruktionsprinzipien

- klare, einfache und eindeutige Lastabtragung
- Zwängungsarme Lagerungen
- Trennrisse sollten möglichst vermeiden
- Anordnung von Fugen bei großen Verformungsunterschieden
- Planen von Sollbruchstellen
- Einhaltung von Mindestdruckzonedicke bei Biegerissen
- Begrenzung der Rissbreite bei Trenn- und Biegerissen
- Vermeidung von hoher Bewehrungskonzentration

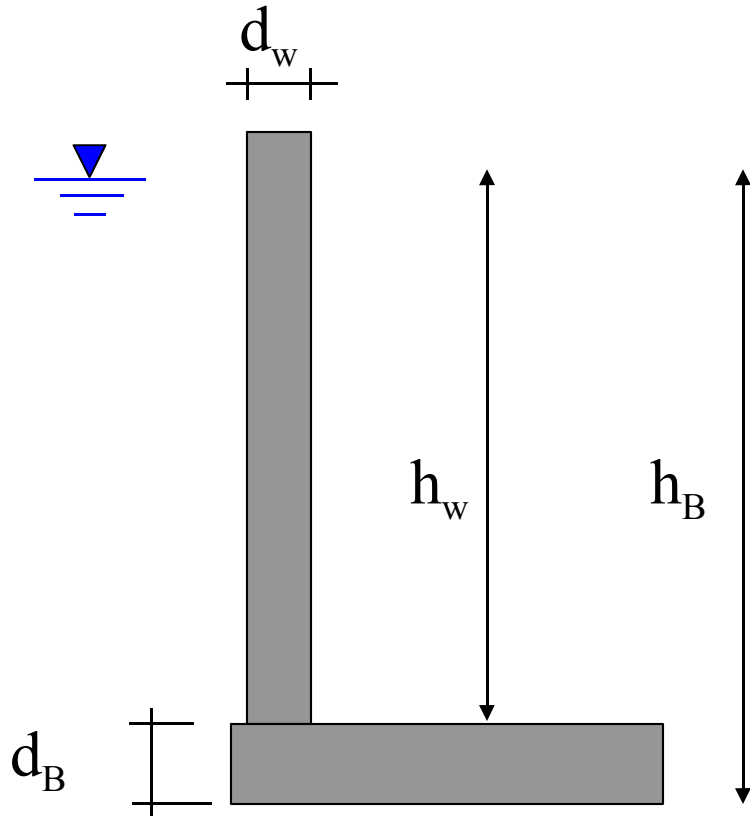
Weißer Wanne

Betontechnologie

- **möglichst Arbeitsfugen vermeiden**
- **guter Verbund zwischen altem und neuem Beton**
- **ausreichende Verdichtung**
- **Lagenweise Bauen jede Lage nicht größer als 50 cm**
- **ausreichende Nachbehandlung**
- **Temperaturunterschied zwischen Innen und Rand nicht größer als 15°C**

Weißer Wanne

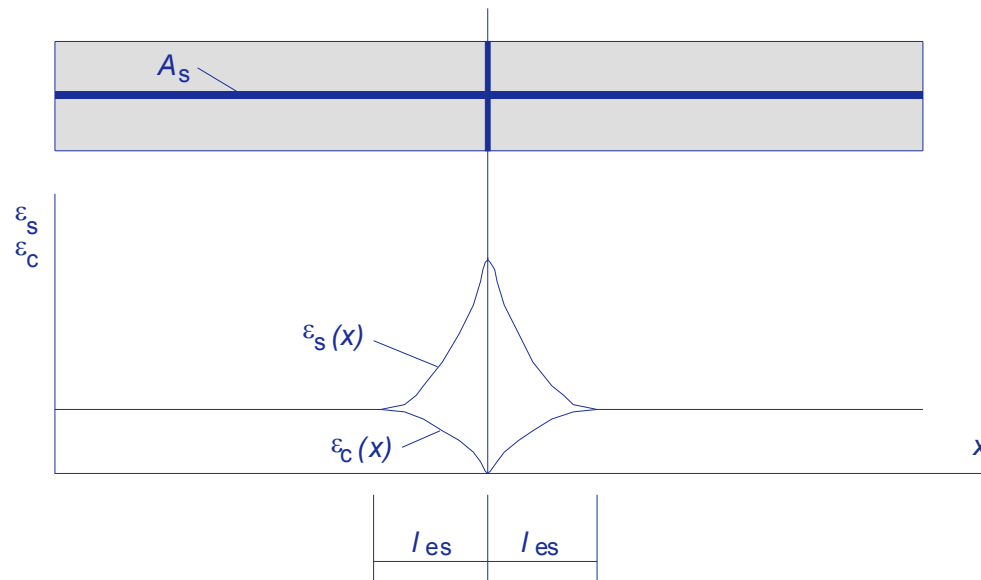
Begrenzung der Rissbreite



Druckgradient h_w/d_w	w_k [mm]
≤ 10	0,2
10- ≤ 15	0,15
>15- ≤ 25	0,1

Gilt nur für Rissbewegung bis $0,1w$ und keine aggressive Böden bzw. Wasser ($\text{pH} < 4,5$ oder $40 \text{ mg CO}_2/\text{l}$)

Einzelriss



$$s_{r,\max} = 2 \cdot l_{es} = 2 \cdot \frac{\sigma_s \cdot A_s}{\tau_{sm} \cdot u_s} = \frac{\sigma_s \cdot d_s}{3,6 \cdot f_{ct,eff}}$$

mit

$$\tau_{sm} = 1,8 \cdot f_{ct,eff}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,4 \cdot \left(\frac{\sigma_s}{E_s} - \varepsilon_{c,\max} \right) + \varepsilon_{c,\max} - 0,6 \cdot \varepsilon_{c,\max} = 0,4 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

Abgeschlossene Rissbildung

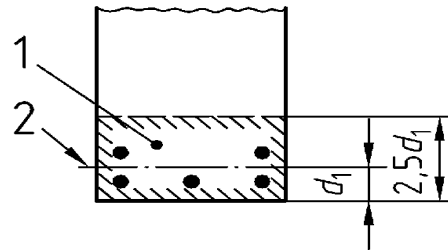
- überall entlang des Bauteils $\varepsilon_s \neq \varepsilon_c$
- Nicht die gesamte Zugzone beteiligt sich am Rissbildungsprozess, sondern nur ein Teil $A_{c,eff}$
- Die Betondehnung kann maximal die Rissdehnung f_{ctm}/E_c sein



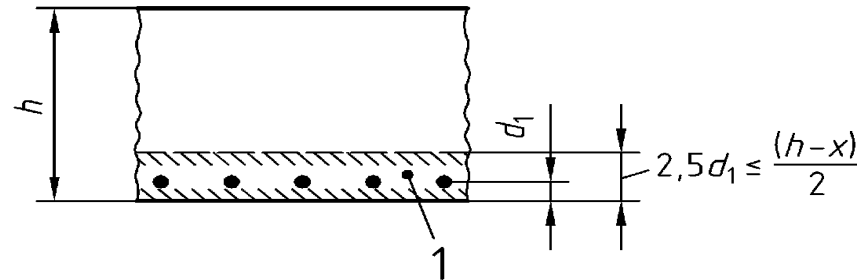
Modellvorstellung zur Ermittlung des Rissabstandes erforderlich

Effektive Betonzugfläche $A_{c,eff}$

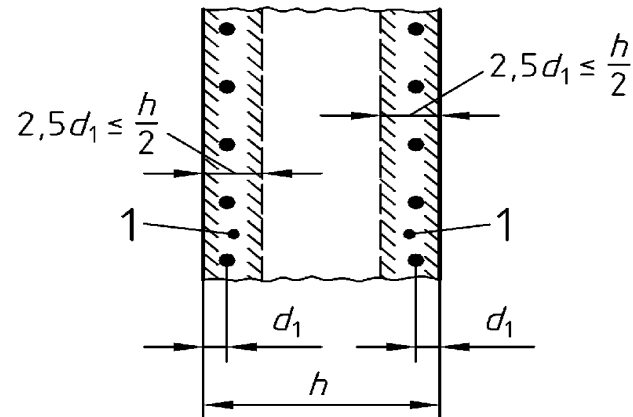
a)



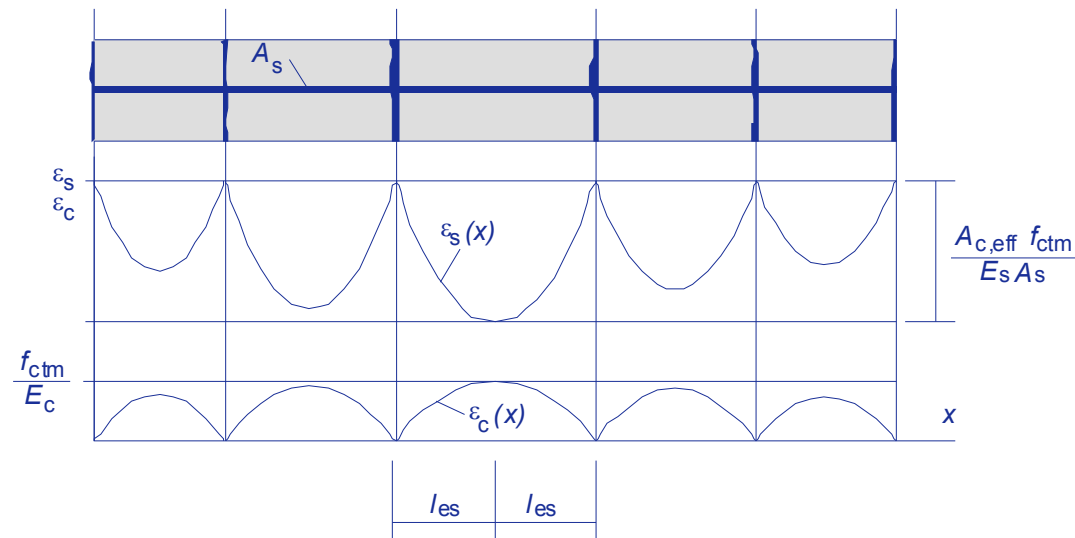
b)



c)



Abgeschlossene Rissbildung



$$s_{r,max} = 2 \cdot l_{es} = 2 \cdot \frac{A_{c,eff} \cdot f_{ct,eff}}{\tau_{sm} \cdot u_s} = \frac{d_s}{3,6 \cdot \rho_{s,eff}}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s}{E_s} - 0,6 \cdot \frac{f_{ct,eff}}{E_s \cdot \rho_{s,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{s,eff})$$

$$\rho_{s,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}; \quad \tau_{sm} = 1,8 \cdot f_{ct,eff}, \quad \alpha_e = E_s / E_c$$

Zusammenführung beider Risszustände

- Maximaler Rissabstand

$$s_{r,max} = \frac{d_s}{3,6 \cdot \rho_{eff}} \leq \frac{\sigma_s \cdot d_s}{3,6 \cdot f_{ct,eff}}$$

- Mittlere Dehnungsdifferenz

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s}{E_s} - 0,4 \cdot \frac{f_{ct,eff}}{E_s \cdot \rho_{eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff}) \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

- Rechnerische Rissbreite

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Grenzstabdurchmesser

$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s \cdot d_s}{3,6 \cdot f_{ct,eff}} \cdot 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

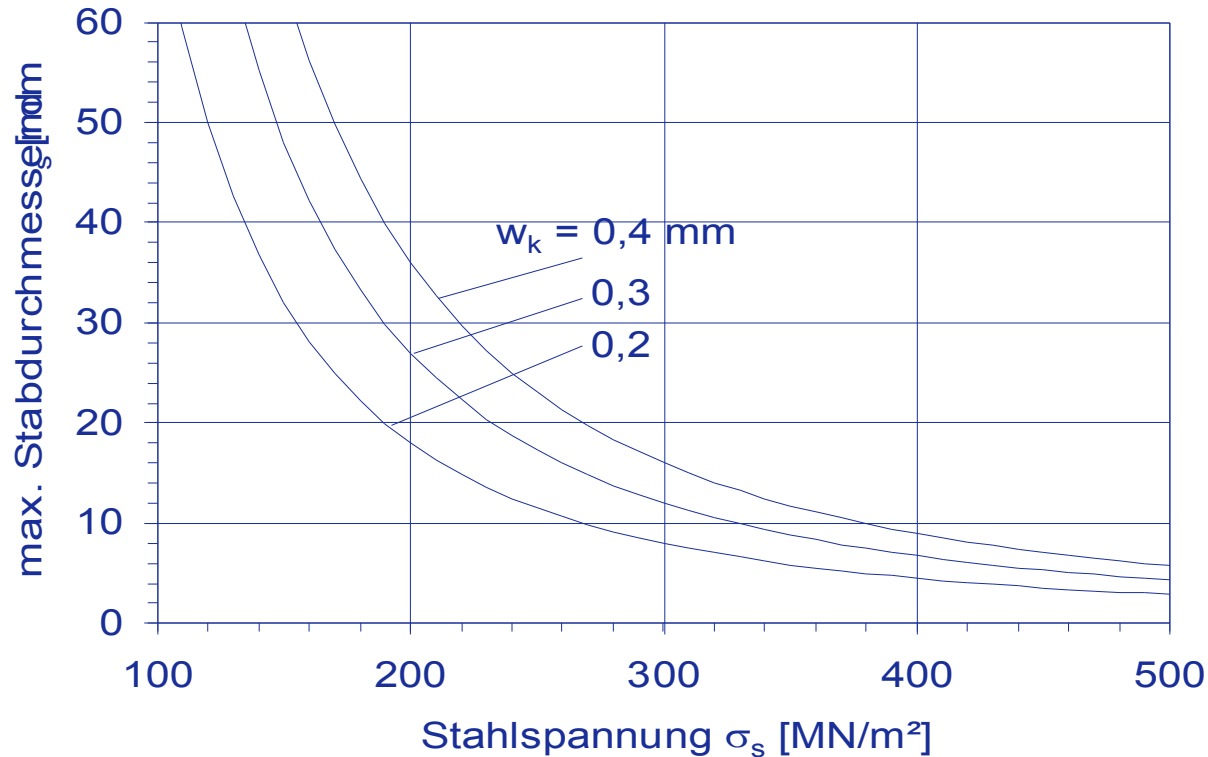
$$w_k = \frac{\sigma_s^2 \cdot d_s}{6 \cdot E_s \cdot f_{ct,eff}}$$

$$d_s = 6 \cdot w_k \cdot E_s \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\sigma_s^2}$$

Annahmen:

- Einzelriss
- maßgebende Einwirkungskombination ist quasi-ständige Einwirkungen

Stabdurchmesser und Stahlspannung



Annahme:

$$f_{ct,eff} = 3,0 \text{ MN} / \text{m}^2$$

Grenzdurchmesser – abgeschlossene Rissbildung

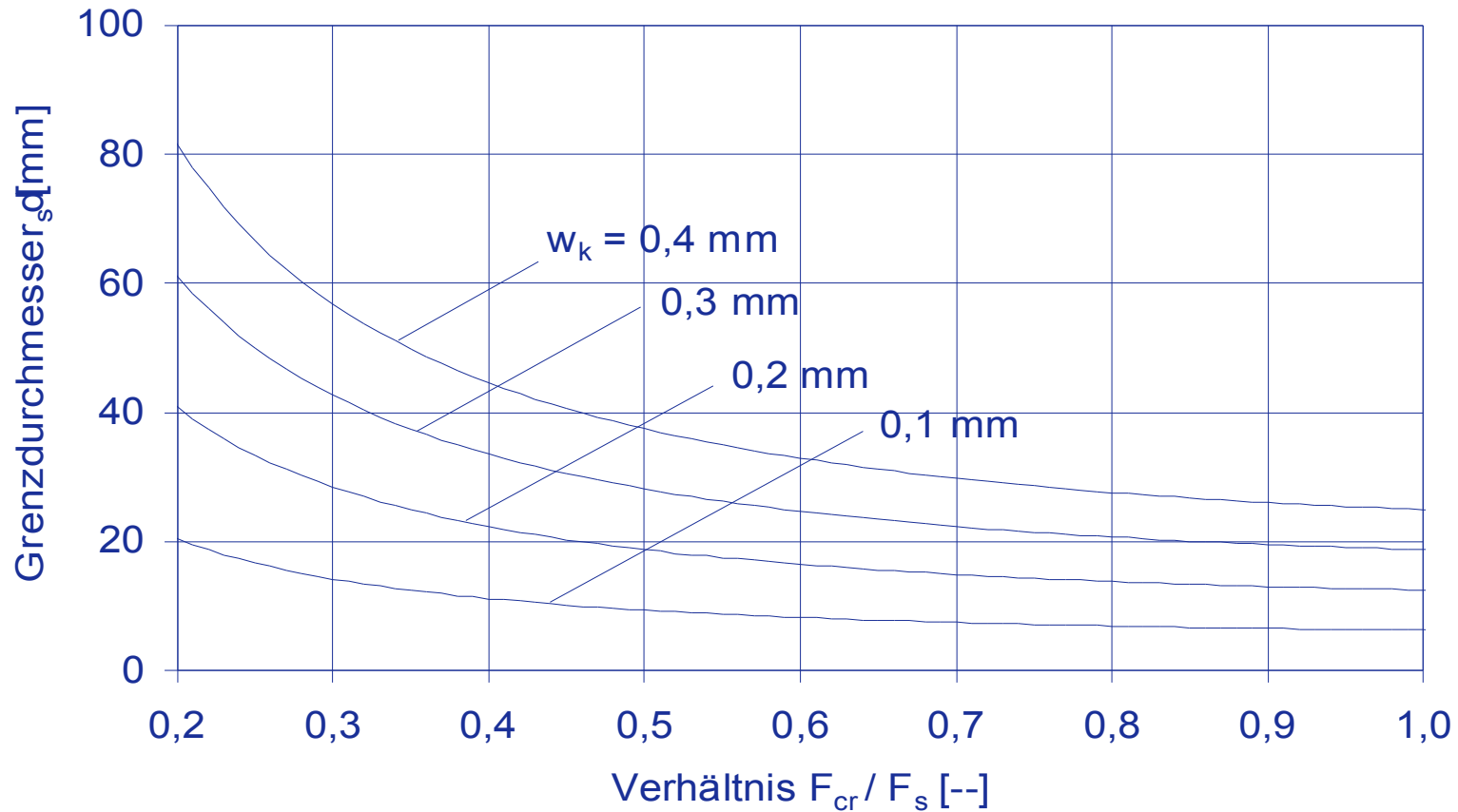
$$w_k = \frac{2 \cdot A_{c,eff} \cdot f_{ct,eff}}{\tau_{sm} \cdot u_s} \left[\frac{F_s}{A_s \cdot E_s} - 0,4 \cdot \frac{A_{c,eff} \cdot f_{ct,eff}}{A_s \cdot E_s} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{s,eff}) \right]$$

$$F_{cr} = A_{c,eff} \cdot f_{ct,eff} \quad (1 + \alpha_e \cdot \rho_{s,eff}) \approx 1,0$$

$$w_k = \frac{2 \cdot F_{cr} \cdot d_s}{4 \cdot \tau_{sm} \cdot A_s} \left(\frac{F_s}{A_s \cdot E_s} - 0,4 \frac{F_{cr}}{A_s \cdot E_s} \right)$$

$$w_k = \frac{F_{cr} \cdot d_s}{2 \tau_{sm} \cdot A_s^2 \cdot E_s} (F_s - 0,4 F_{cr})$$

Grenzdurchmesser – abgeschlossene Rissbildung



Grenzdurchmesser – abgeschlossene Rissbildung

$$d_s = \frac{2 \cdot w_k \cdot A_s^2 \cdot E_s \cdot \tau_{sm}}{F_{cr} \cdot (F_s - 0,4 \cdot F_{cr})}$$

$$A_s = \frac{F_s}{\sigma_s} \qquad \tau_{sm} = 1,8 \cdot f_{ct,eff}$$

$$d_s = \frac{3,6 \cdot w_k \cdot E_s \cdot f_{ct,eff}}{0,6 \cdot \sigma_s^2} \cdot \frac{0,6 \cdot F_s^2}{F_{cr} \cdot (F_s - 0,4 \cdot F_{cr})}$$

$$F_{cr} / F_s \rightarrow 0$$

$$d_s = d_{s,Einzelriß} \cdot \frac{F_s}{1,67 \cdot F_{cr}}$$

Grenzdurchmesser – abgeschlossene Rissbildung

$$F_{cr} = A_{c,eff} \cdot f_{ctm} = 2,5 \cdot (h - d) \cdot b \cdot f_{ct,eff}$$

$$d_s = d_{s,Tabelle} \cdot \frac{\sigma_s A_s}{4 \cdot (h - d) \cdot b \cdot f_{ct,0}} \geq d_{s,Tabelle} \cdot \frac{f_{ct,eff}}{f_{ct,0}}$$

erforderliche Bewehrung zur Begrenzung der Rissbreite

$$A_s = \sqrt{\frac{F_{cr} \cdot d_s \cdot (F_s - 0,4 \cdot F_{cr})}{2 \cdot \tau_{sm} \cdot E_s \cdot w_k}}$$

Zwangbeanspruchung

- **Begrenzung der von Stahl aufzunehmenden Kraft auf die Risschnittgröße des Querschnitts**

$$M_{\text{Zwang}} = M_{\text{Riss}}$$

$$N_{\text{Zwang}} = N_{\text{Riss}}$$

- **Reduzierung der Bewehrung möglich, wenn Zwangschnittgröße kleiner als Risschnittgröße**
- **keine wesentliche Unterscheidung zwischen Rissbildung infolge Zwangs- bzw. infolge Lasteinwirkung**

Zwangbeanspruchung

$$A_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$$

$$k_c = 0,4 \cdot \left[1 + \frac{\sigma_c}{k_1 \cdot f_{ct,eff}} \right] \leq 1$$

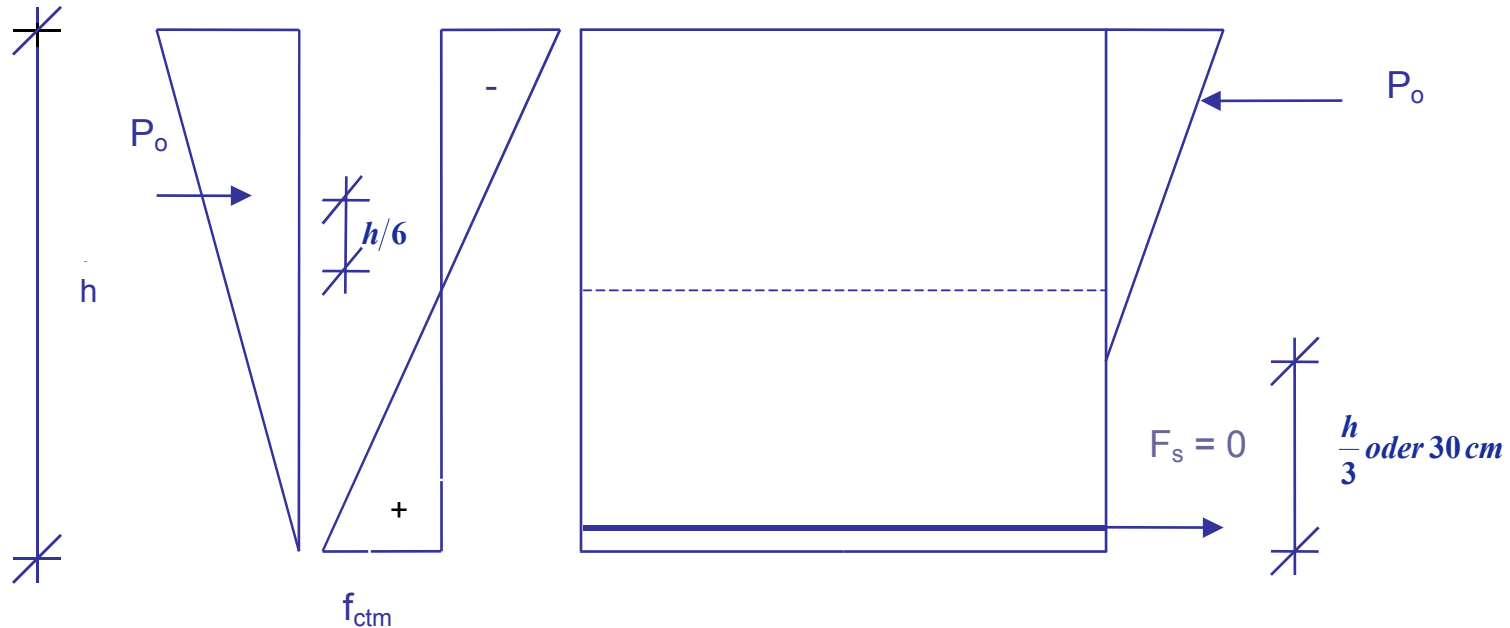
$$k = \begin{cases} 0,8 & \text{für } h \leq 300 \text{ mm} \\ 0,5 & \text{für } h \geq 800 \text{ mm} \end{cases}$$

A_{ct} : Zugfläche des Querschnitts bzw. Teilquerschnitts infolge der Risschnittgröße am Gesamtquerschnitt

$f_{ct,eff}$: wirksame Zugfestigkeit des Betons zum Zeitpunkt der Rissbildung

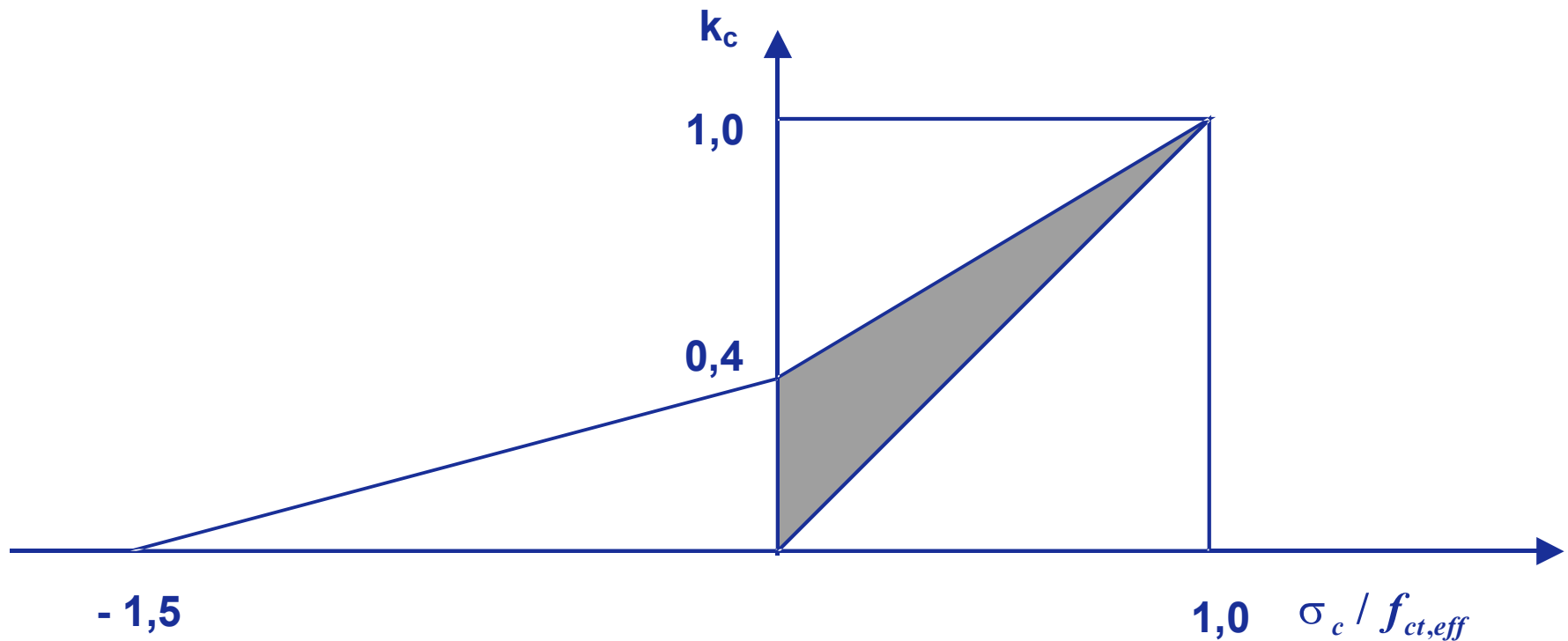
σ_s : zulässige Stahlspannung in Abhängigkeit von Stabdurchmesser und Rissbreite

Zwangbeanspruchung – Modell zur Ermittlung von k_c



bis $h = 1$ m: $h/3$ maßgebend
 $h > 1$ m: 0,3 m maßgebend

Zwangbeanspruchung – Beiwert k_c ($h \leq 1\text{m}$)



Zwangbeanspruchung

- **Modifizierung des Stabdurchmessers**

$$d_s = d_{s,Tabelle} \cdot \frac{k_c \cdot k \cdot h_t}{4 \cdot (d - h)} \cdot \frac{f_{ct,eff}}{f_{ct,o}} \geq d_{s,Tabelle} \cdot \frac{f_{ct,eff}}{f_{ct,o}}$$

- **Modifizierung der Stahlspannung**

$$\sigma_s = \sigma_{s,Tabelle} \cdot \sqrt{\frac{d_{s,Tabelle}}{d_s}}$$

- **Modifizierung für andere Rissbreite**

$$\sigma_s = \sigma_{s,Tabelle} \cdot \sqrt{\frac{w_k}{w_{k,Tabelle}}}$$