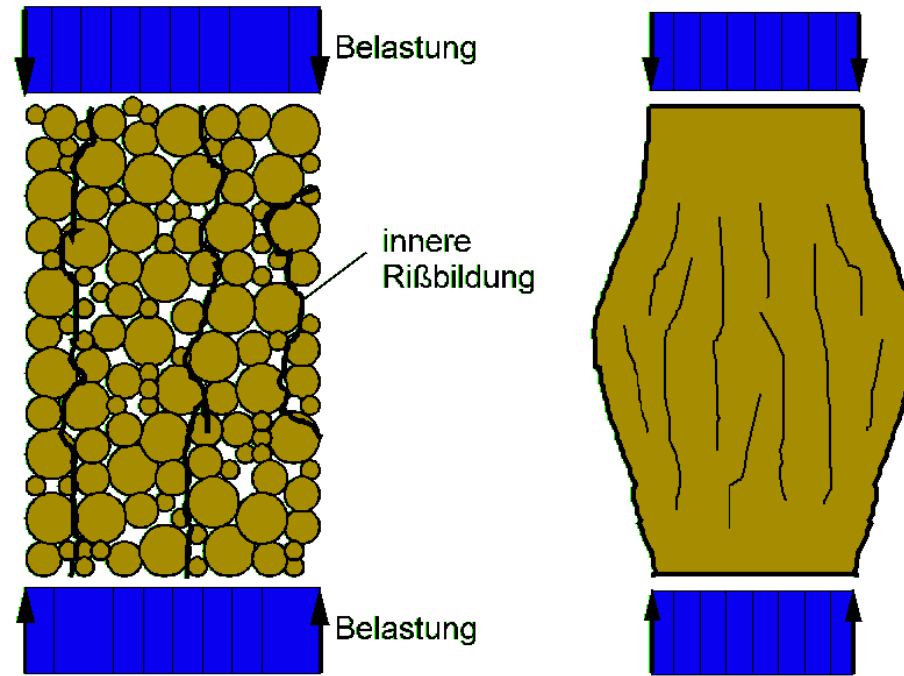
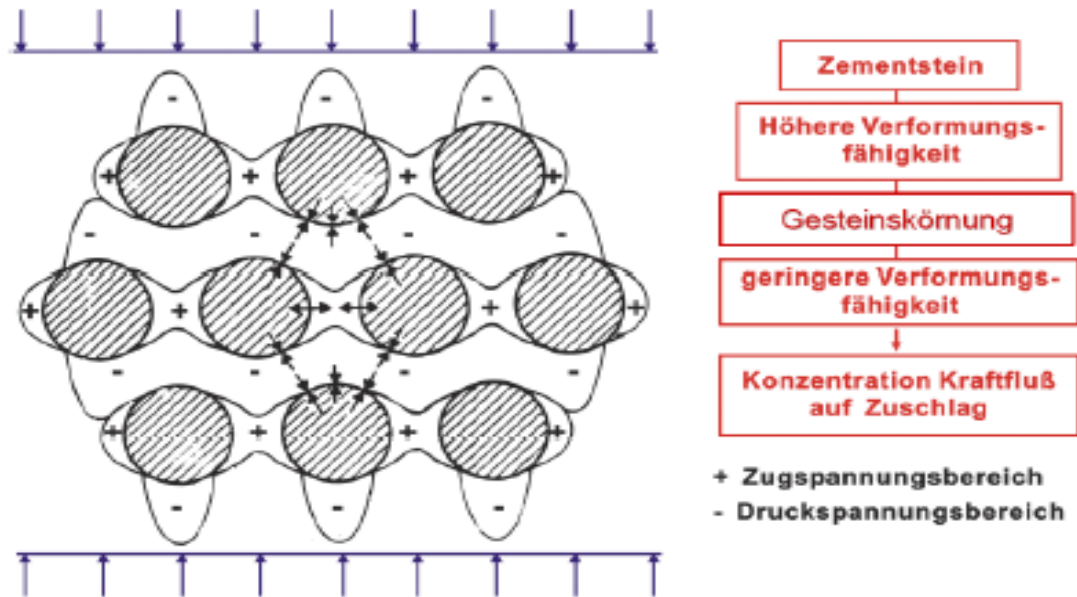
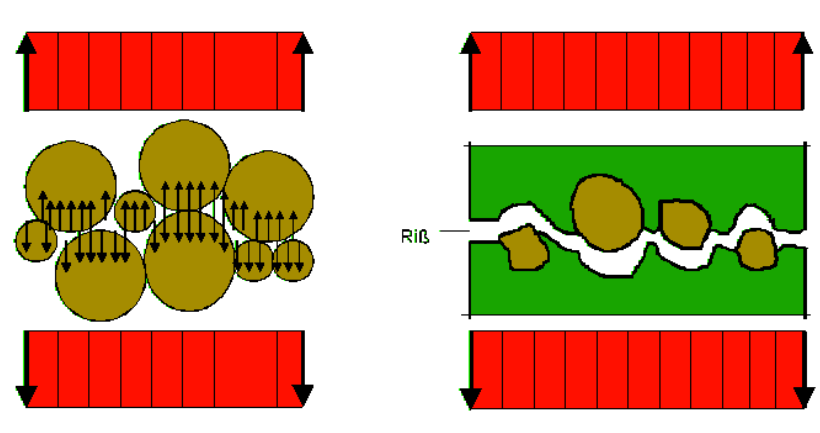


Kraftübertragung im Korngefüge; Korn zu Korn Druck



Verformung bei nachgiebiger Hülle





Rissbildung entlang der Kornflächen

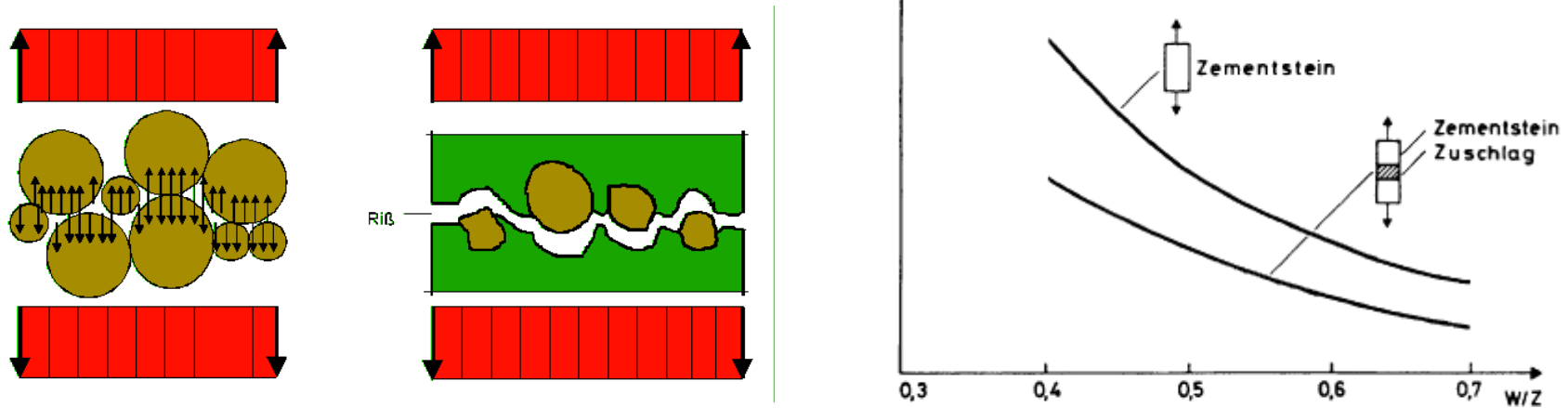
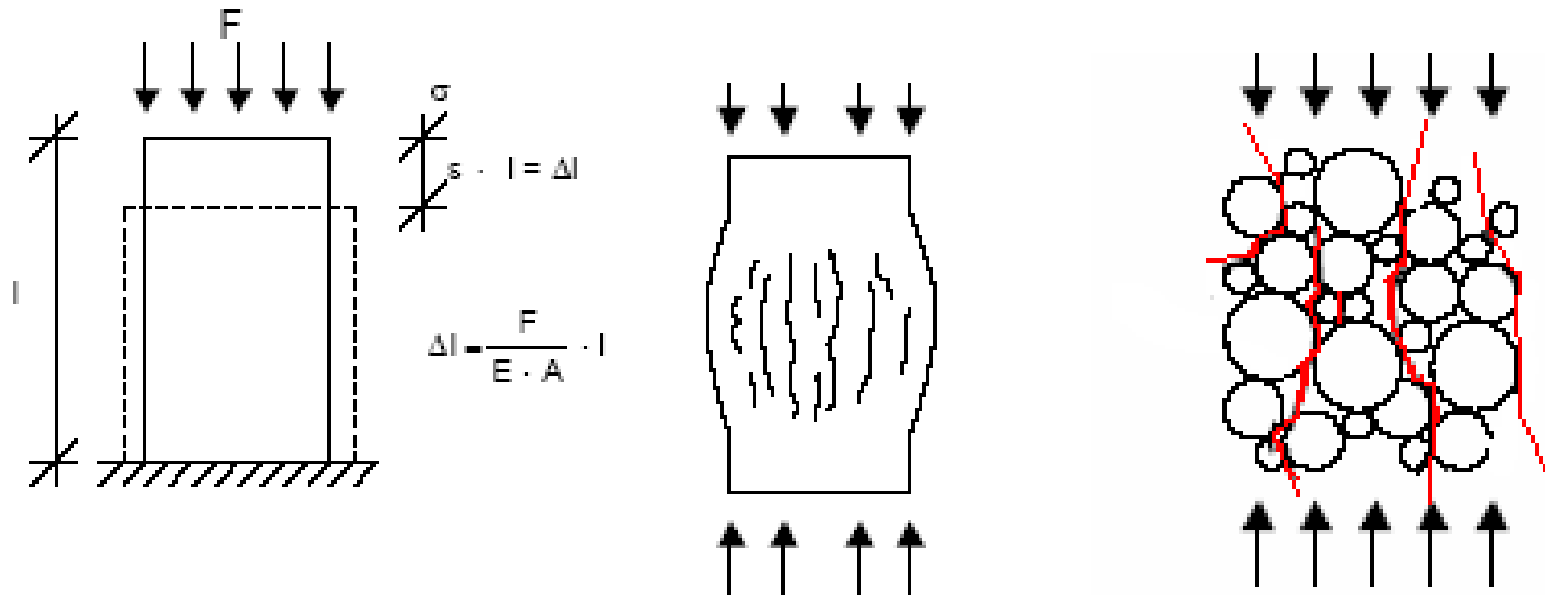
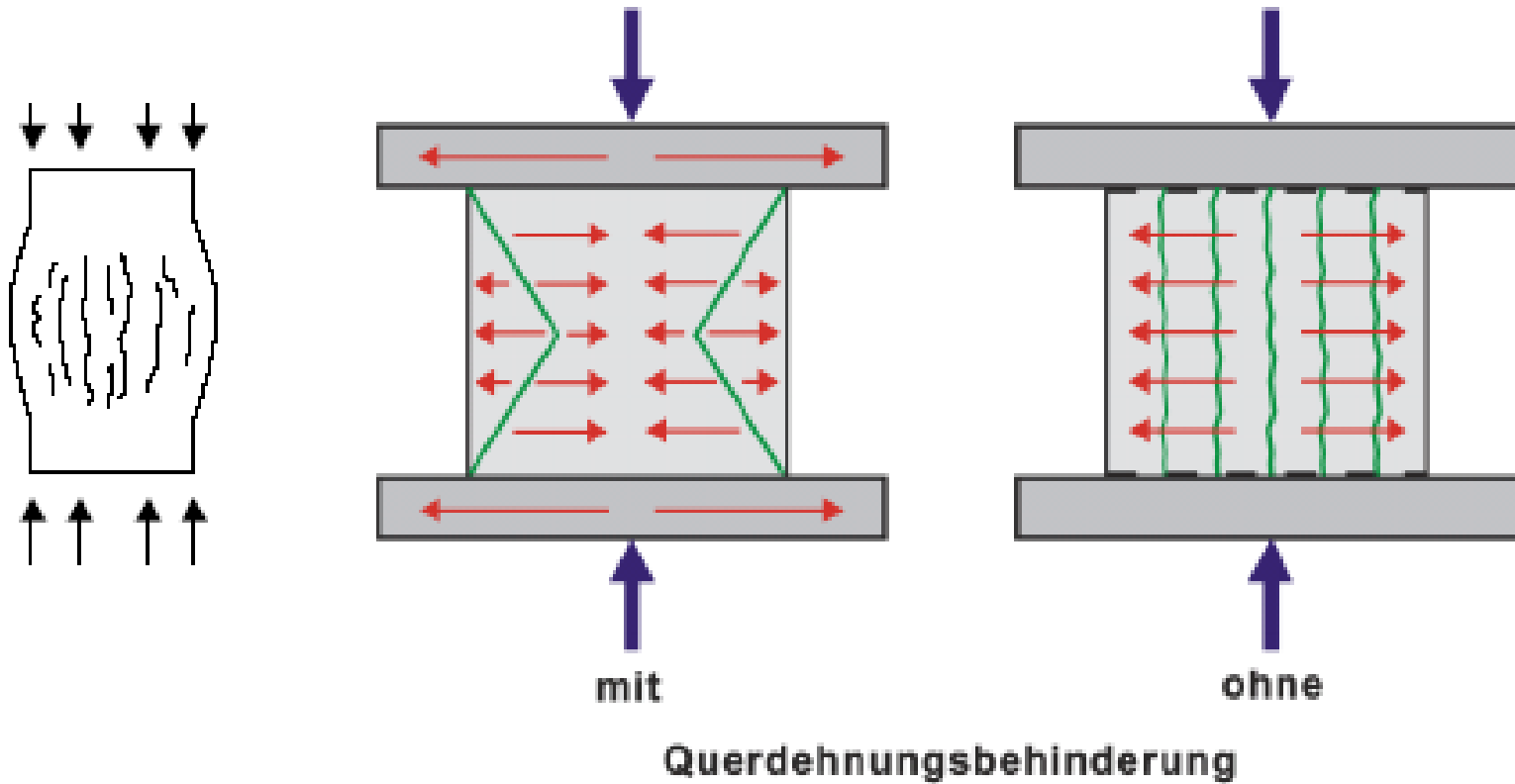


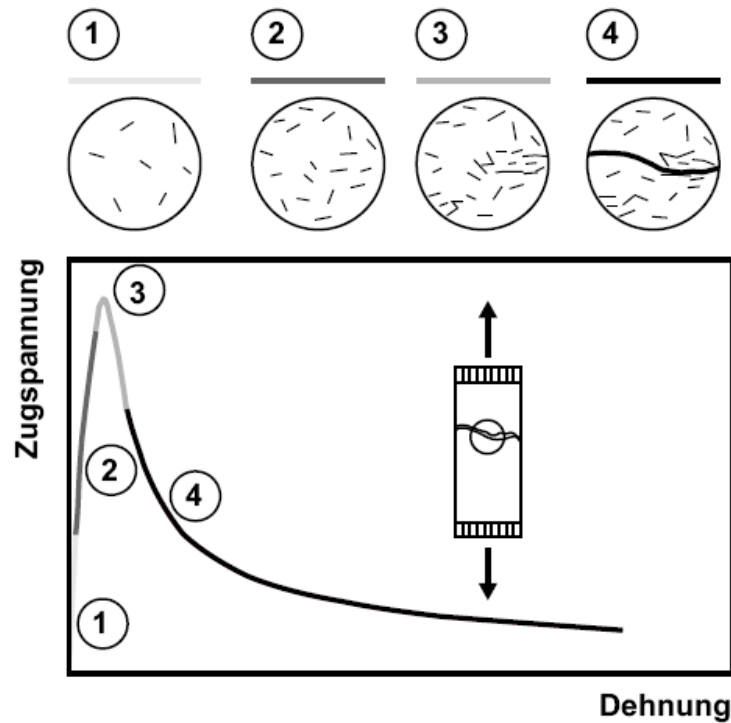
Bild 3.10: Vergleich Festigkeit Zementstein —
Haftfestigkeit Zementstein – Zuschlag
[3.1]

Rissbildung entlang der Kornflächen

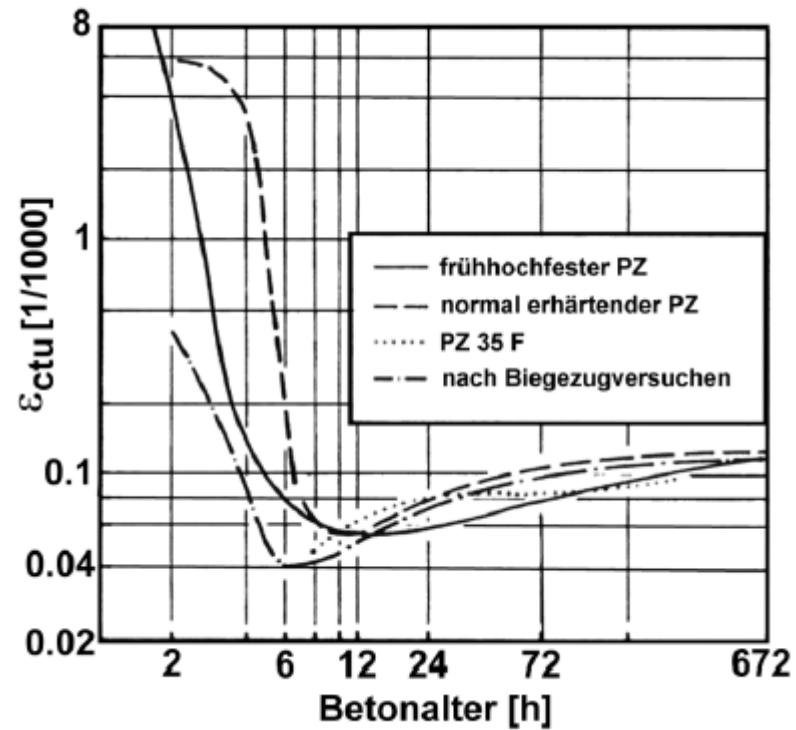


Querdehnung und Rissbildung

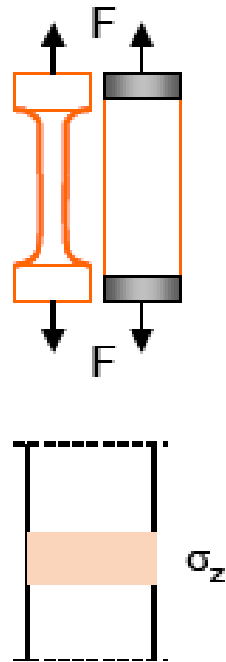




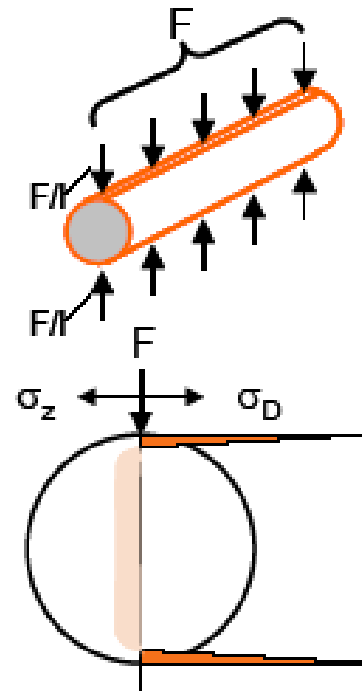
1. Mikrorisse aus Schwindeigenspannungen
2. Mikrorisse aus Zugspannungen
3. Mikrorissakkumulation
4. Übergang zur Makrorissbildung



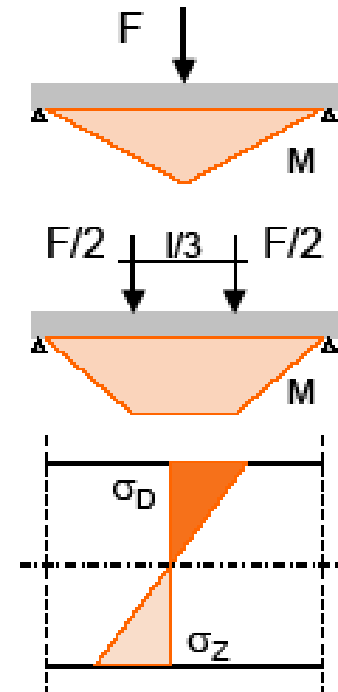
Bruchdehnung im Beton ca. 0.10 ‰



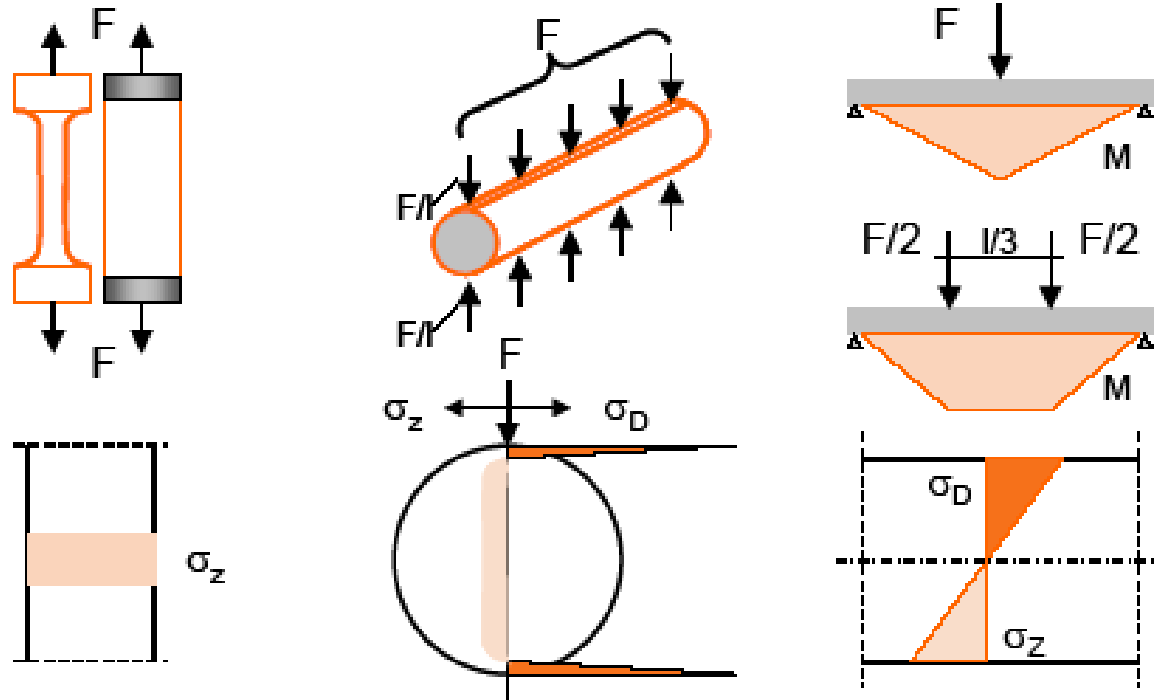
Zentr. Zug



Spaltzug



Biegezug



$$f_{ctm} \approx \frac{1}{10} f_{ck}$$



$$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$$

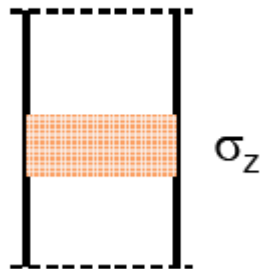
$$f_{ctk,0.05} = 0.7 \cdot f_{ctm}$$

$$f_{ctk,0.95} = 1.3 \cdot f_{ctm}$$

mit: f_{cm} : Mittelwert der Betonzugfestigkeit
 $f_{ck,0.05}$: 5 %-Fraktilewert der Betonzugfestigkeit
 $f_{ck,0.95}$: 95 %-Fraktilewert der Betonzugfestigkeit

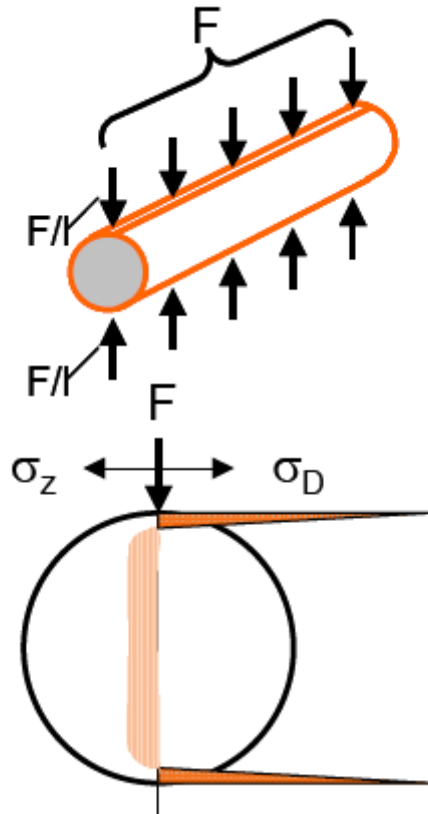
Beton	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
f_{ctm}	1.60	1.90	2.20	2.60	2.90	3.20	3.50	3.80	4.10

Tabelle 2-3: Mittelwert der Betonzugfestigkeit



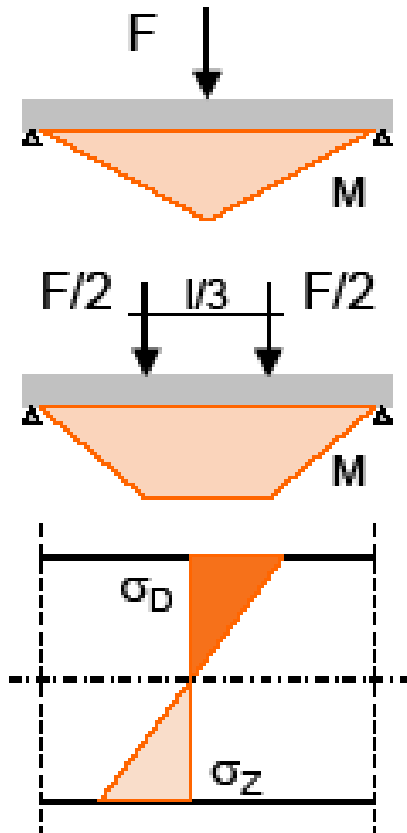
Zugfestigkeit nach SIA 262

$$f_{ct} = 0.23 \cdot \sqrt[3]{f_{cwm}^2}$$



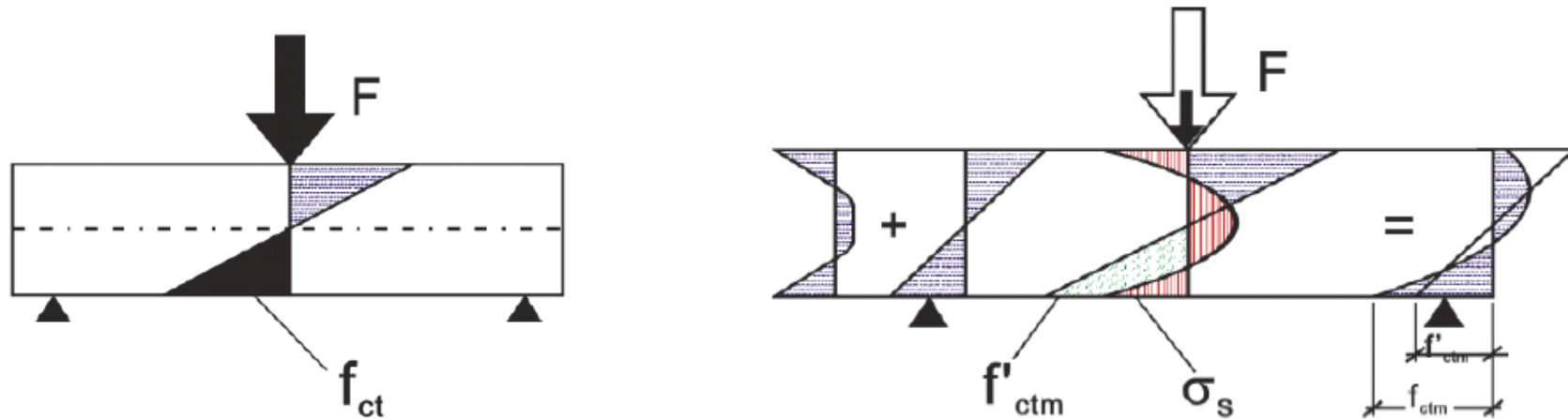
$$f_{cts} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d \cdot L} = 0.28 \cdot \sqrt[3]{f_{cwm}^2}$$

$$f_{ct} = 0.90 \cdot f_{cts}$$



$$f_{ctb} = \frac{M}{W} = 0.46 \cdot \sqrt[3]{f_{cwm}^2}$$

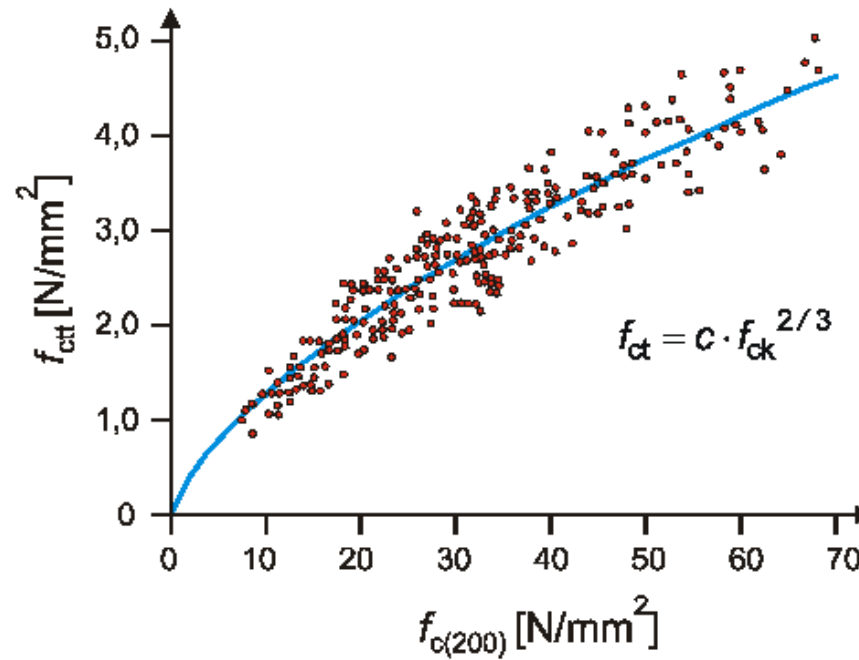
$$f_{ct} = ? f_{ctb}$$

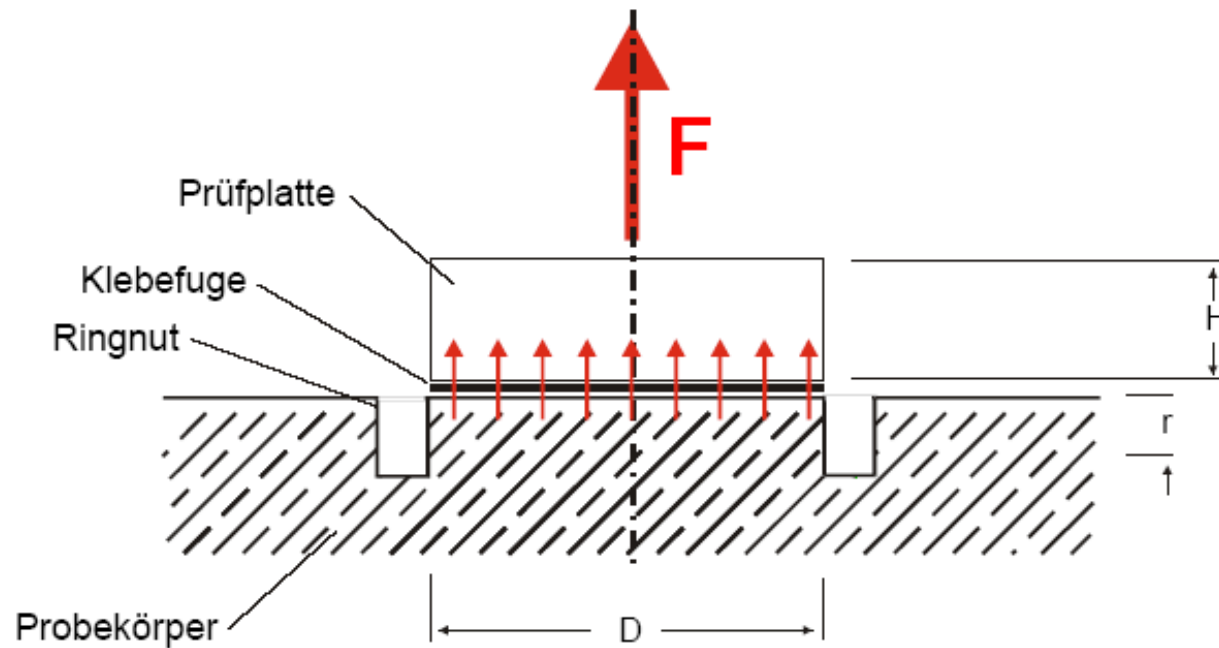


Die Balken werden bis zur Prüfung unter Wasser gelagert, um ein Festigkeitsgefälle aus Austrocknung zu verhindern.

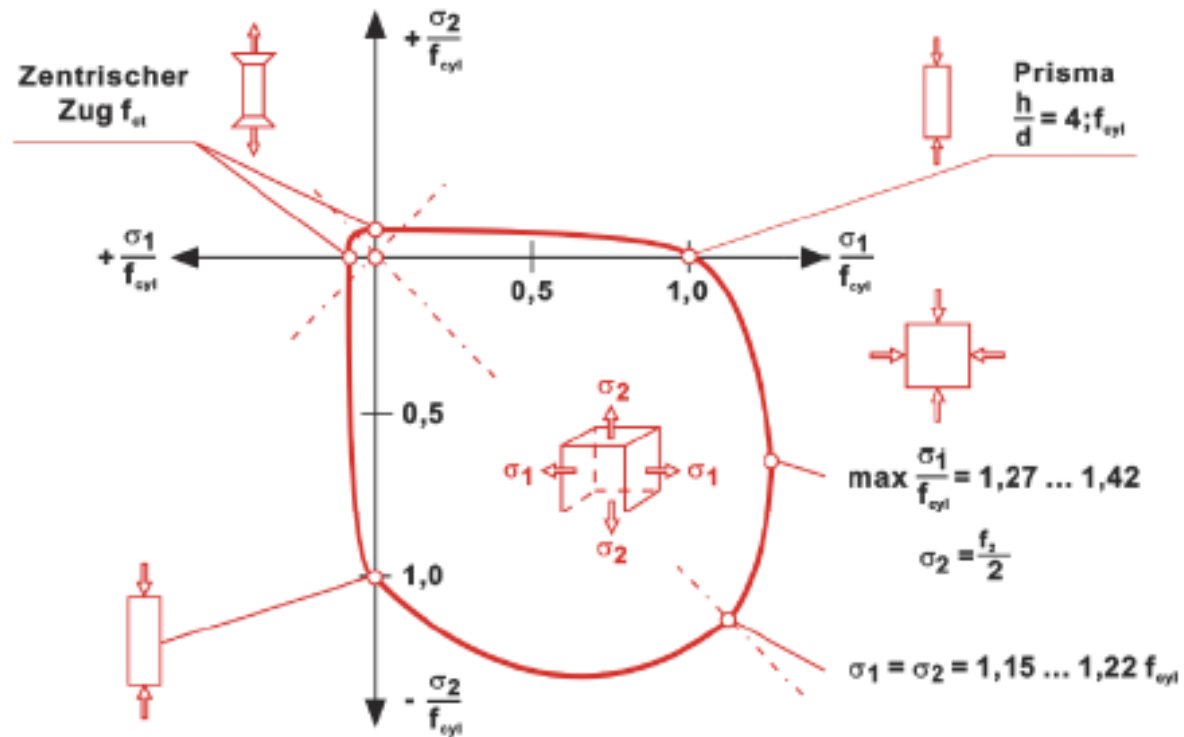
Die Versuchswerte entsprechen nicht der Bauwerksfestigkeit, diese kann infolge Schwindspannungen um 20 % bis 50 % tiefer liegen

Zusammenhang Zugfestigkeit - Druckfestigkeit



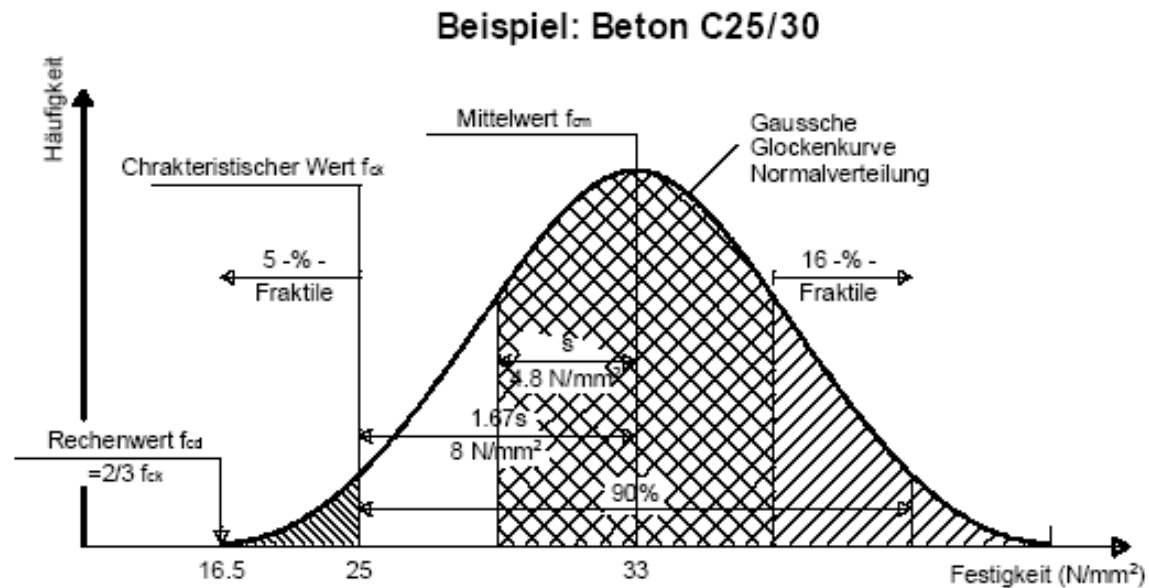


Die Haftfestigkeit bezeichnet die höchste erreichbare Haftspannung zwischen zwei Stoffen (Anstrich, Beschichtung, Verstärkung

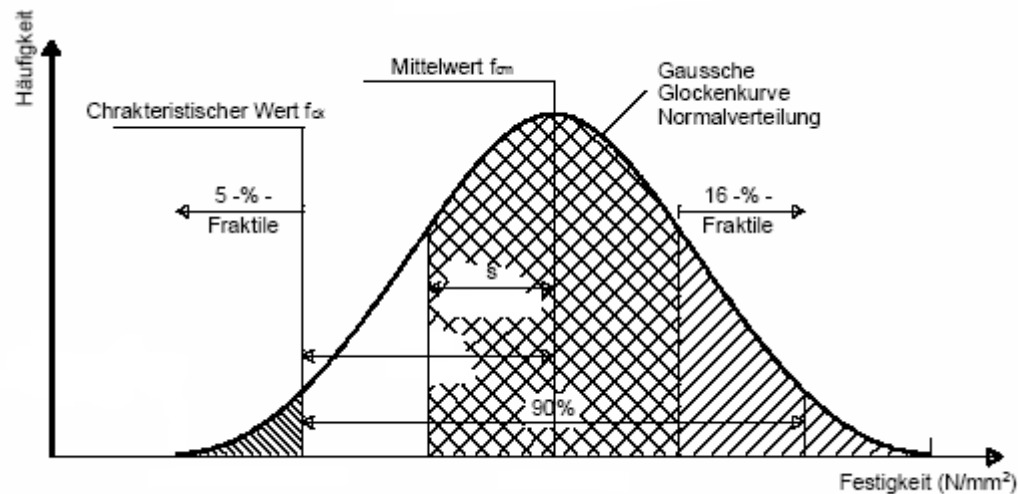


Zweiachsiger Spannungszustand

Streuung der Druckfestigkeit



Streuung der Zugfestigkeit



$$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3}$$

$$f_{ctk,0.05} = 0.7 \cdot f_{ctm}$$

$$f_{ctk,0.95} = 1.3 \cdot f_{ctm}$$

mit:

f_{ctm} :

Mittelwert der Betonzugfestigkeit

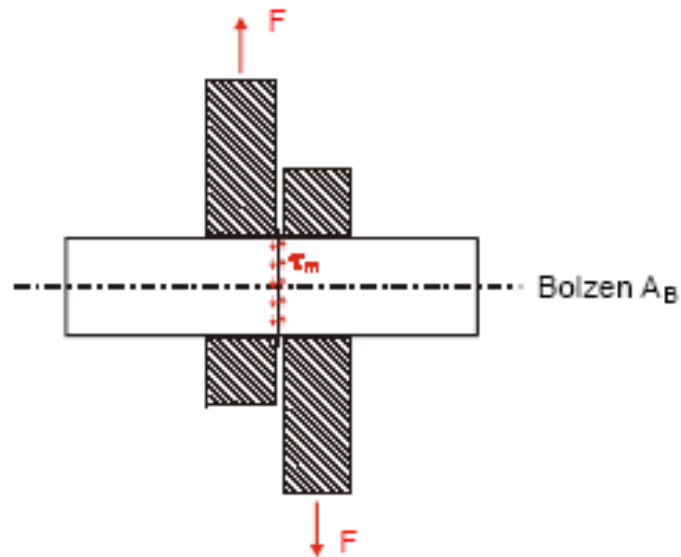
$f_{ctk,0.05}$:

5 %-Fraktilewert der Betonzugfestigkeit

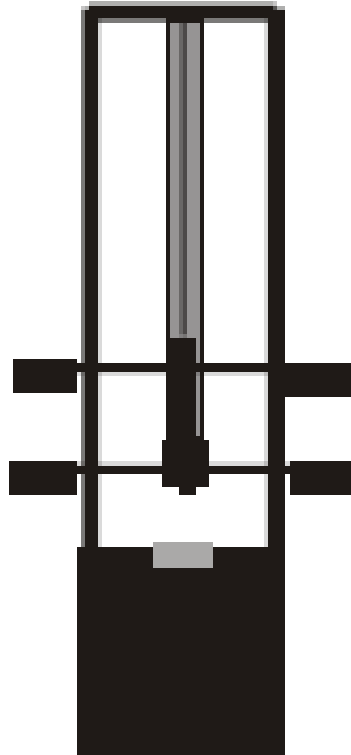
$f_{ctk,0.95}$:

95 %-Fraktilewert der Betonzugfestigkeit

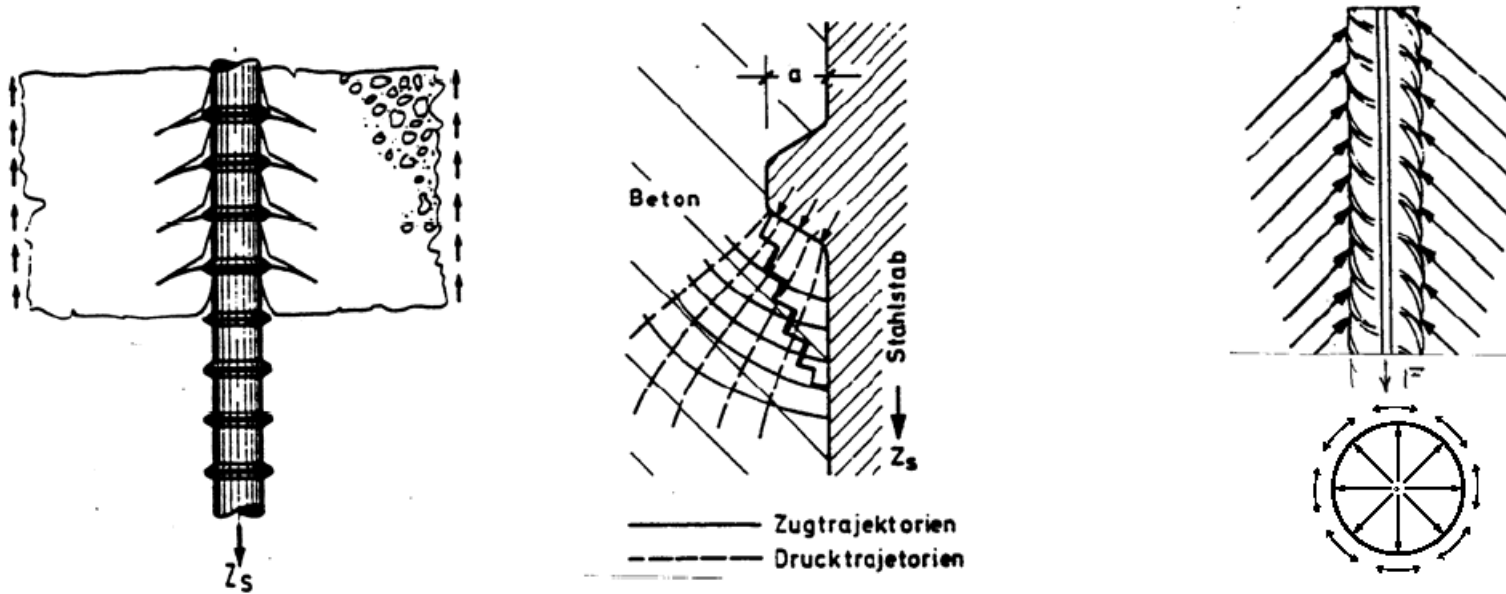
Schub- und Scherfestigkeit



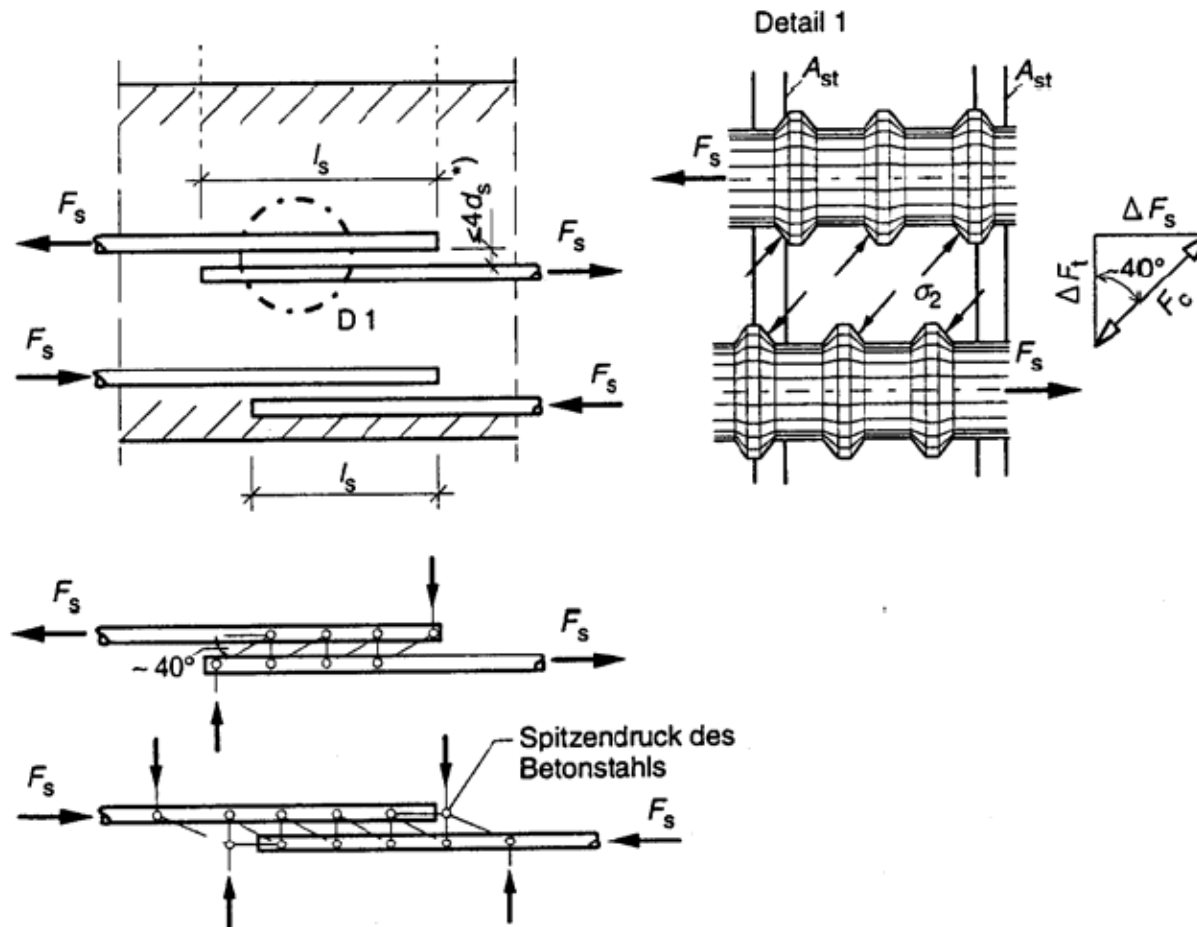
Das Versagen in einer bestimmten Ebene durch die in dieser Ebene wirkende Kräfte, wie es z.B. bei Schrauben vorkommt



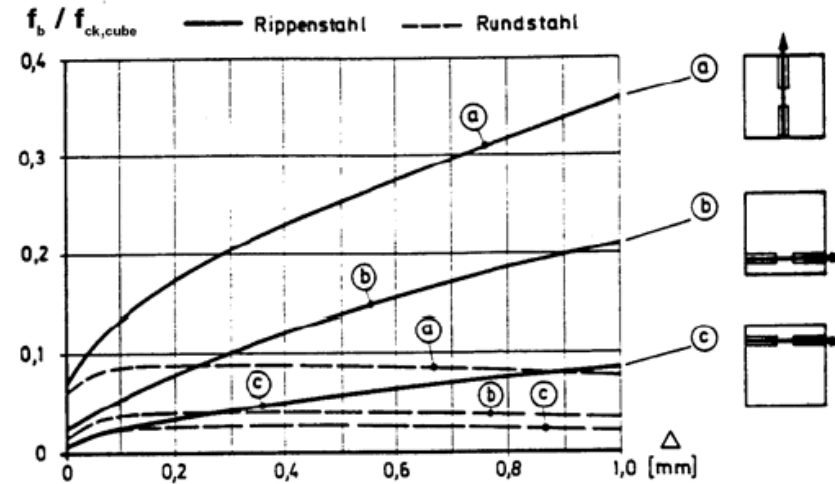
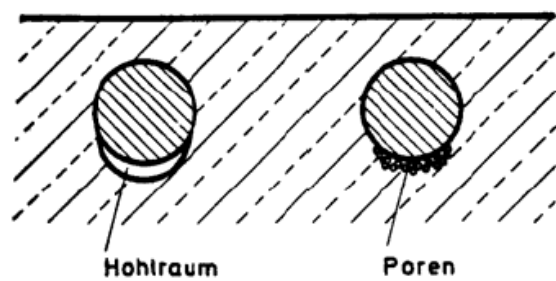
Mit der Schlagfestigkeit wird der Zertrümmerungsgrad körniger Stoffe bei festgelegter Schlagarbeit beschrieben.



Verbund zwischen Beton und Baustahl



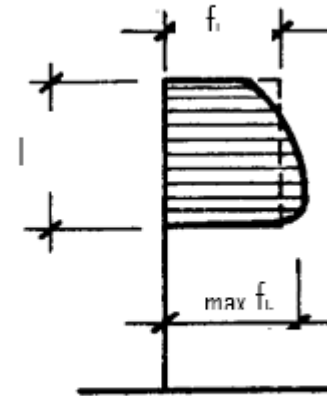
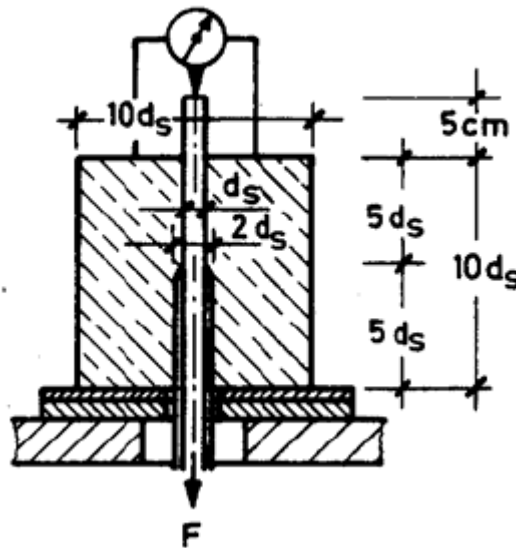
Kraftübertragung im Stossbereich



Verbundlage

Achtung auf Betonsetzungen bei Platten über 25 cm

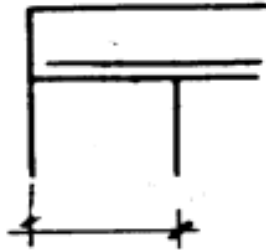
Verbundfestigkeit und Verankerungslänge



$$F_{sd} = A_s \cdot f_{sd} = \frac{\pi \cdot \phi^2 \cdot f_{sd}}{4} = \pi \cdot \phi \cdot l_{bd} \cdot f_{bd}$$

\Rightarrow

$$l_{bd} = \frac{\phi \cdot f_{sd}}{4 \cdot f_{bd}}$$



Beton C 25 / 30 \Rightarrow $f_{bd} = 2.4 \text{ N/mm}^2$



Beispiel Verankerungslänge nach SIA 262

Lastunabhängige Formänderungen

- Temperatur
- Schwinden



$$\varepsilon = \Delta l / l_0$$

Lastunabhängige Formänderungen

- Temperatur
- Schwinden



A horizontal bar is shown. The left portion is grey and labeled 'Länge l₀'. The right portion is red and labeled 'Δl'.

$$\varepsilon = \Delta l / l_0$$

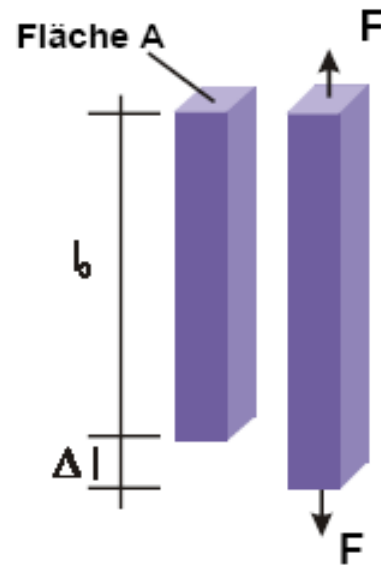
Beispiel:

Stahlträger 12 m lang erwärmt sich um 30 °C

$$\Delta L = \varepsilon \cdot L \quad \text{mit} \quad \varepsilon = \alpha_T \cdot \Delta T$$

für Stahl gilt $\alpha_T = 10^{-5} / K$

Lastabhängige Formänderungen



$$\sigma = F/A$$
$$\varepsilon = \Delta l / l_0$$

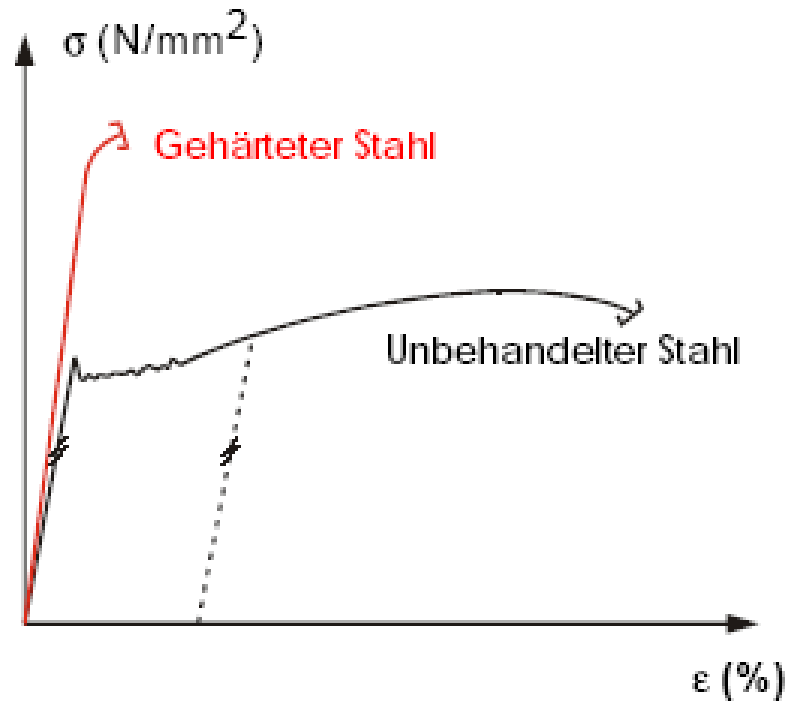
Beispiel:

Bewehrungsseisen \varnothing 12 mm wird mit 35 kN gespannt.

$$\Delta L = \varepsilon \cdot L \quad \text{mit} \quad \varepsilon = \sigma / E$$

für Bewehrungsstahl gilt $E = 205 \text{ kN/mm}^2$

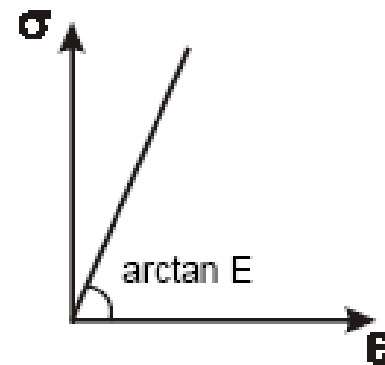
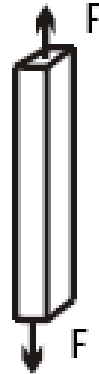
Spannungs-Dehnungsdiagramm Baustahl



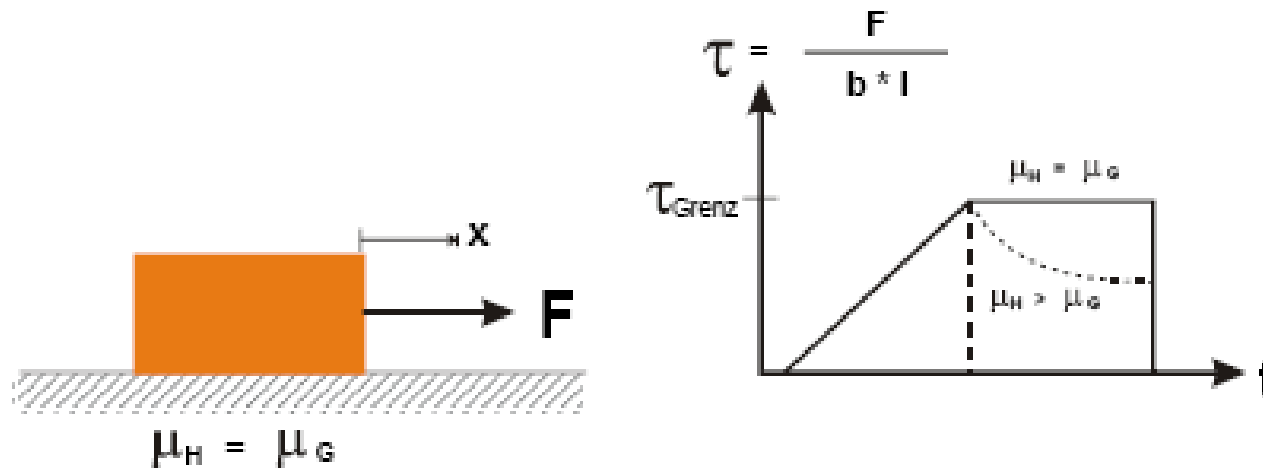
Elastisches Verhalten

$$E = \sigma / \varepsilon$$

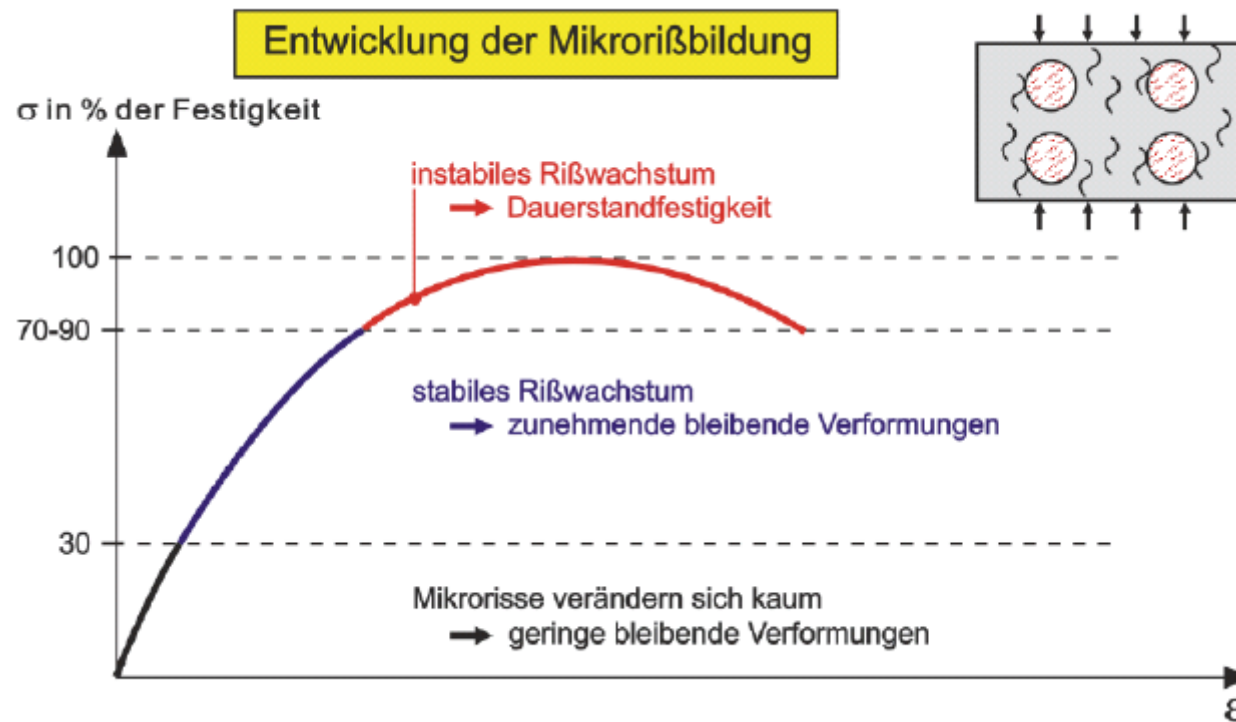
Hooke'sche
Feder



Plastisches Verhalten

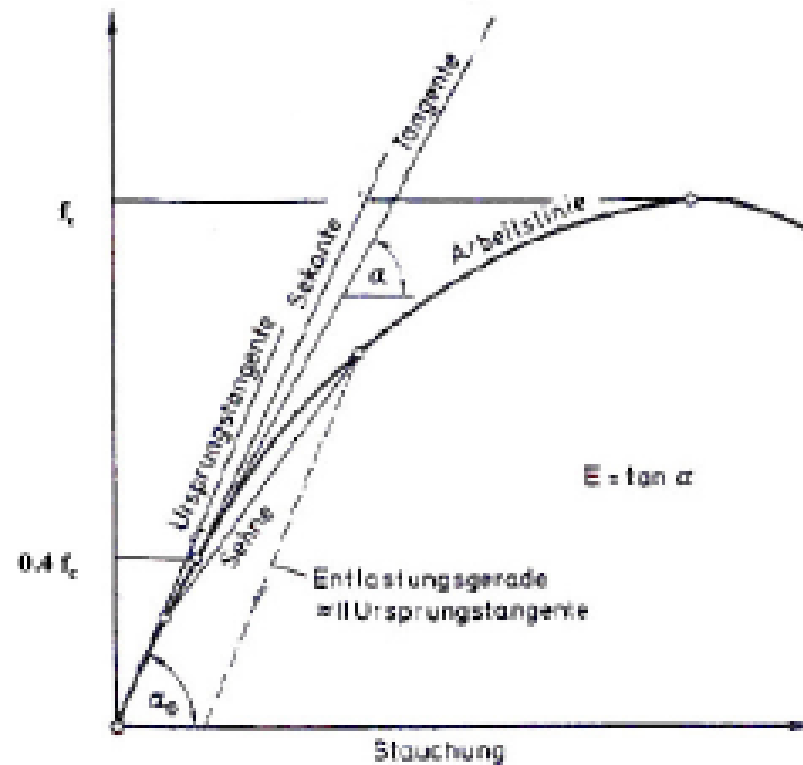


E-Modul Beton



E-Modul Beton

- E_S Sekantenmodul
- E_T Tangentenmodul
- E_{sm} Sekantenmodul für den Bereich $\sigma_c = 0$ bis $\sigma_c = 0.4 f_{ct}$
- E_C E-Modul des Betons im Ursprung
 $E_C = 1.1 E_{sm}$



13: E-Modul von Beton

E-Modul Beton

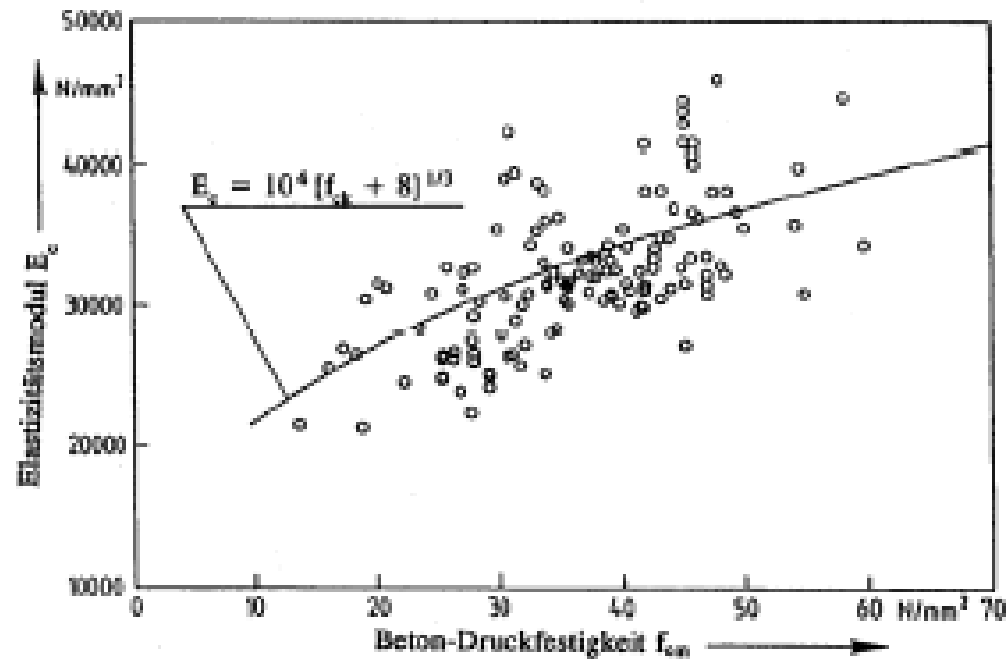
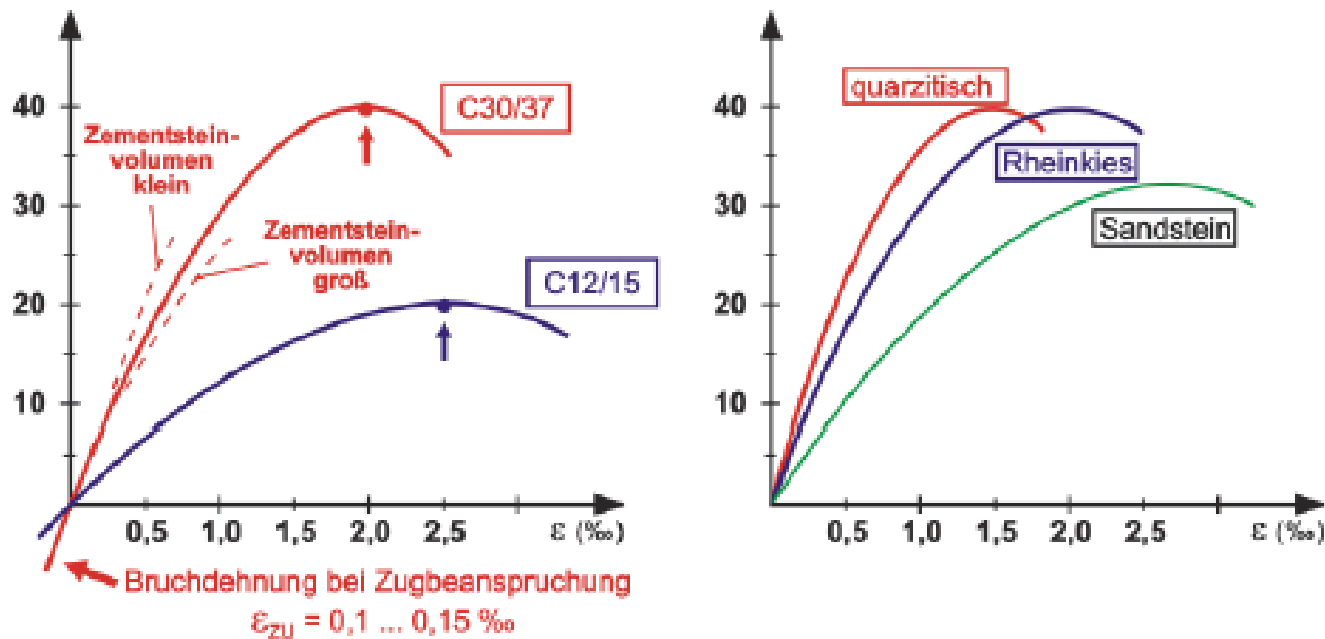
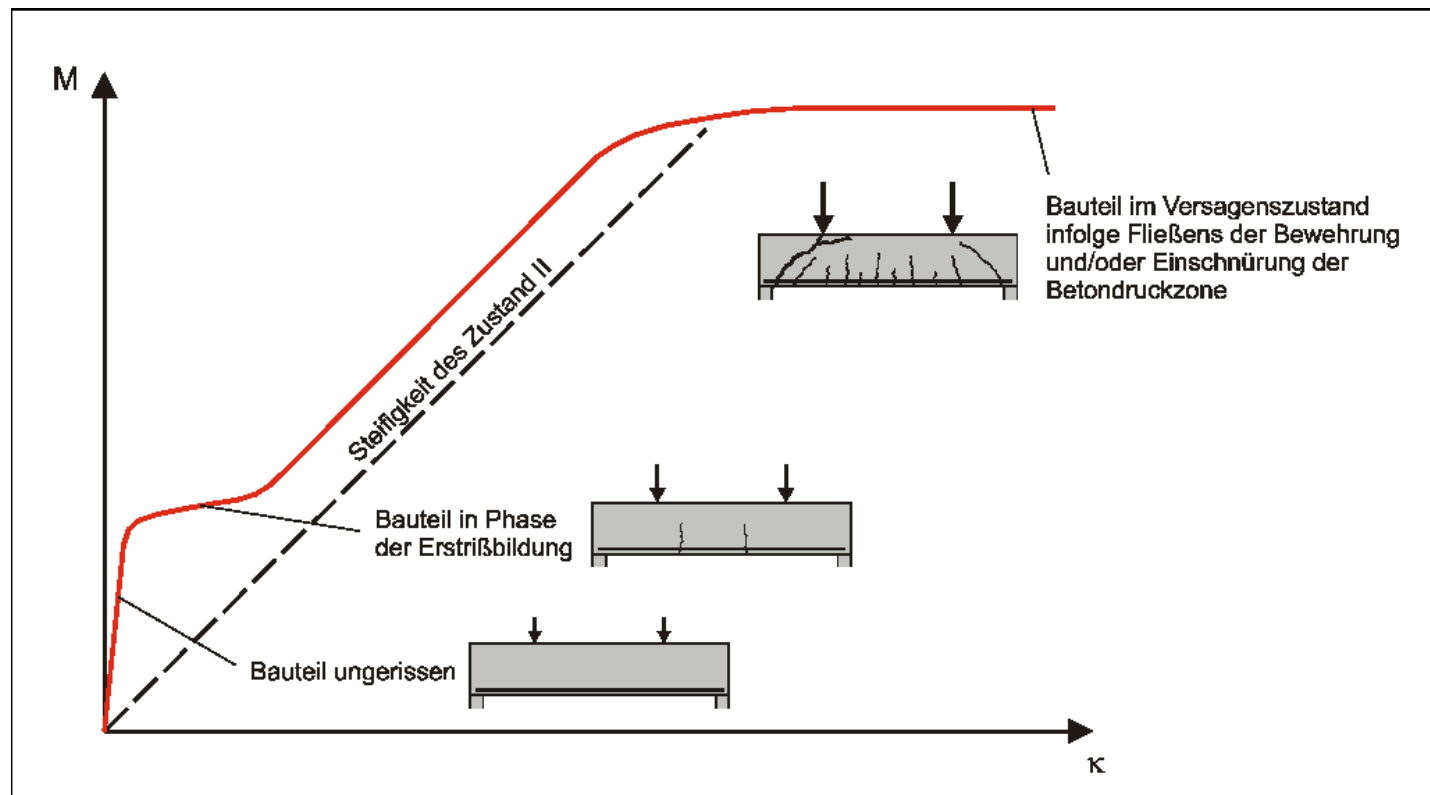


Bild 2-12: Näherung und Versuchsergebnisse, nach (2)

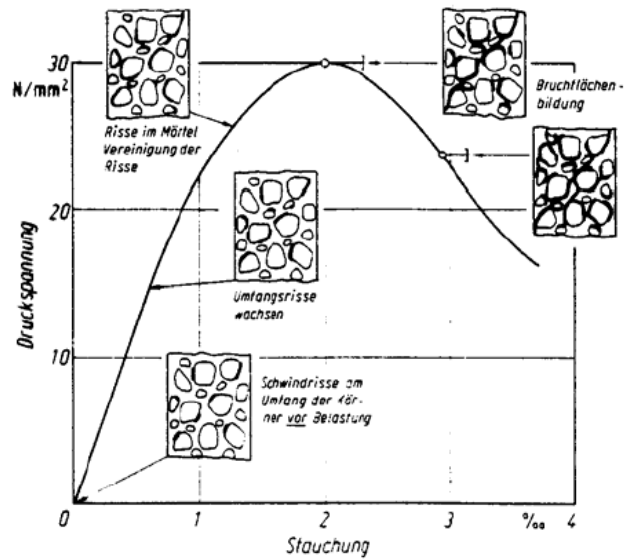
E-Modul Beton Festigkeit und Körnung



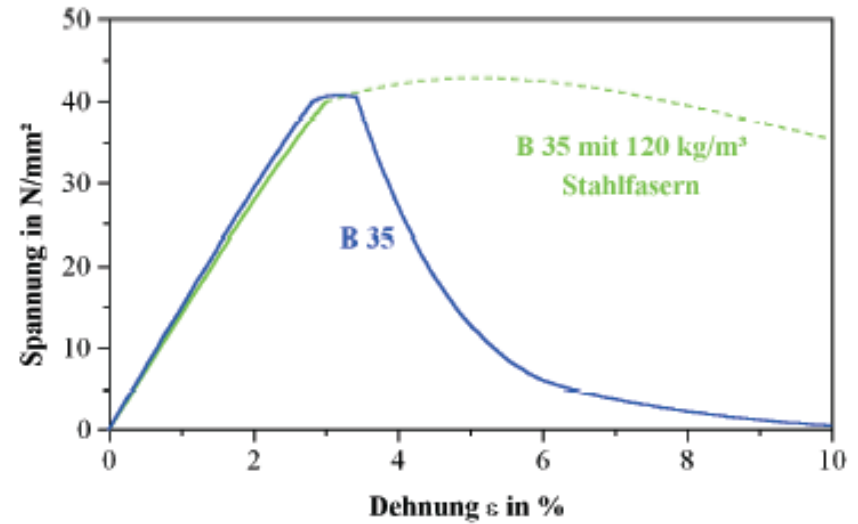
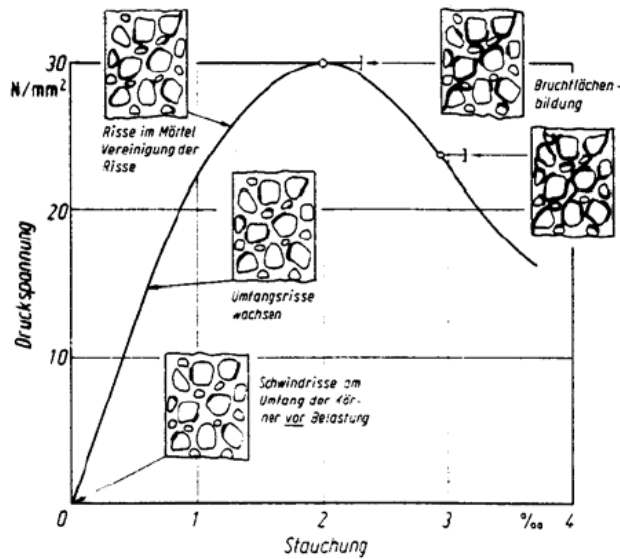
Spannungs-Dehnungsdiagramm Stahlbeton



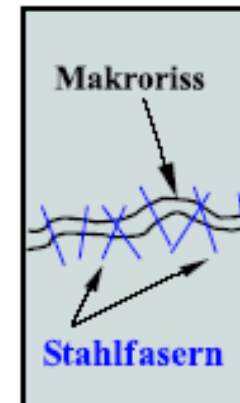
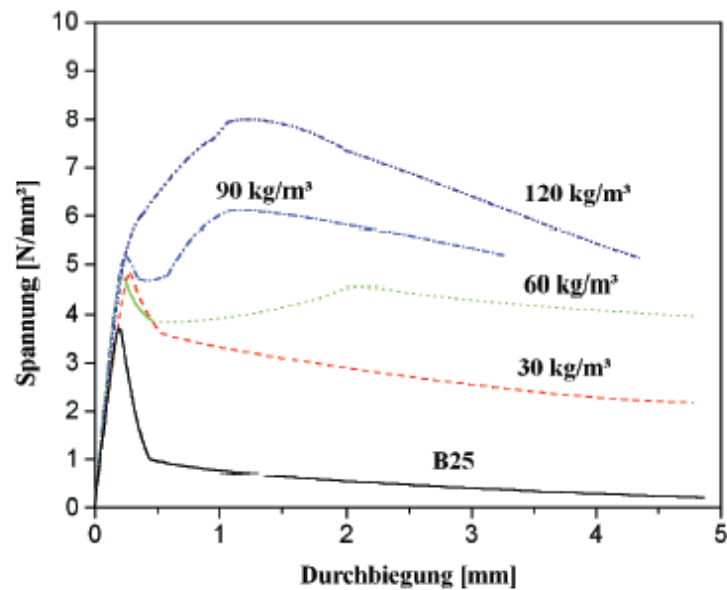
Beton



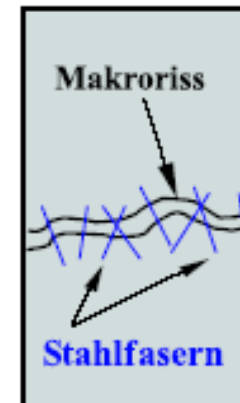
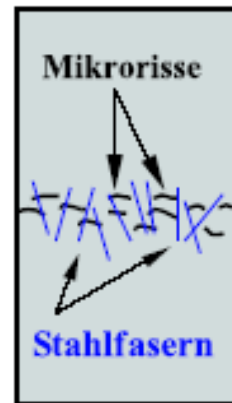
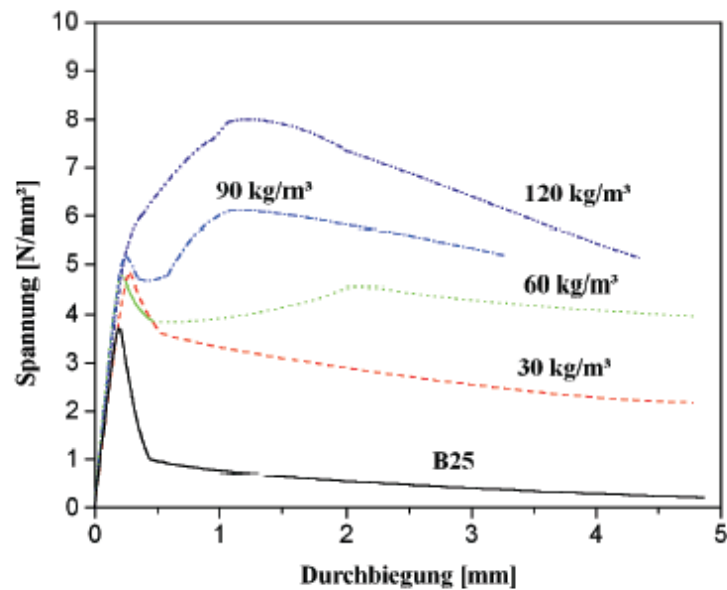
Beton und Faserbeton



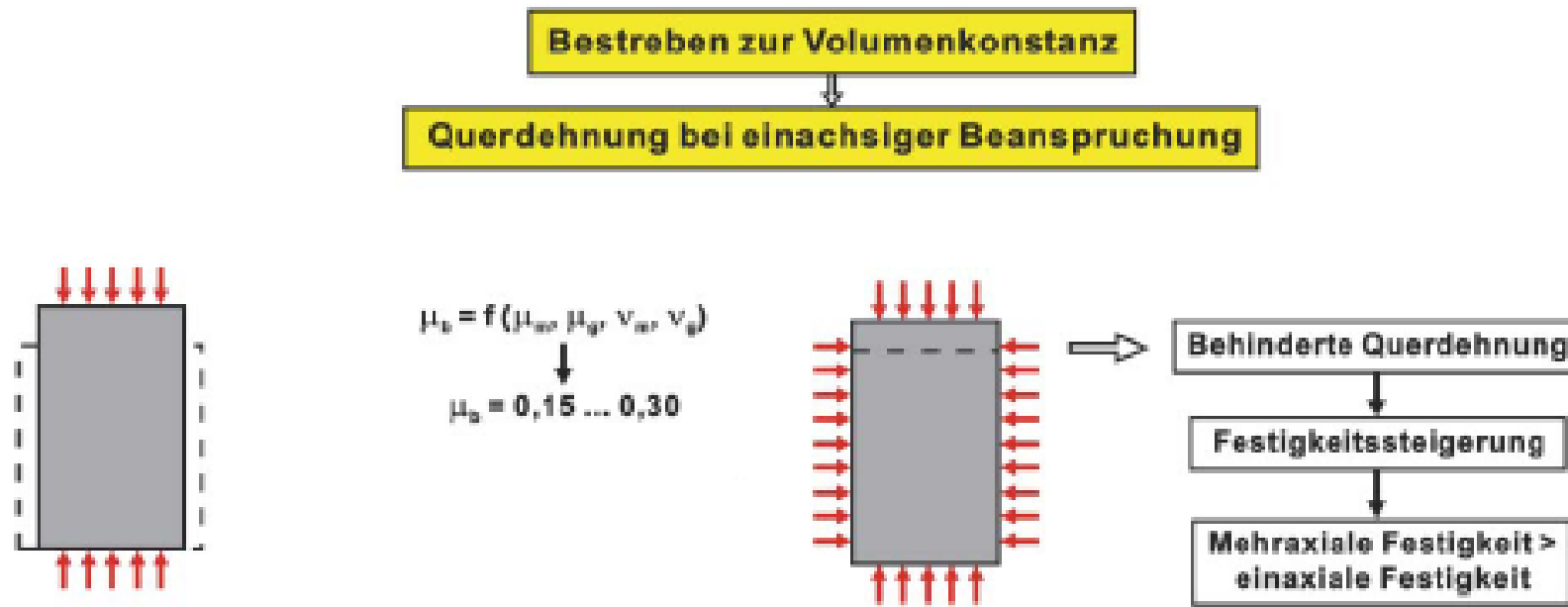
Faserbeton



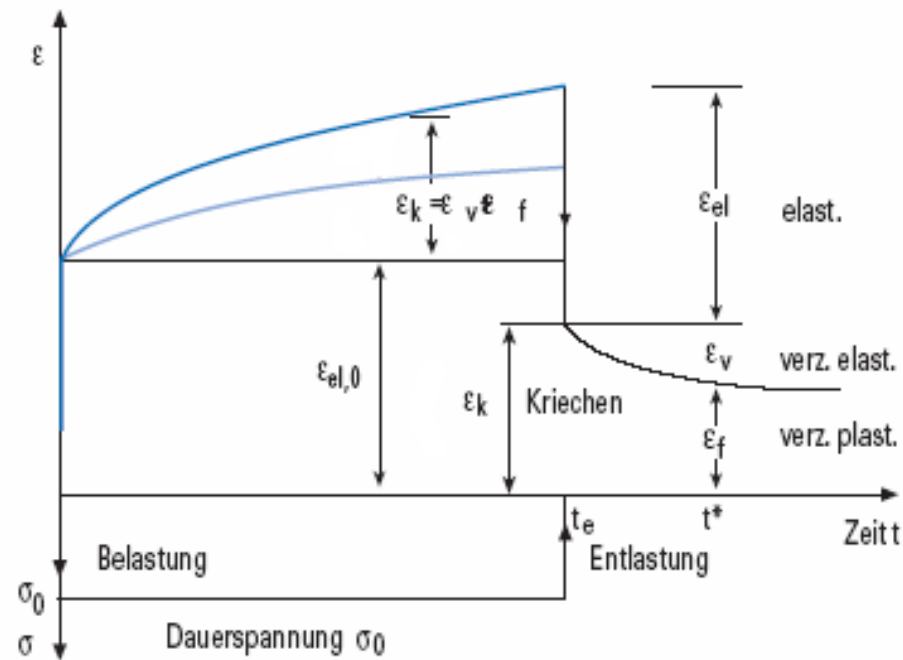
Faserbeton



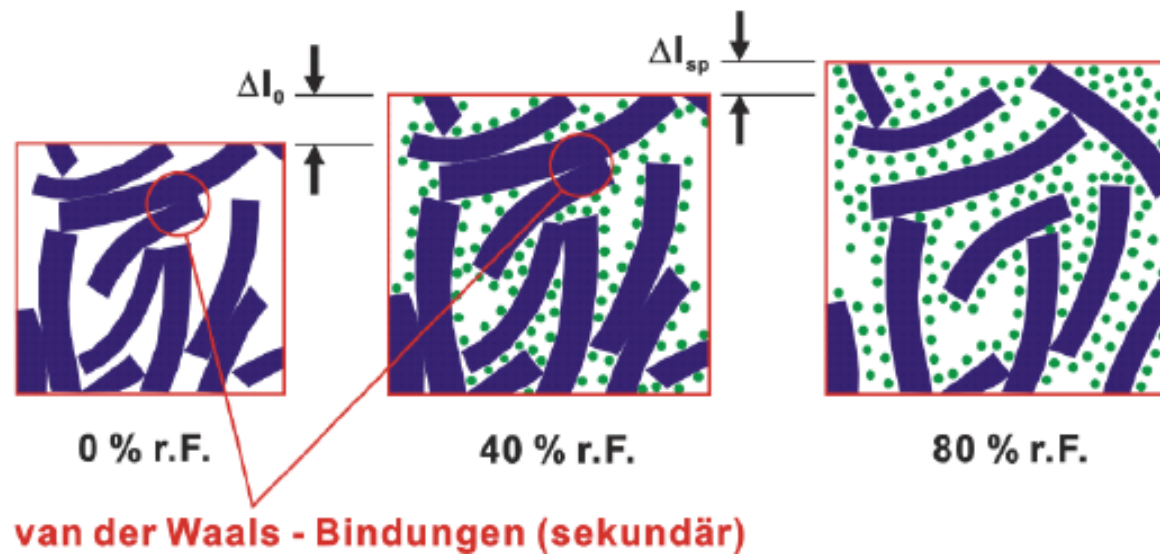
Querdehnung



Kriechen

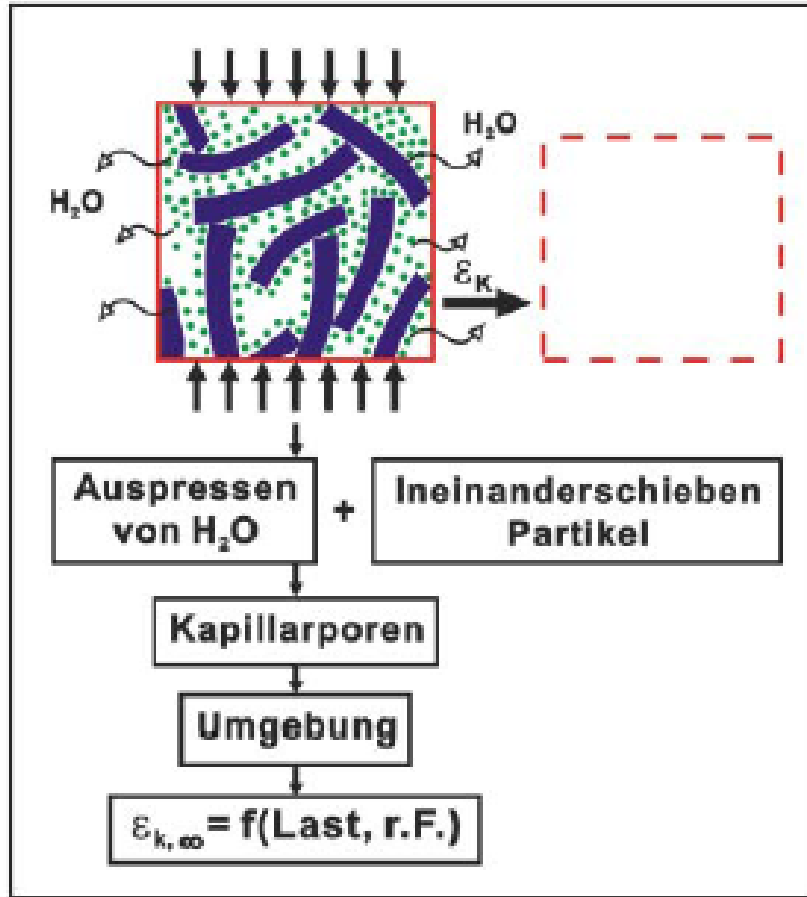


Kriechen Ursache

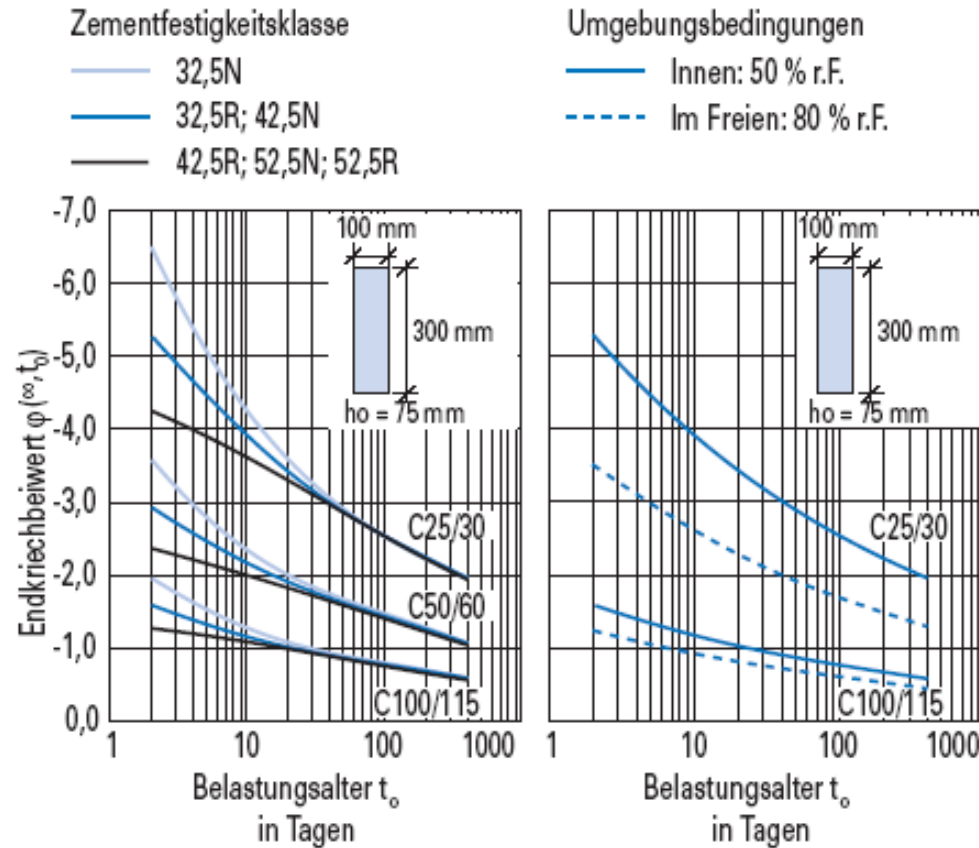


Wird durch die Luftfeuchtigkeit auf die Oberfläche der Gelpartikel Wasser adsorbiert, dehnen sich die Gelpartikel aus.

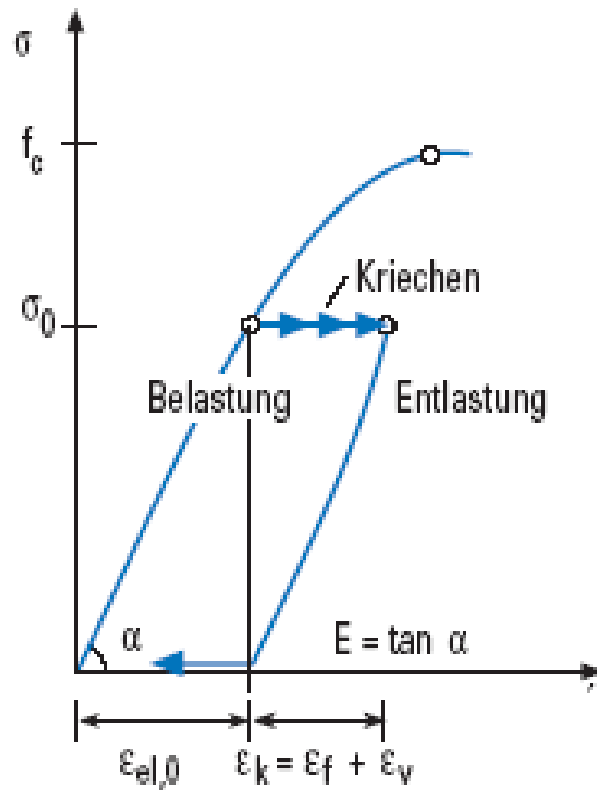
Kriechen Ursache



Kriechzahl



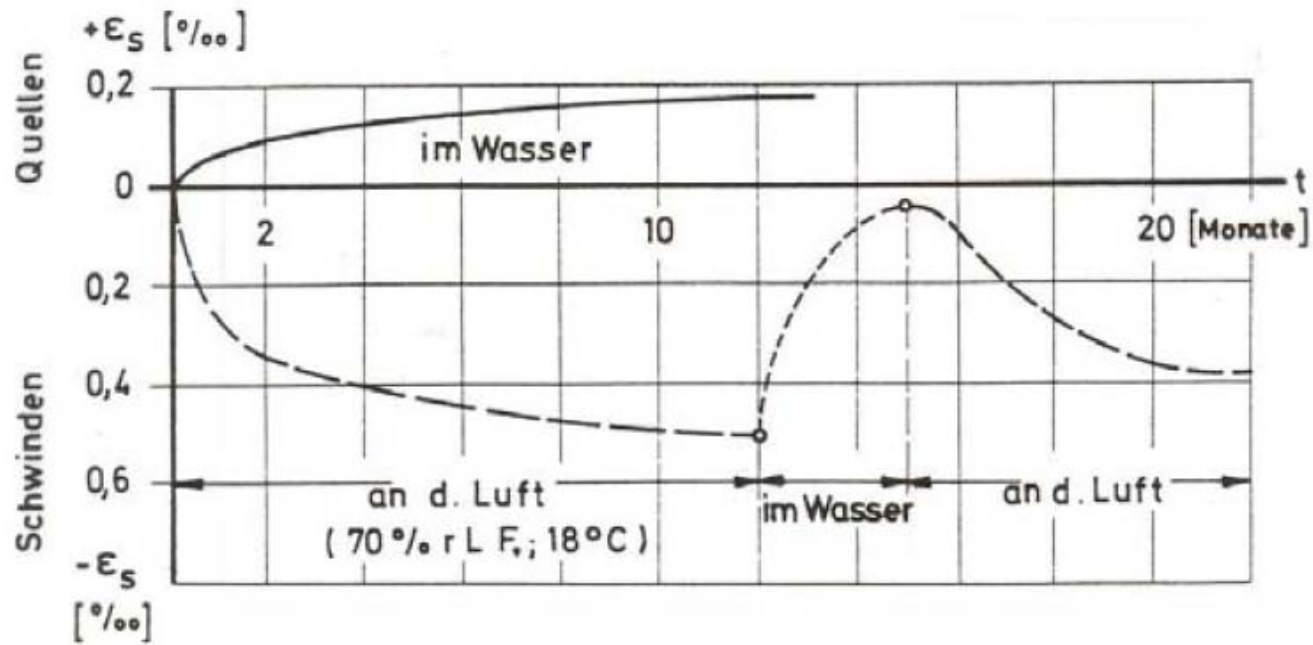
Kriechen Wirkung

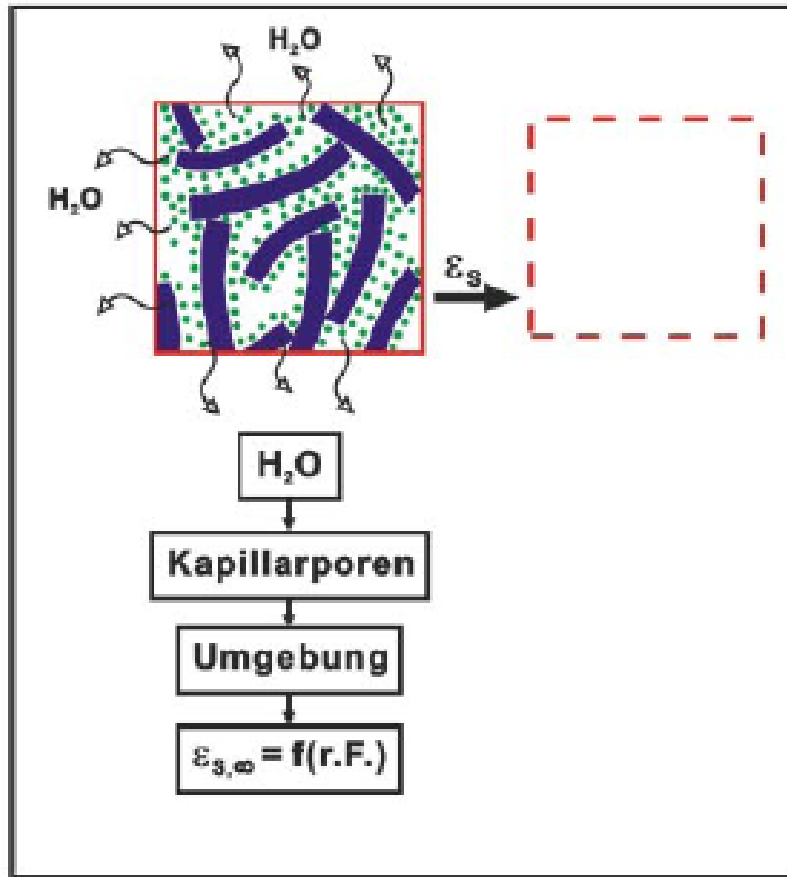


Beispiel:

- Stütze
- Decke

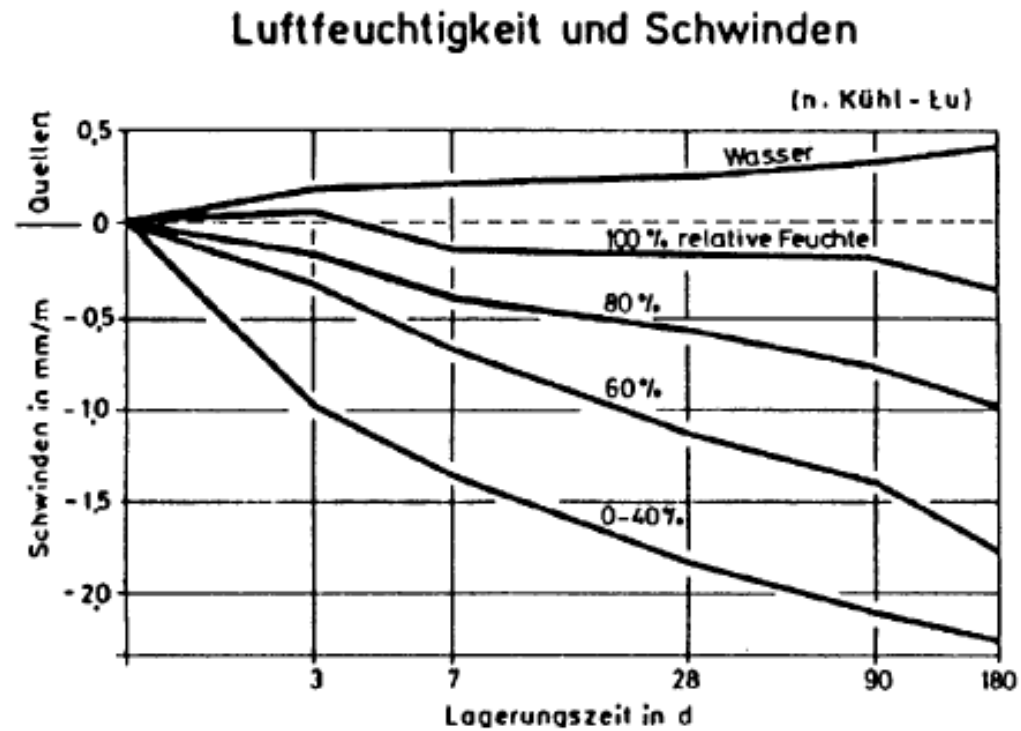
Schwinden



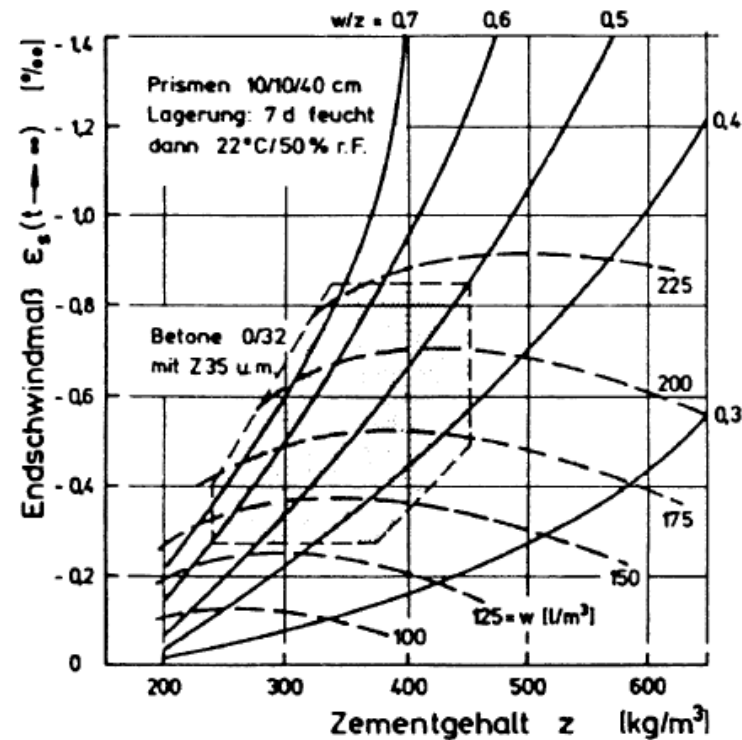


Schwinden, Ursache

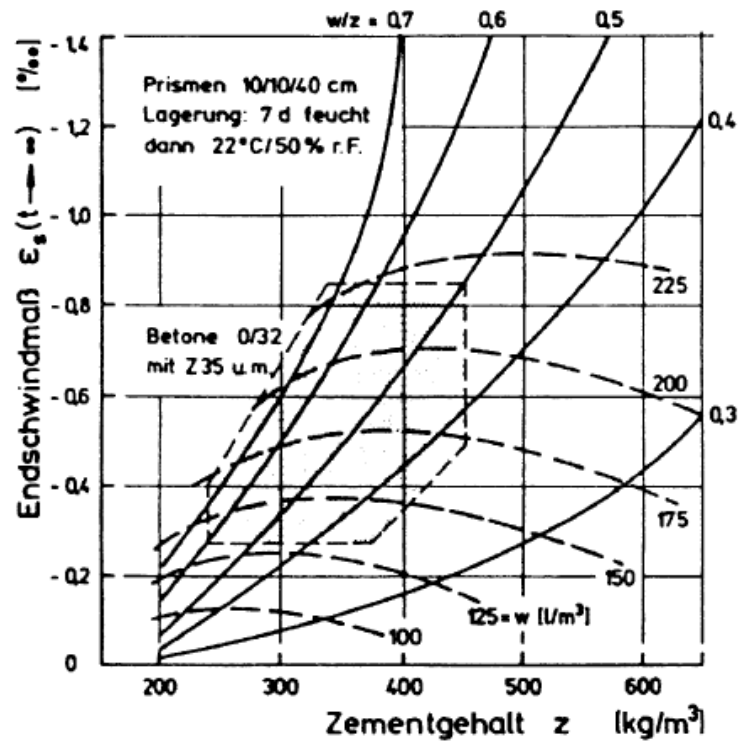
Schwinden, Ursache



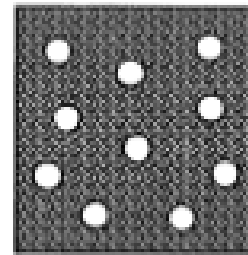
Schwinden, Ursache



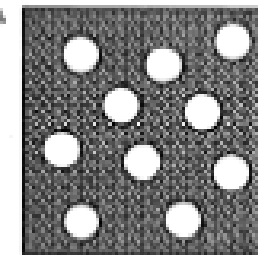
Schwinden, Ursache



Porosität 10%



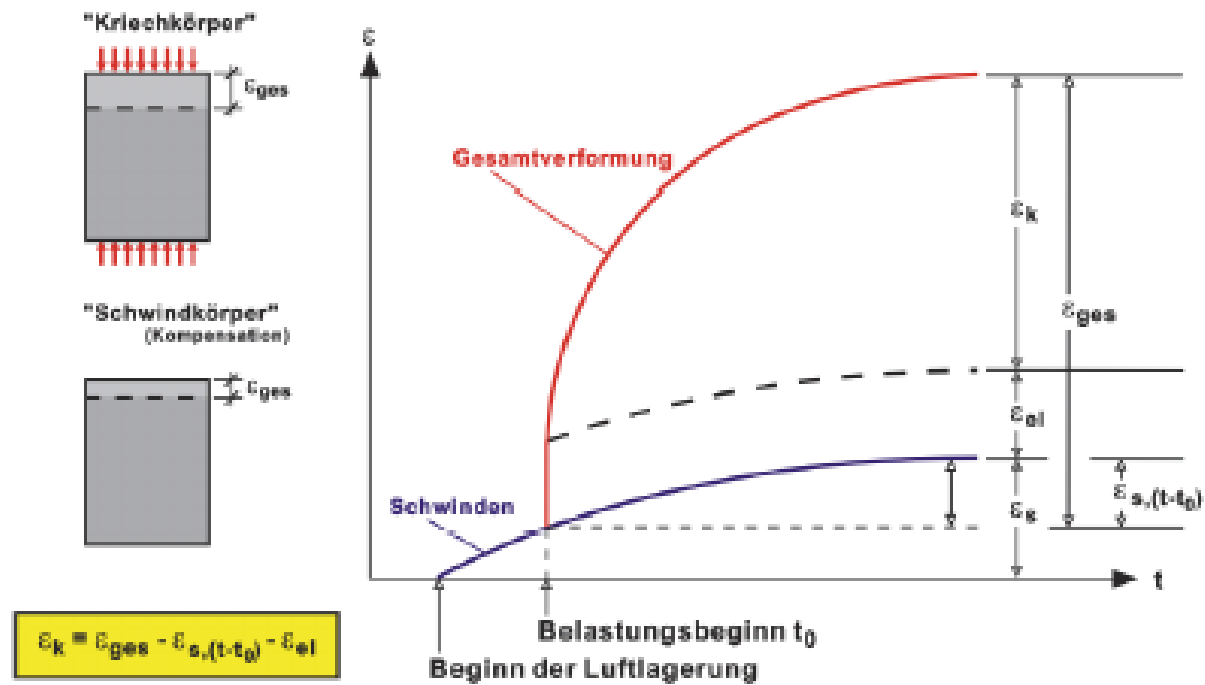
Porosität 30%



Schwinden, Wirkung



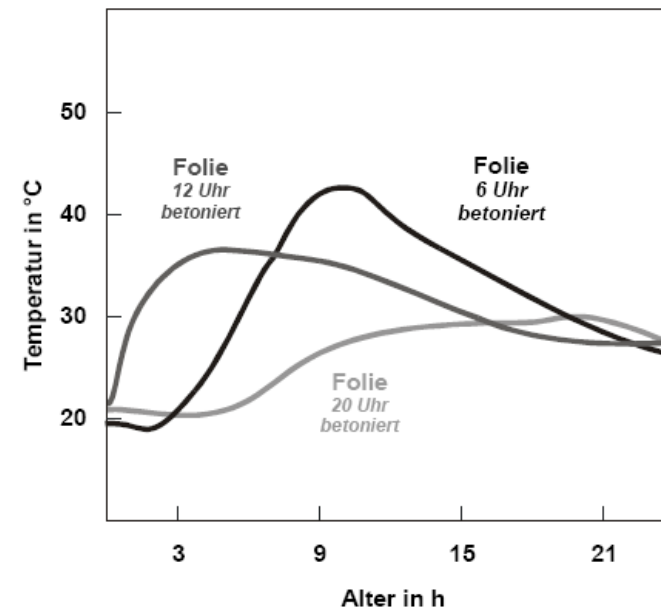
Schwinden und Kriechen



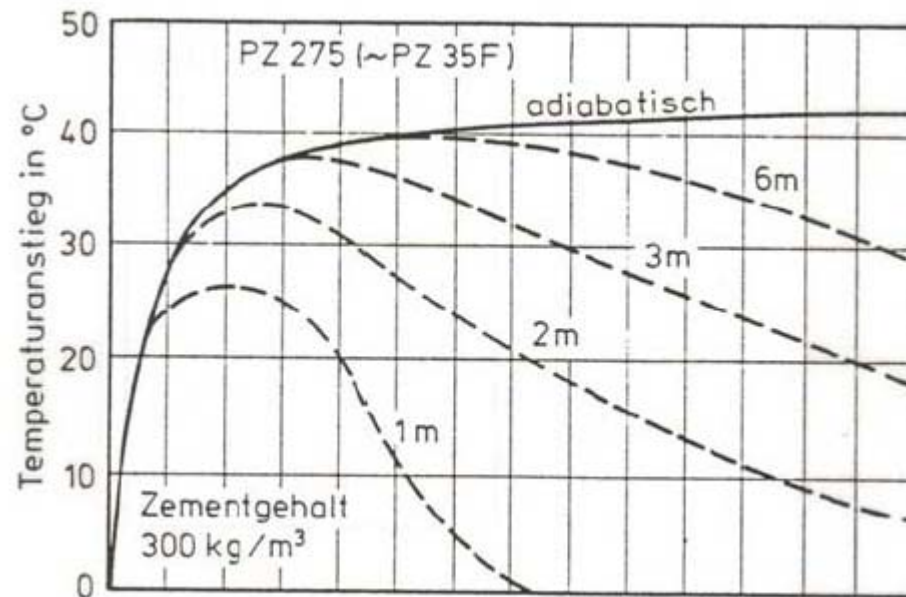
Temperaturverformungen infolge Temperaturschwankungen

Tabelle 2: Maximale Oberflächentemperaturen am Betoniertag bei unterschiedlichen Betonierzeitpunkten

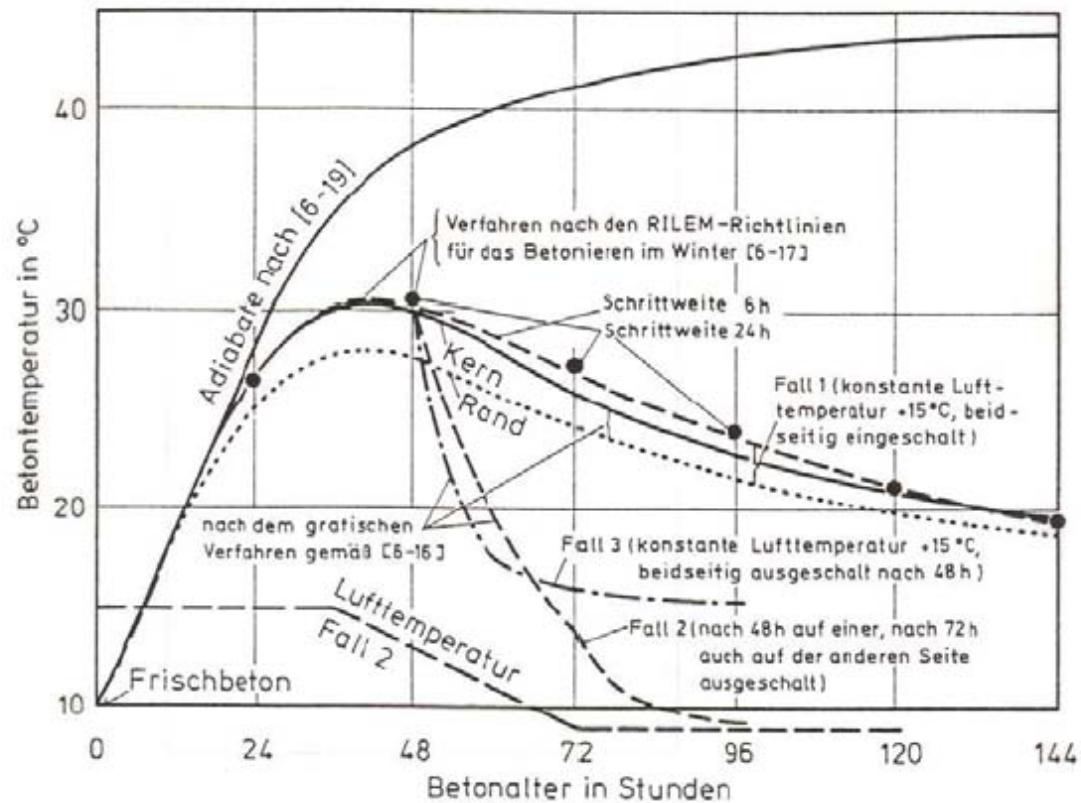
Nachbehandlung	Folie (6 ⁰⁰ Uhr betoniert)	Folie (12 ⁰⁰ Uhr betoniert)	Folie (20 ⁰⁰ Uhr betoniert)
Betonalter in Stunden	10,5	5,0	18,5
Oberflächentemperatur in °C	43	37	30



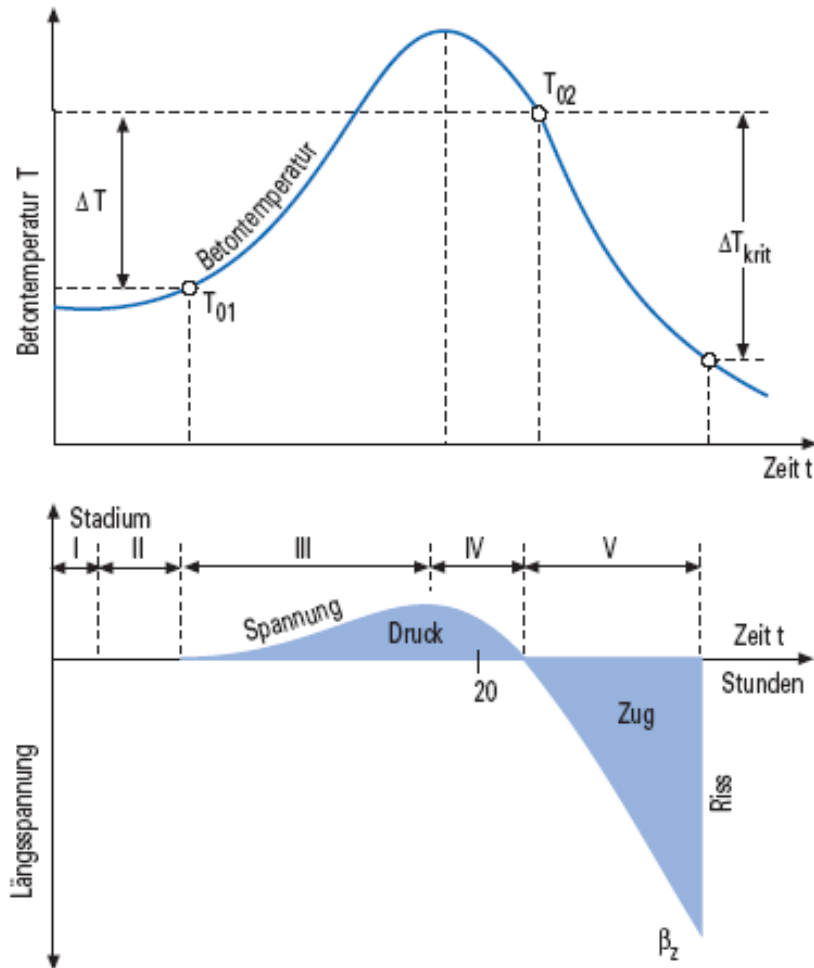
Temperaturverformungen infolge Hydratation



Temperaturverformungen



Temperaturverformungen infolge Hydratation



Temperaturverformungen infolge Hydratation

Beispiel 1 (Rißbildung durch Zwang)

Wand auf Fundament
oder Wand auf Sohle

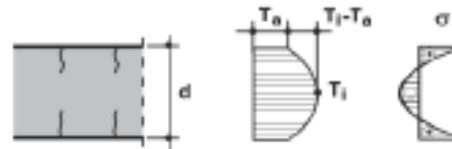


Maßnahmen

- a) Dehnfugenabstände = f (Dehnungsbehinderung)
- b) Ausreichende Bewehrungsmenge → feine Rißverteilung

Beispiel 2 (Rißbildung durch Eigenspannungen)

Rasches Abfließen Hydratations-
wärme oder dickes Bauteil



Rißbildung, wenn $T_i - T_a \geq 20^\circ\text{C}$

Temperaturverformungen infolge Hydratation

