

# Mindestbewehrung von gezwängten Betonbauteilen

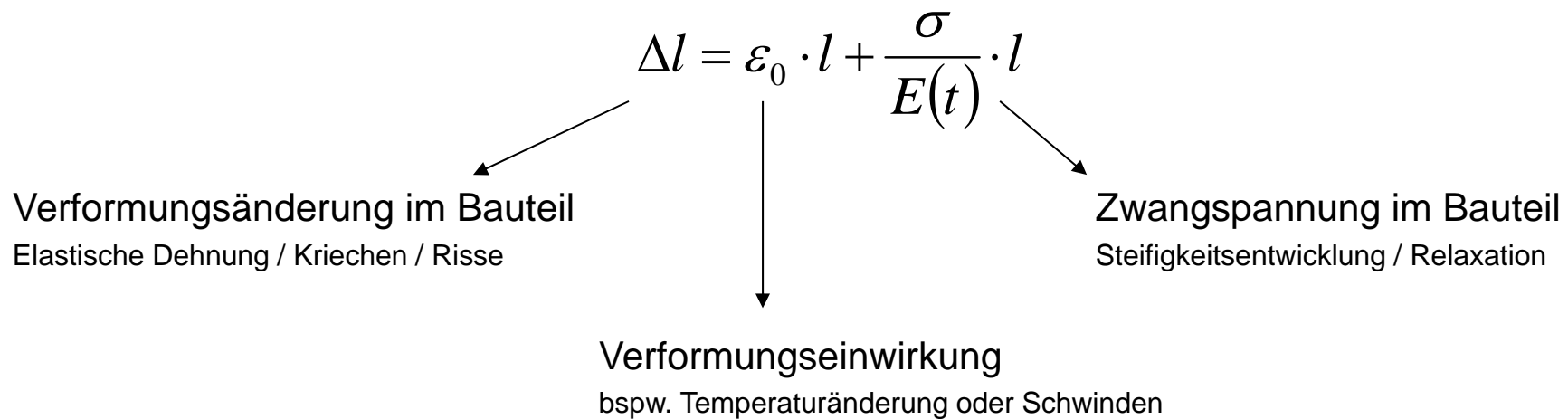
Dissertationsvorhaben Dirk Schlicke

# Gliederung

- **Wesen der Zwangbeanspruchung**
- **Konzepte zur Bestimmung der Mindestbewehrung**
  - risskraftbasiert (EC2) vs. verformungsbasiert (ZTV-W MFZ 20011)
- **Allgemeine Anwendung der verformungsbasierten Bemessung**
  - Berücksichtigung der Spannungsgeschichte
  - maßgebende Art der Zwangbeanspruchung
  - zu erwartendes Rissbild (geometrisch vorgegebener Primärrissabstand)
  - aufzunehmende Verformung im Primärriss
  - erforderliche Bewehrung zur Einhaltung der zulässigen Rissbreite

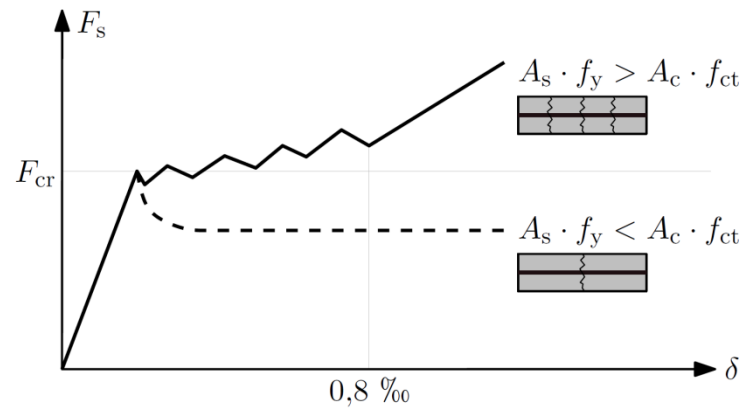
# Wesen der Zwangbeanspruchung

## Verformungskompatibilität



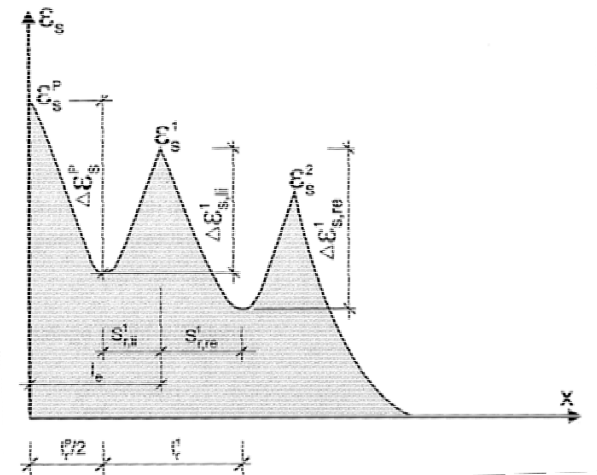
# Bestimmung der Mindestbewehrung

risskraftbasiert (EC 2)



$$A_{s,\min} = k \cdot k_c \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_{s,\text{zul}}}$$

verformungsbasiert (ZTV-W)



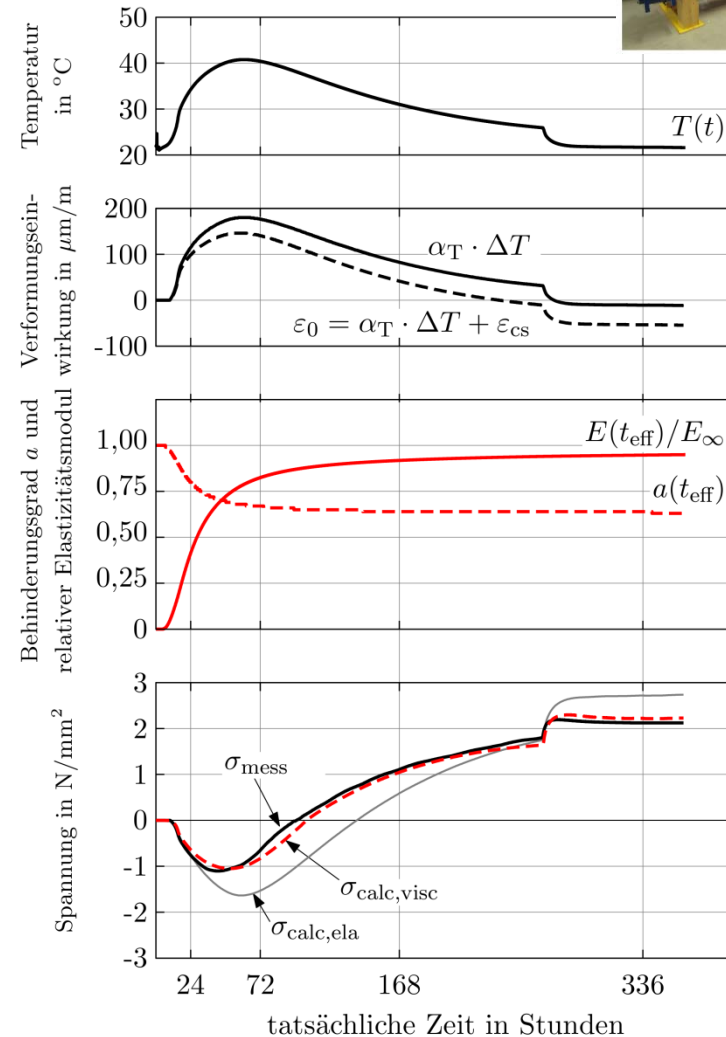
$$A_{s,\min} = \sqrt{\frac{d_s \cdot b^2 \cdot d_1^2 \cdot f_{ct,\text{eff}} \cdot (0,69 + 0,34 \cdot n)}{w_{\text{zul}} \cdot E_s}}$$

# Verformungsbasierte Bemessung



## Spannungsgeschichte

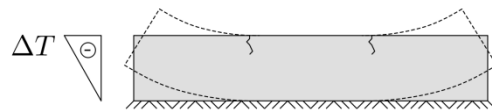
- **Verformungseinwirkung**
  - Hydratationswärme
  - Schwinden (autogen und Austrocknung)
  - Frischbetontemperatur im Verhältnis zur klimatischen Randbedingung
  - Witterungseinflüsse im Jahresverlauf
  
- **Spannungsantwort**
  - Behinderungsgrad
  - Steifigkeitsentwicklung
  - Viskoelastizität



# Verformungsbasierte Bemessung

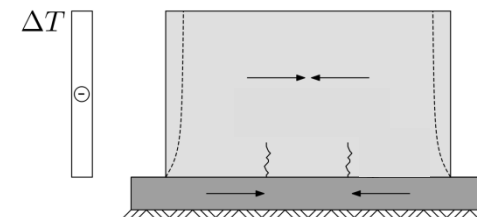
## Art der Zwangbeanspruchung

### Biegezwang



- Verformungseinwirkungen, die graduell über den Querschnitt verteilt sind
- Verkrümmung wird durch Aktivierung des Eigengewichts behindert
- Biegespannung / Biegerisse

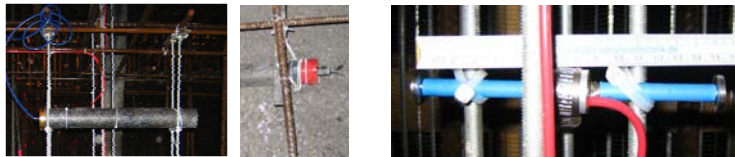
### Zentrischer Zwang



- Verformungseinwirkungen, die gleichmäßig über den Querschnitt verteilt sind
- Verkürzung wird durch angrenzende Bauteile behindert
- Normalspannung / Trennrisse (Anrisse oder Durchrisse je nach Zwängungssituation)

# Verformungsbasierte Bemessung

## Bauwerksmessungen



Stressmeter / Schwingsaiten



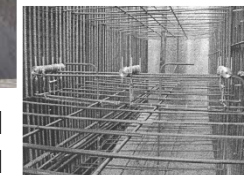
Schleuse  
Wusterwitz



Bodenplatte Kraftwerk Boxberg



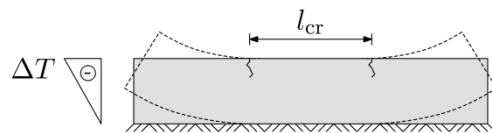
Bodenplatte und Kammerwand  
Schleuse Sülfeld



# Verformungsbasierte Bemessung

geometrisch vorgegebener Abstand der primären Risse

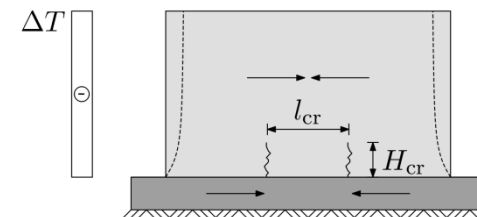
## Biegezwang



$$l_{cr} = f(M_{cr}, k_s)$$

- Zugfestigkeit
- Querschnittshöhe
- flächige Ausdehnung und vertikale Bodensteifigkeit

## Zentrischer Zwang



$$l_{cr} = f(H_{cr})$$

- Verformungseinwirkung
- Behinderungsgrad (Querschnitt und Längsrichtung)
- Steifigkeitsentwicklung und Viskoelastizität



# Verformungsbasierte Bemessung

aufzunehmende Verformung im Primärriss

$$w_{\text{beh}} = \frac{\sigma_{\text{beh}}}{E_{\text{cr}}} \cdot l_{\text{cr}}$$

erforderliche Anzahl von Sekundärrissen  
(zur Einhaltung der zulässigen Rissbreite im Primärriss)

$$n = \left( \frac{w_{\text{beh}}}{w_{\text{zul}}} - 1 \right) \cdot 1,1$$

maßgebende Zugfestigkeit

$$f_{\text{ct,eff}} = f_{\text{ct}} \left( t_{\text{Ausgleichstemperatur}} \right)$$

Vielen Dank für Ihr Interesse!

# relevante Veröffentlichungen

- Tue, N. V.; Schlicke, D.; Bödefeld, J. (2007): Beanspruchungen in dicken Bodenplatten infolge des Abfließens der Hydratationswärme. Bautechnik 84, pp. 702-710. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
- Tue, N.V.; Schlicke, D.; Schneider, H. (2009): Zwangbeanspruchung massiver Kraftwerks-Bodenplatten infolge der Hydratationswärme. Bautechnik 86, pp. 142-149. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
- Schlicke, D. und Tue, N. V. (2008): Thermal Restraint in Thick Concrete Members at Early Age. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> ACF International Conference, pp. 681 - 691. The 3<sup>rd</sup> ACF International Conference Ho Chi Minh City, Vietnam.
- Schlicke D., Tue N. V., Liphardt (2010): Wasserseitige Abdichtung von Staumauern aus Walzbeton – Dimensionierung einer Stahlbeton-Dichtwand am Beispiel des Diamer Basha Damms in Pakistan. Wasserbau und Wasserwirtschaft 4/2010, pp. 101-103. Vieweg+Teubner, Wiesbaden.
- Schlicke D., Tue N. V. (2010): Risk of Crack Formation in the Periphery of Large RCC-Gravity Dams with reinforced Conventional Mass Concrete Facing. Dam Safety - Sustainability in a Changing Environment, pp. 291-297. 8th ICOLD European Club Symposium, Innsbruck.
- Schlicke, D. und Tue, N. V. (2010): Measurement of Thermal Restraint in Hardening Mass Concrete - A new Approach exemplified by a Thick Foundation Slab. Concrete Structures for Challenging Times, pp. 179-184. 6th Central European Congress on Concrete Engineering, Marianske Lazne, Tschechei.
- Nietner, L., Schlicke, D. und Tue, N. V. (2011): Berücksichtigung von Viskoelastizität bei der Beurteilung von Zwangbeanspruchungen erhärtender Massenbetonbauteile. Beton- u. Stahlbetonbau 106, pp. 169-177. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
- Bödefeld, J.; Ehmann, R.; Schlicke, D.; Tue, N. V. (2012): Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreiten in Stahlbetonbauteilen infolge des Hydratationsprozesses, Teil 1: Risskraftbasierter Nachweis nach DIN EN 1992-1-1. Beton- und Stahlbetonbau 107, pp. 32-37. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
- Bödefeld, J.; Ehmann, R.; Schlicke, D.; Tue, N. V. (2012): Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreiten in Stahlbetonbauteilen infolge des Hydratationsprozesses, Teil 2: Neues Konzept auf Grundlage der Verformungskompatibilität. Beton- und Stahlbetonbau 107, pp. 79-85. Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
- Schlicke, D. und Tue, N. V. (2010): Approach for Consideration of Viscoelasticity in Time Step Restraint Analyses of Hardening Concrete, pp. 179-184. 1<sup>th</sup> Int. on Numerical Modeling Strategies for Sustainable Concrete Structures, Aix en Provence, Frankreich.