



S C I E N C E ■ P A S S I O N ■ T E C H N O L O G Y



# NUMERISCHE MODELLIERUNG EINES ANKERZUGVERSUCHES UND VERGLEICH MIT FASEROPTISCHEN MESSUNGEN

**Helmut F. Schweiger**

Acknowledgements: **B. Schädlich, V. Racansky, J. Chalmovsky, H. Woschitz, W. Lienhart**

Computational Geotechnics Group  
Institute for Soil Mechanics and Foundation Engineering  
Graz University of Technology

Fachkolloquium 25 Jahre Baugrund Dresden, 3. März 2016



Institute for  
**SOIL MECHANICS** and  
**FOUNDATION ENGINEERING**

COMPUTATIONAL **geotechnics** GROUP

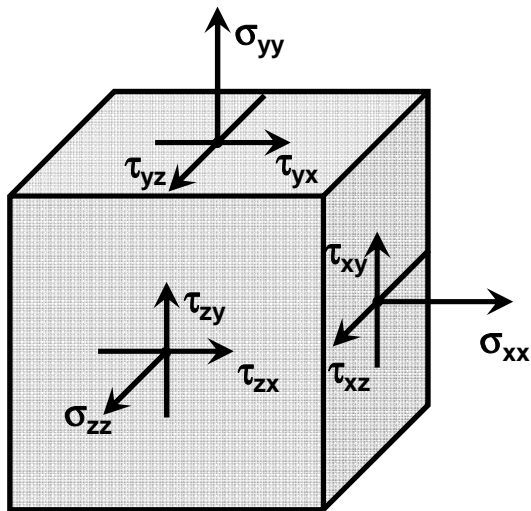


## INHALT

- **Verwendete Stoffmodelle**
- **Numerische Vorstudien**
- **Ankerzugversuch**
  - **Faseroptische Messeinrichtung**
  - **Messergebnisse**
  - **Vergleich Messung - Berechnung**

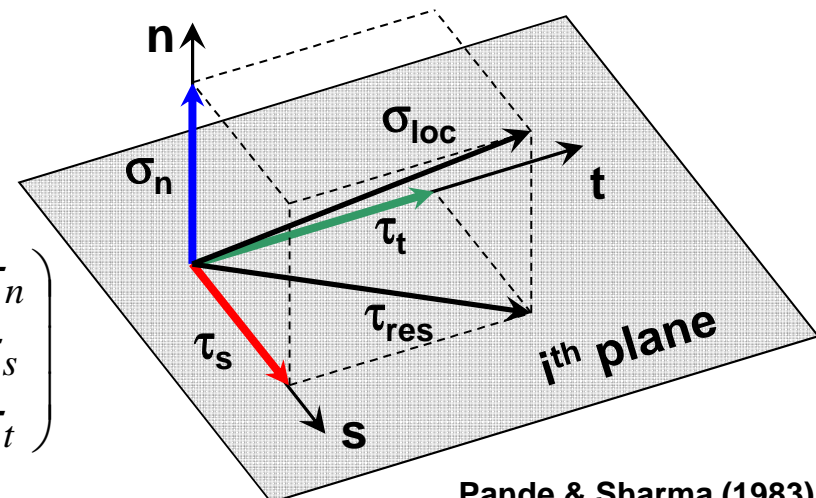
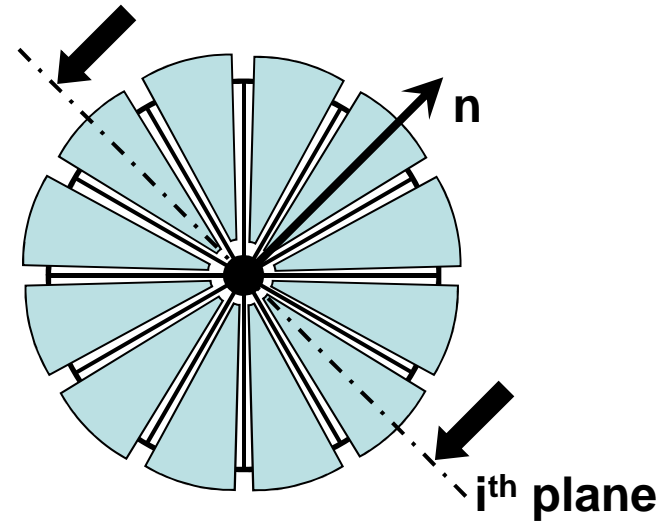
## MULTILAMINATE KONZEPT

**Makroskopisch**



$$\sigma_{gl} = \begin{pmatrix} \sigma_{xx} & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{xy} & \sigma_{yy} & \tau_{yz} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_{zz} \end{pmatrix}$$

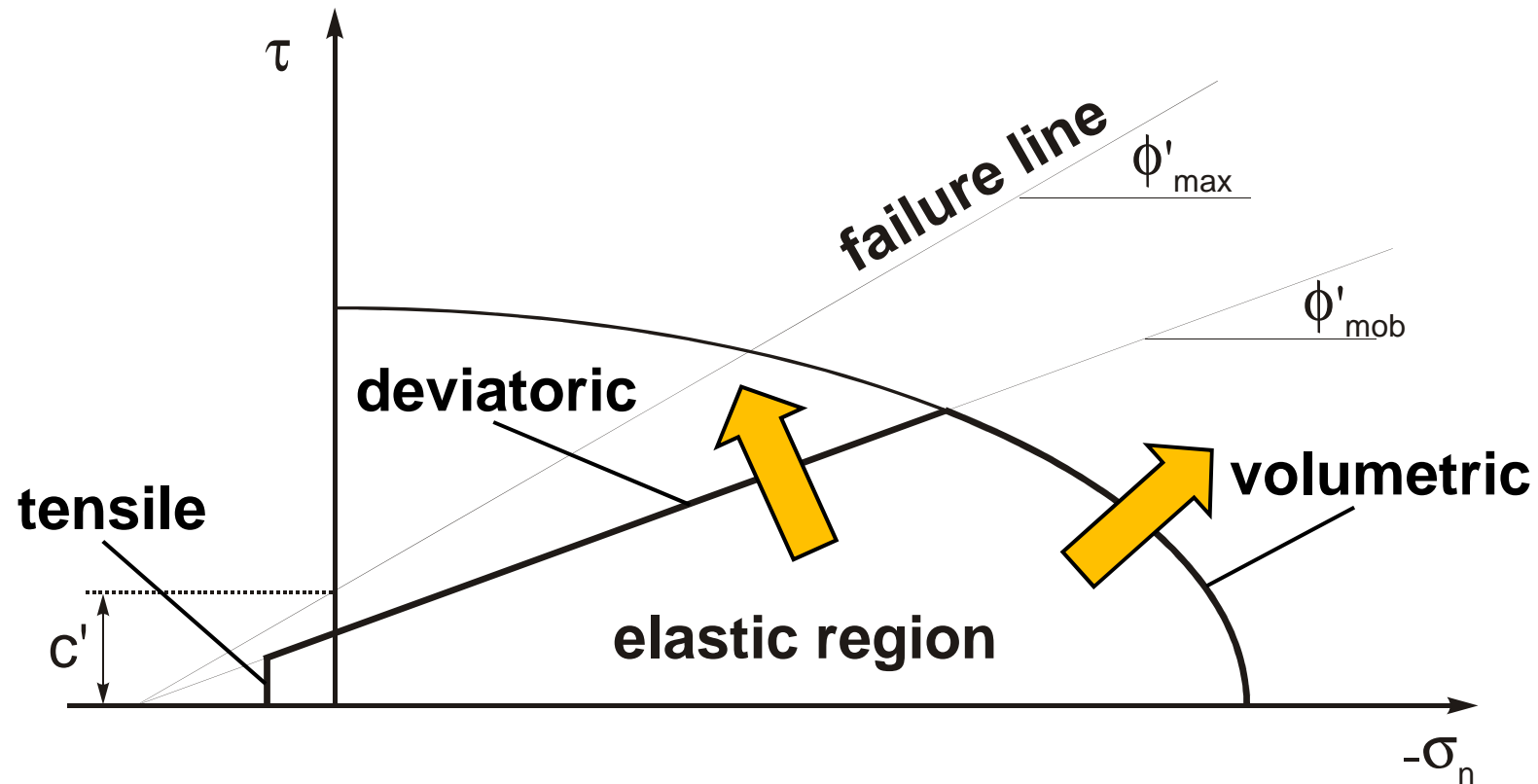
**Lokal**



$$\sigma_{loc} = \begin{pmatrix} \sigma_n \\ \tau_s \\ \tau_t \end{pmatrix}$$

Pande & Sharma (1983)

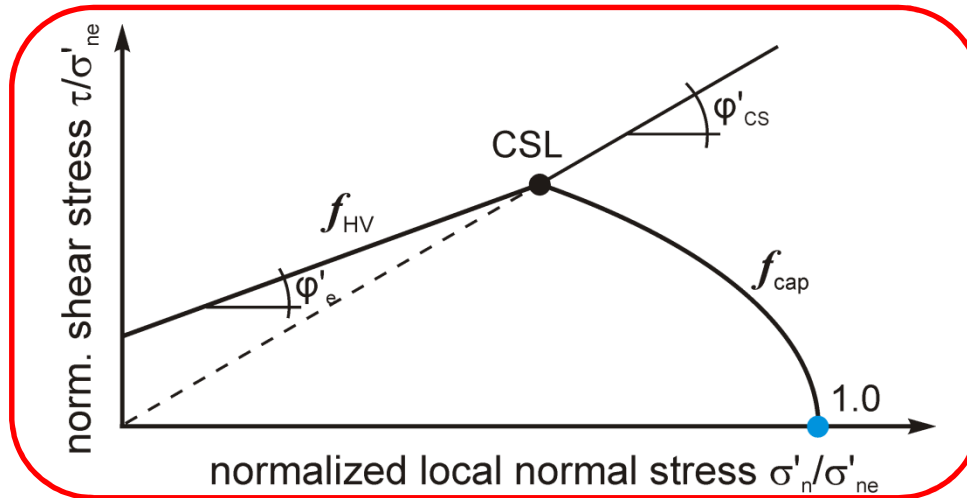
## MULTILAMINATE MODELL - BASISFORMULIERUNG



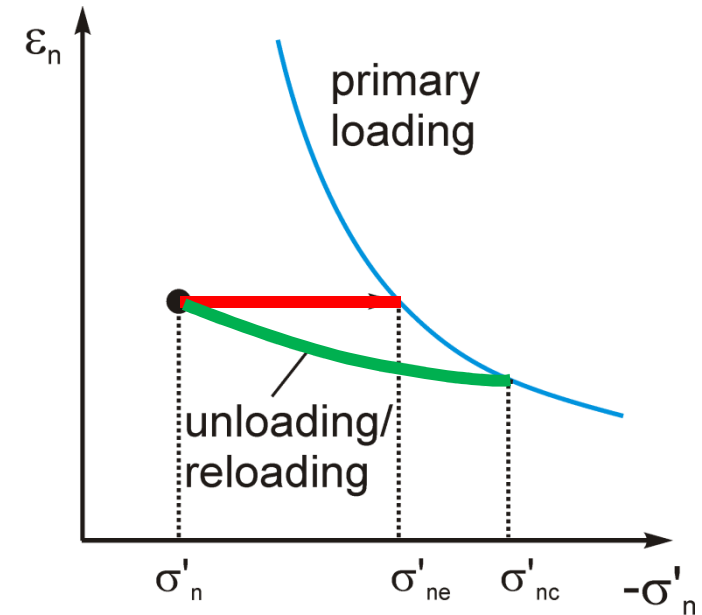
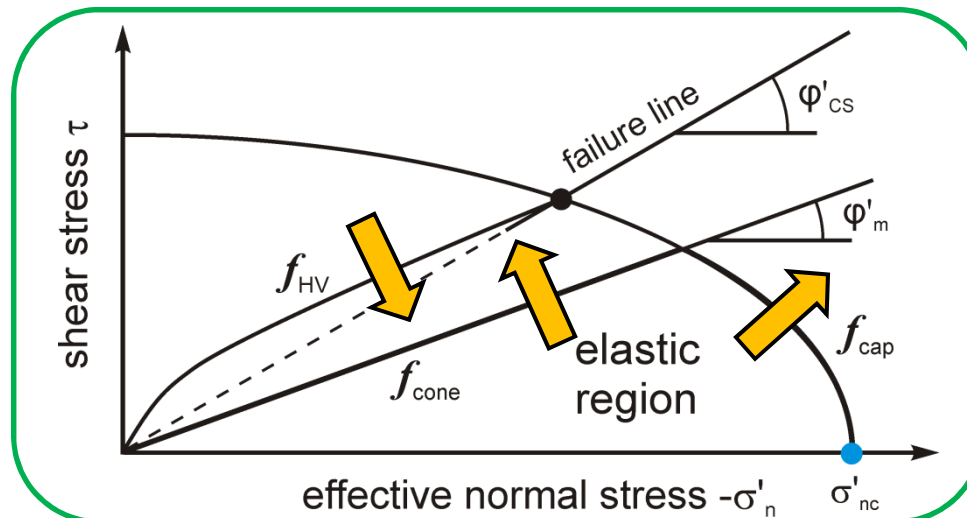
- Elastisch-plastisches Modell mit Verfestigung
- Mohr-Coulomb'sche Bruchbedingung

Schweiger, Wiltafsky, Scharinger & Galavi, 2009

## MULTILAMINATE MODELL - ERWEITERUNG MIT HVORSLEV SURFACE



- Lokale Spannungskomponenten  $\tau, \sigma'_n$
- Lokale Normaldehnung  $\epsilon_n$



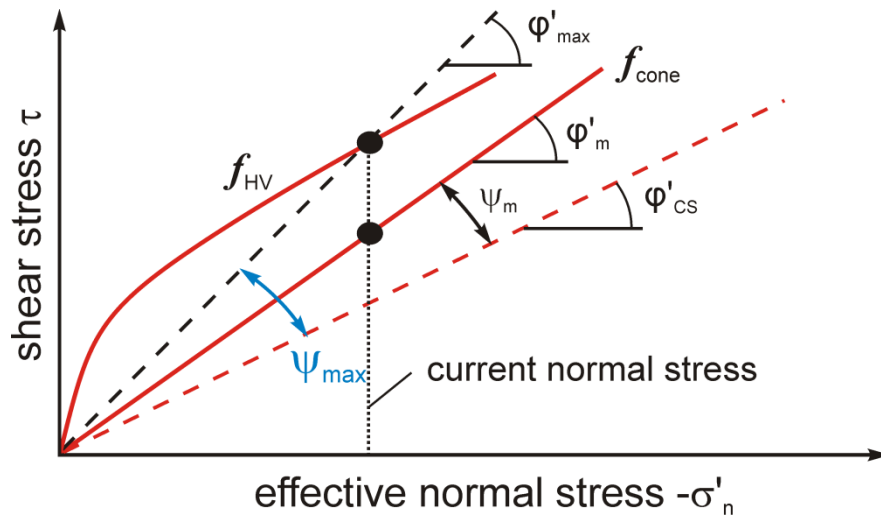
Schädlich & Schweiger, 2014

## MULTILAMINATE MODELL - ERWEITERUNG MIT HVORSLEV SURFACE

### Plastisches Potenzial

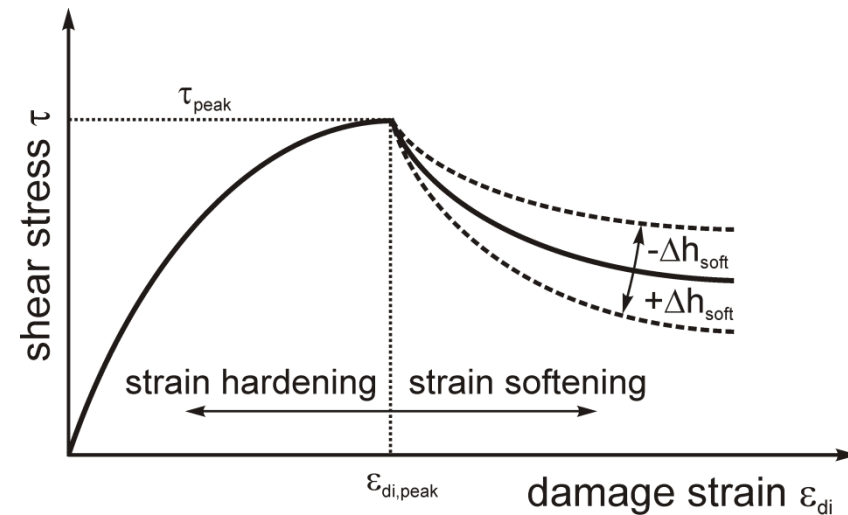
$$g_{HV} = g_{cone} = \tau + \sigma'_n \cdot \tan \psi_m$$

$$\frac{d\varepsilon_n^{pl}}{d\gamma^{pl}} = \tan \psi_m$$



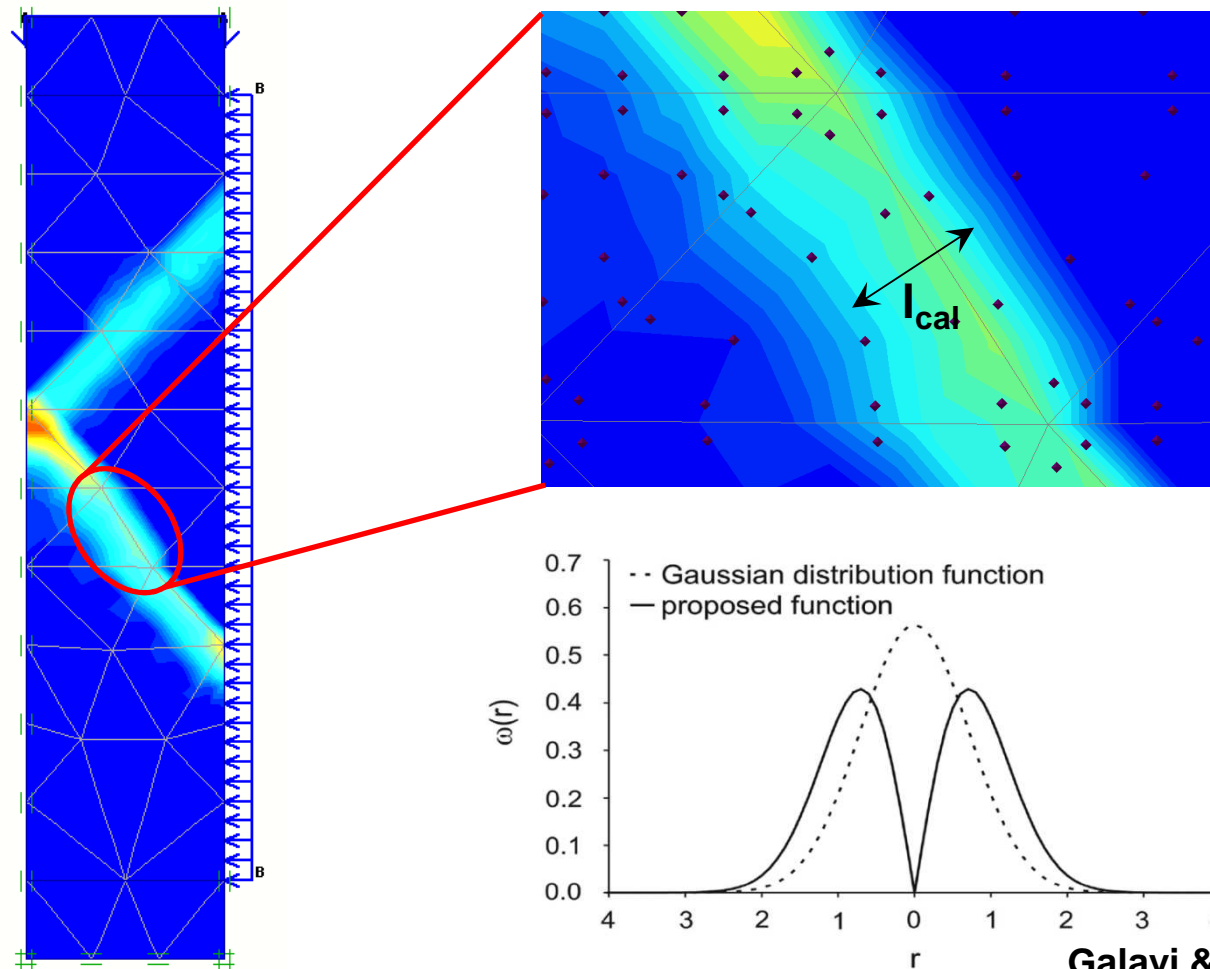
### Entfestigung

- Reduktion der Konsolidierungsspannung  $\sigma'_{nc}$  durch plastische Normaldehnungen
- Entfestigungsparameter  $h_{soft}$  steuert Entfestigungsrate



## MULTILAMINATE MODELL - ERWEITERUNG NICHTLOKALE DEHNUNGEN

- Mittlung der Dehnungen in Umgebung eines Integrationspunktes

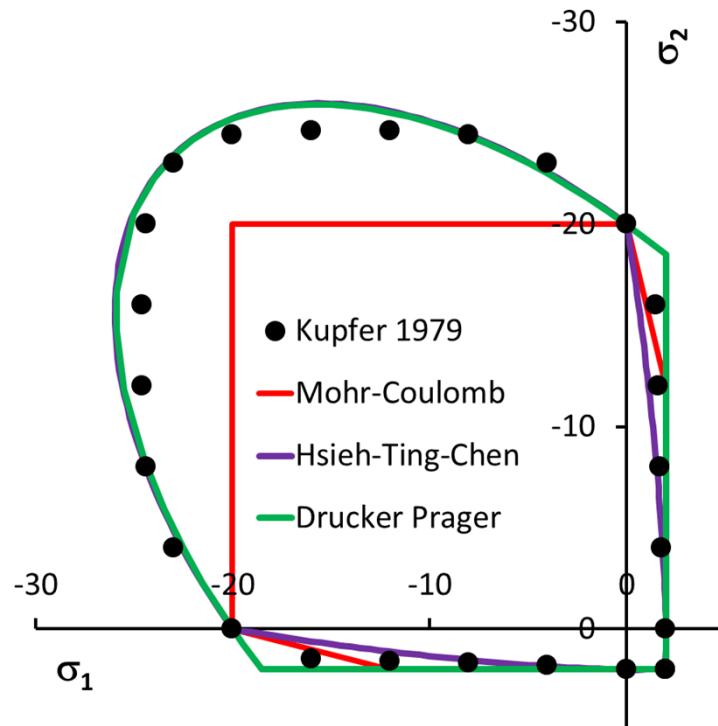


Galavi & Schweiger, 2010

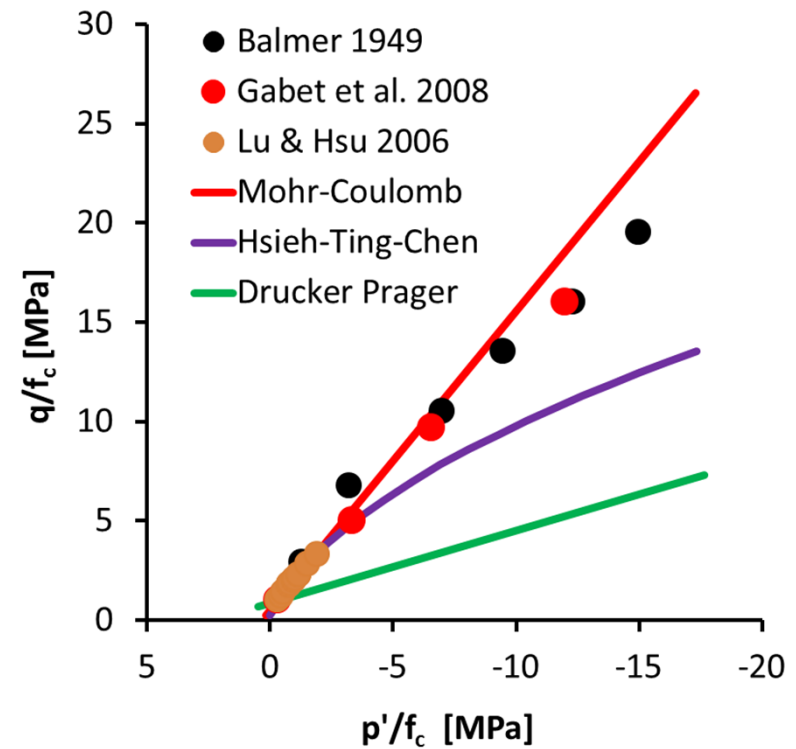
## SPRITZBETONMODELL

### Vergleich mit experimentellen Daten

#### Biaxial (ebener Spannungszustand)



#### Triaxial



#### Fließfunktion: Mohr-Coulomb mit Ver- / Entfestigung

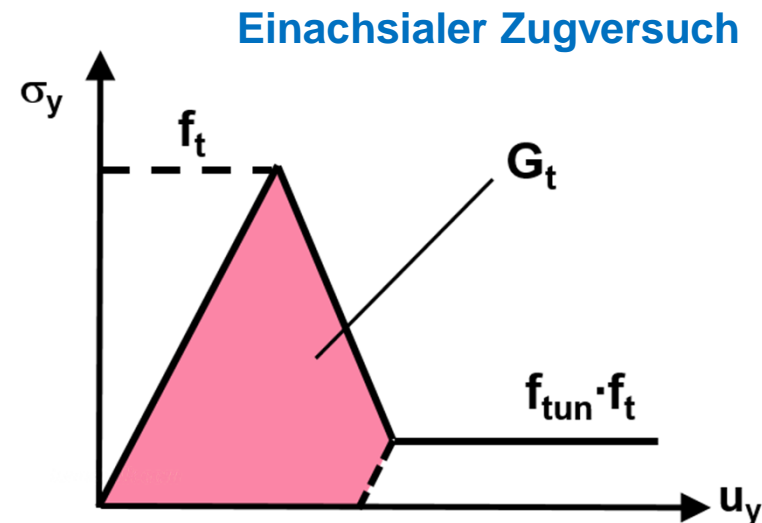
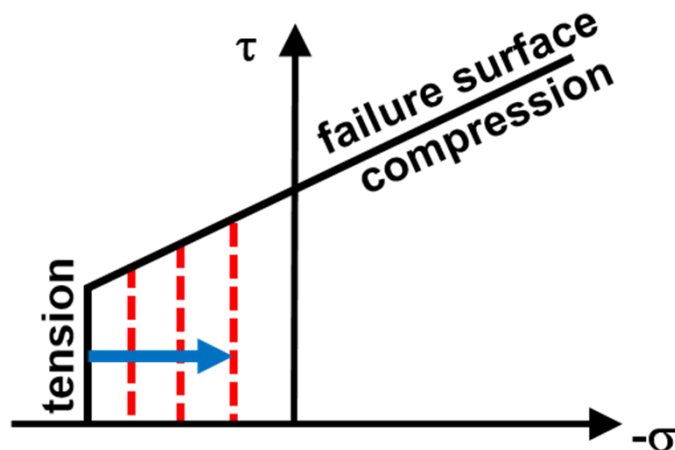
Schädlich & Schweiger, 2014



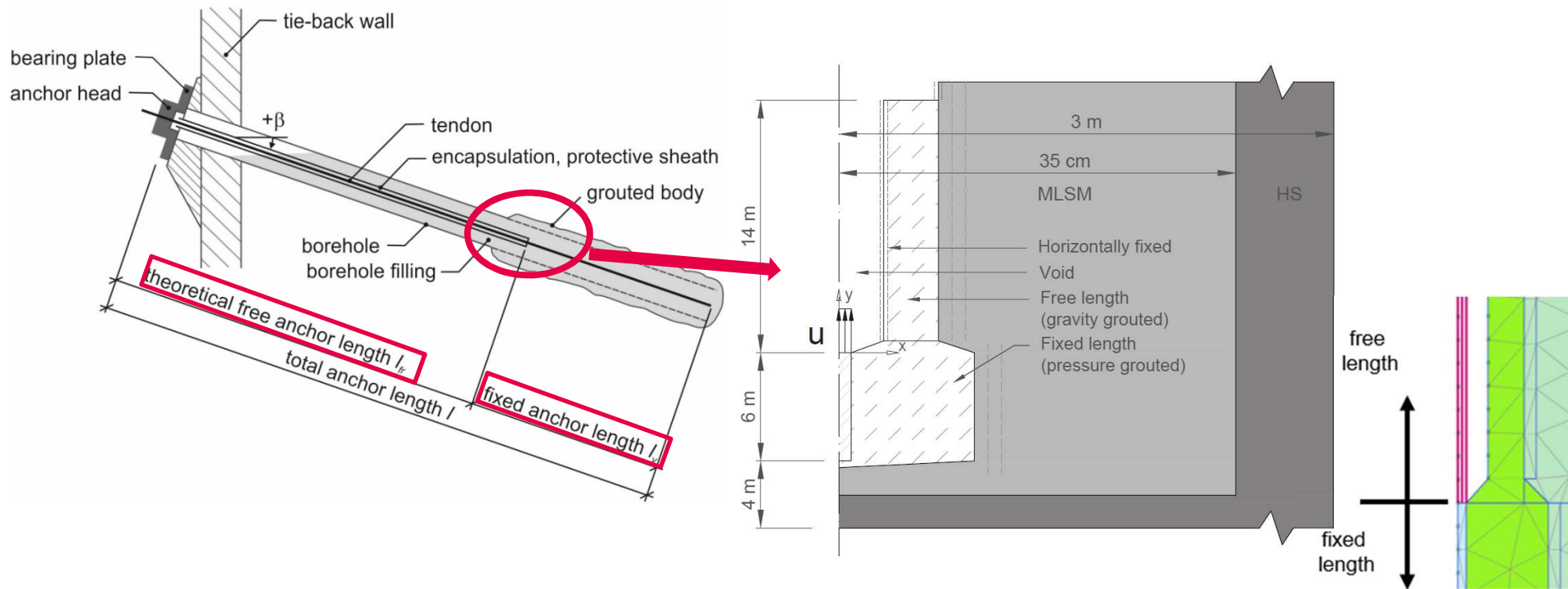
## SPRITZBETONMODELL

- Lineare Entfestigung mit Dehnung (Zug bzw. Druck)
- "Verschmierte" Formulierung, Regularisierung mit Bruchenergie  $G_t$  bzw.  $G_c$

$$f_{ty} = f_t \cdot \left( 1 + (f_{tun} - 1) \cdot \frac{\varepsilon_1^p}{\varepsilon_{tu}^p} \right) \quad \text{with} \quad \varepsilon_{tu}^p = \frac{2 \cdot G_t}{(1 + f_{tun}) \cdot L_{eq} \cdot f_t} \quad L_{eq} = 2 \cdot \sqrt{\frac{A_{el}}{n_{int} \cdot \sqrt{3}}}$$

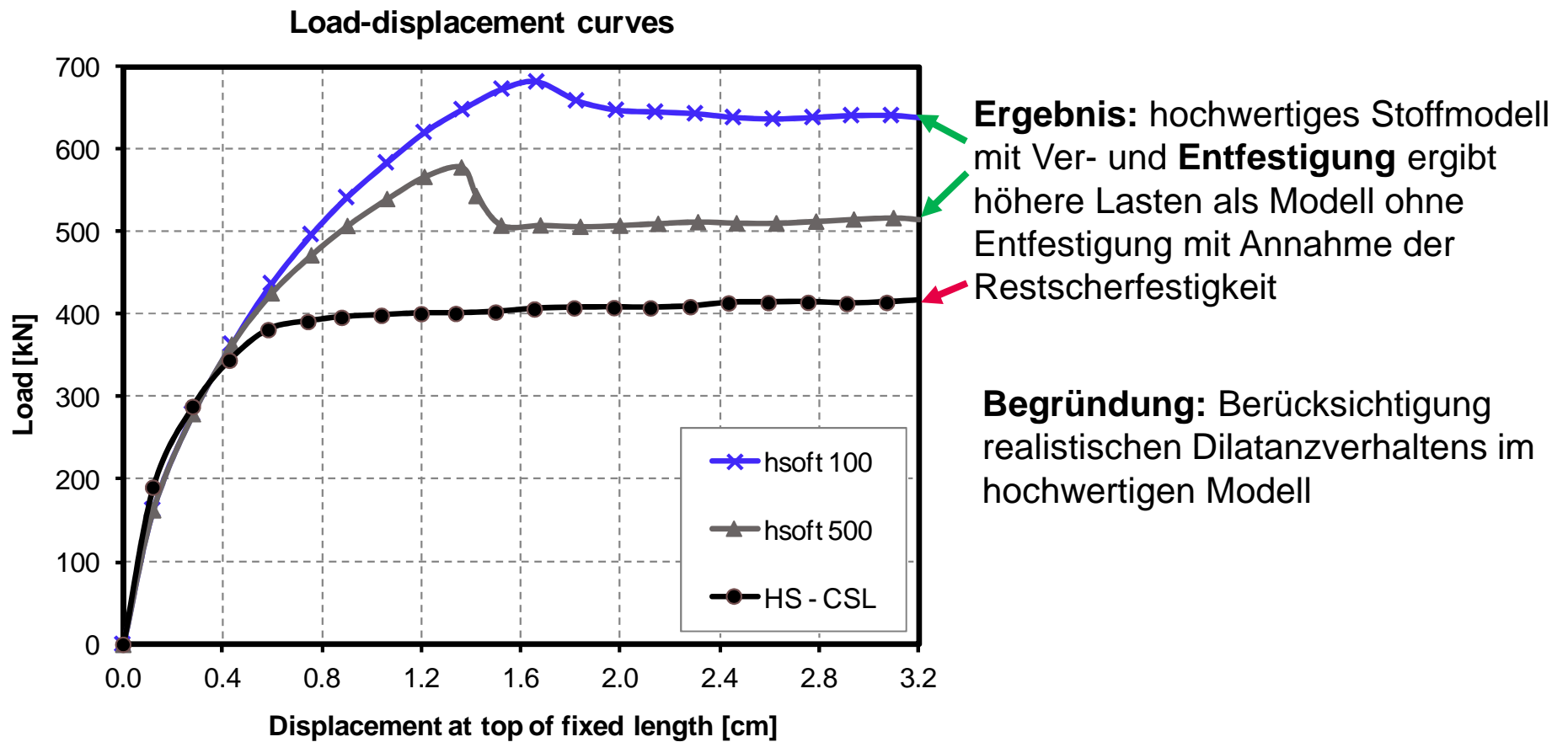


## MODELLBILDUNG



**Ziel der Vorstudien: Untersuchung des Verhaltens in überkonsolidierten Böden und Beurteilung des Einflusses des Mörtels in der Freispielstrecke**

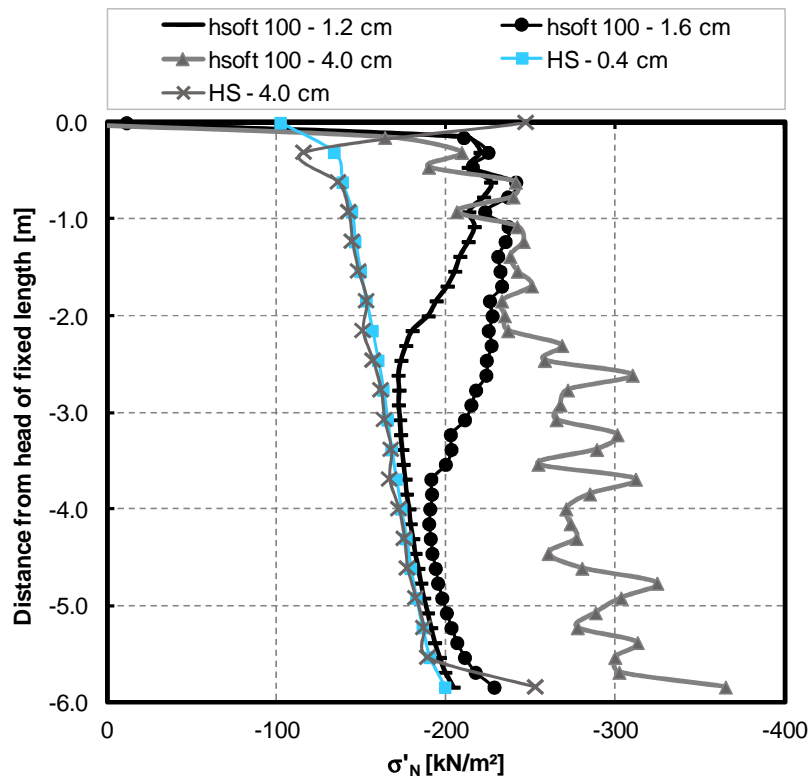
## EINFLUSS DES STOFFGESETZES



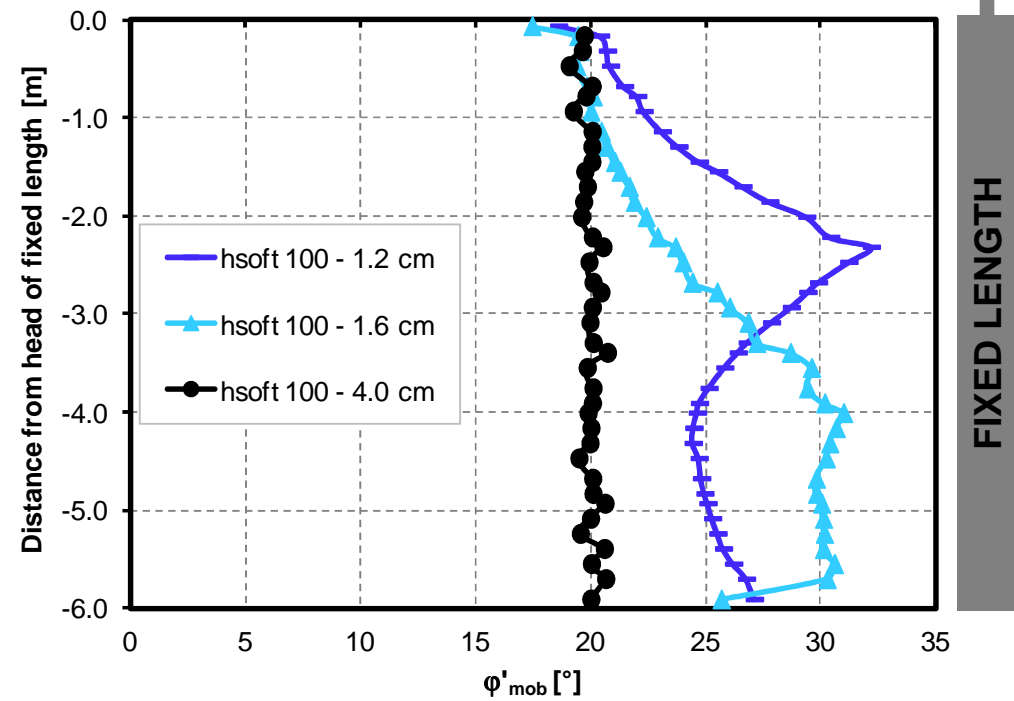
Watzlik, 2015

## EINFLUSS DES STOFFGESETZES

Normal stress along fixed length - hsoft 100

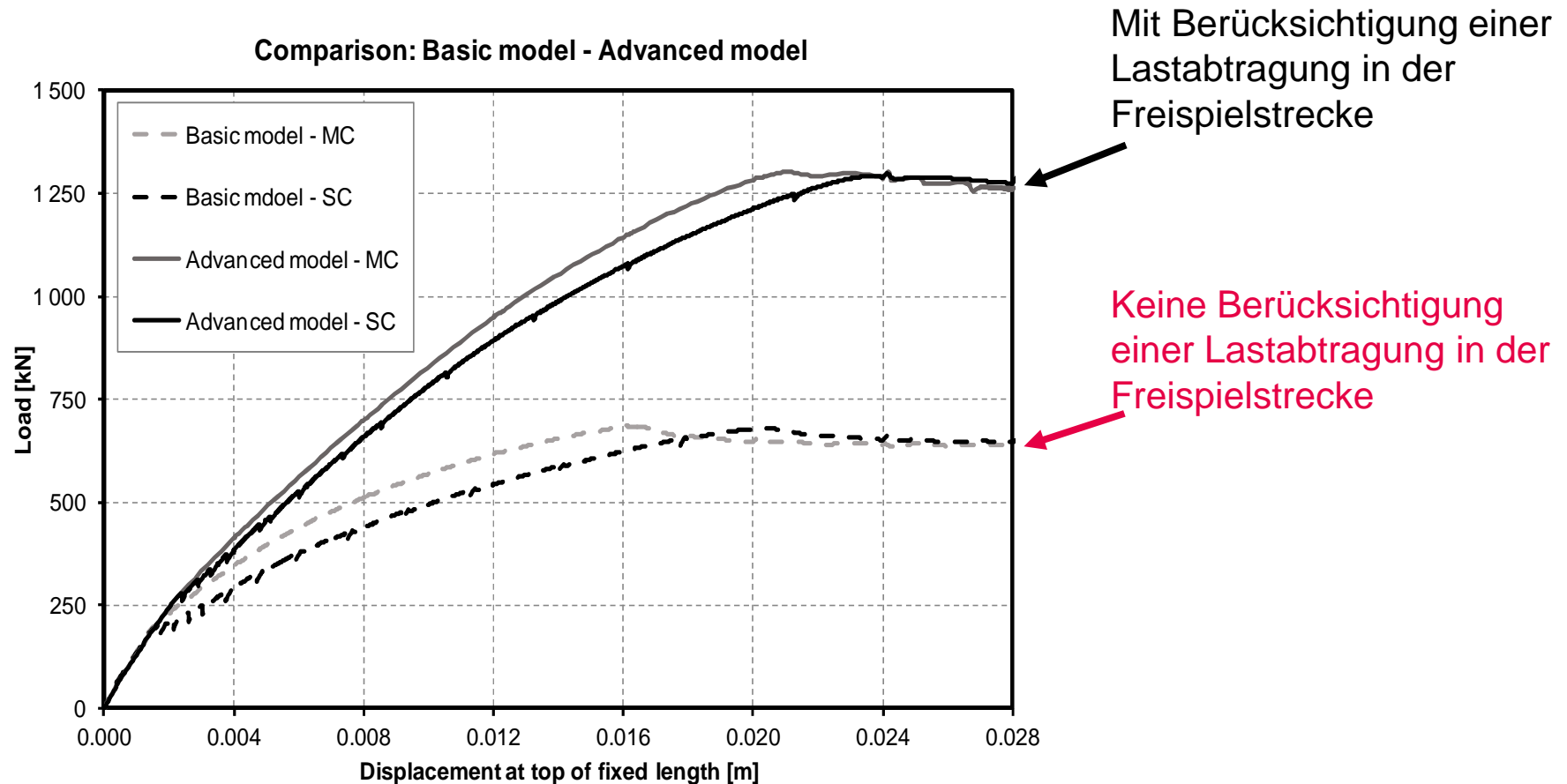


Mobilised friction angle - hsoft 100



Watzlik, 2015

## EINFLUSS DER MODELLIERUNG DER FREISPIELSTRECKE



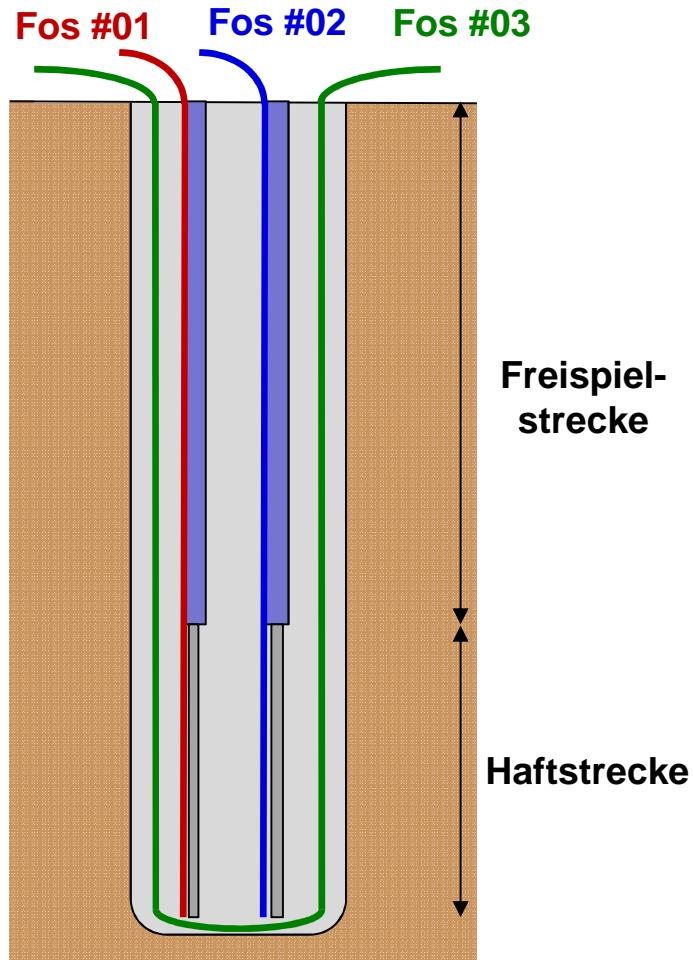


**Kooperationsprojekt: Keller Grundbau und TU Graz**

**Faseroptische Messungen:**



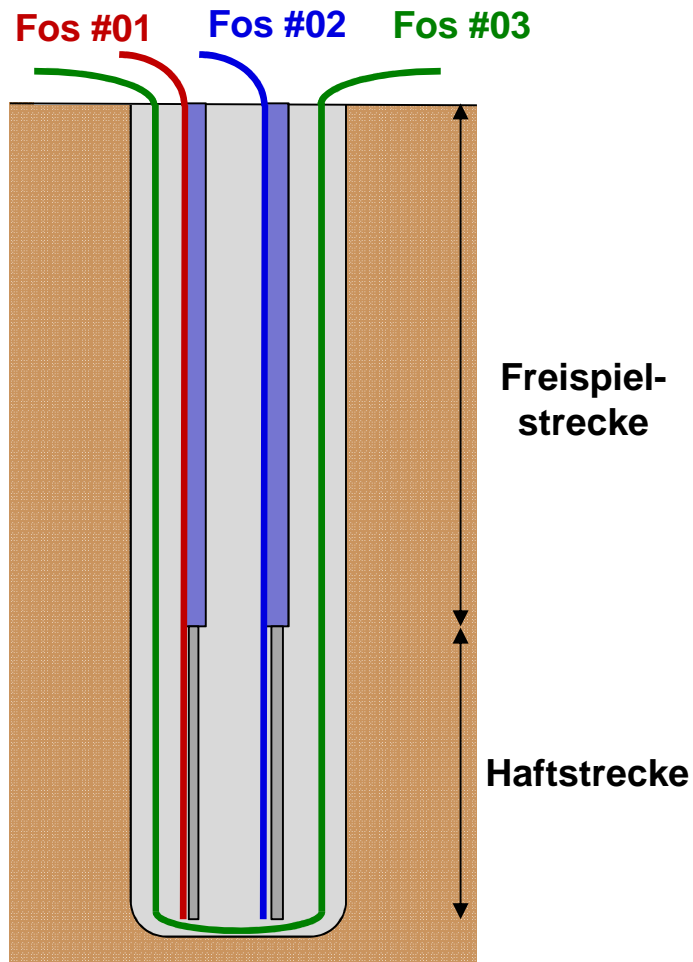
## FASEROPTISCHE MESSEINRICHTUNG



### Versuchsanker

- Freispielstrecke: 12 m
- Haftstrecke: 8 m
- Überstand: 2.5 m
  
- Instrumentierte Litzen: 2 von 11
- Durchmesser Litze: 15.7 mm
  
- Durchmesser Bohrung: 178 mm
- Durchmesser Ripprohr: 125 mm

## FASEROPTISCHE MESSEINRICHTUNG



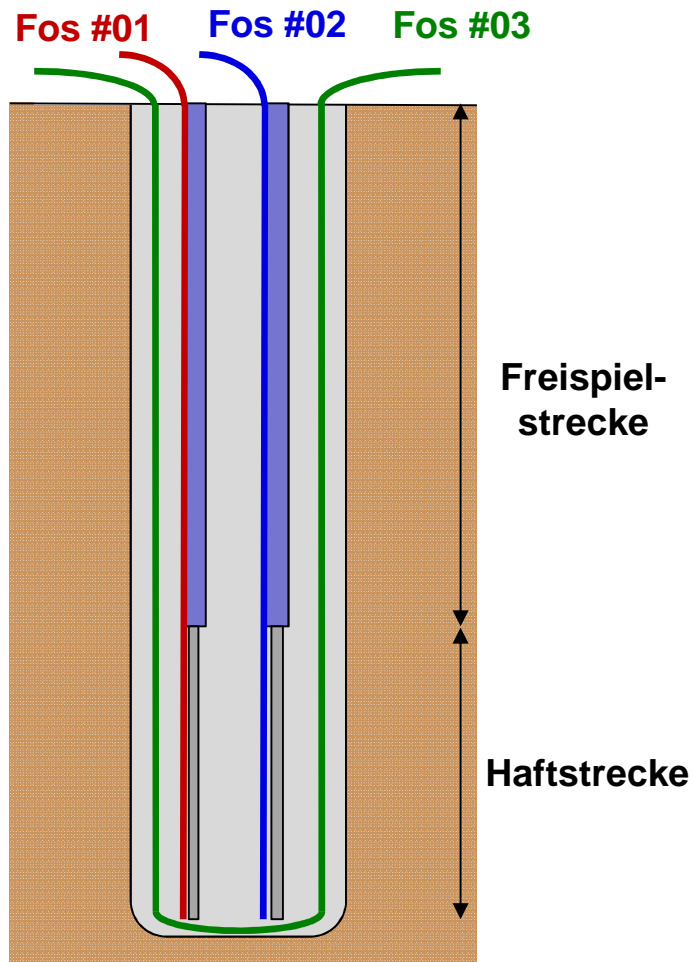
### Fos #01

- Instrumentierung – Freispielstrecke
  - Sensorkabel (3,2 mm), glatte Oberfläche
  - Führung entlang der Windung der Litzen
  - Fixierung durch Crimphülsen
- Instrumentierung – Haftstrecke
  - Glasfaser im Stahlröhrchen
  - Führung entlang der Windung der Litzen
  - Verklebung mit Litze durch Fa. Keller





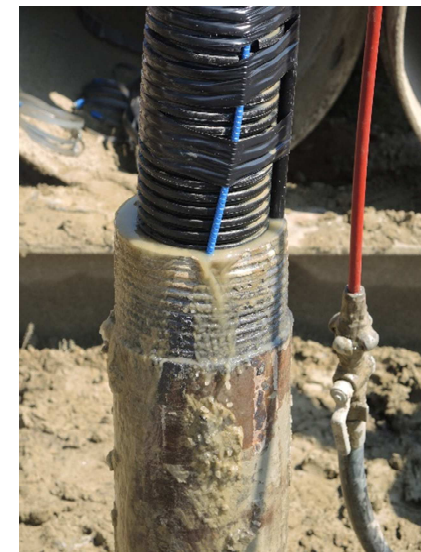
## FASEROPTISCHE MESSEINRICHTUNG



### Fos #03

- Instrumentierung

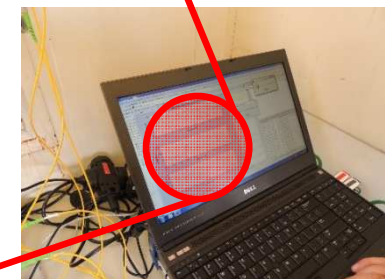
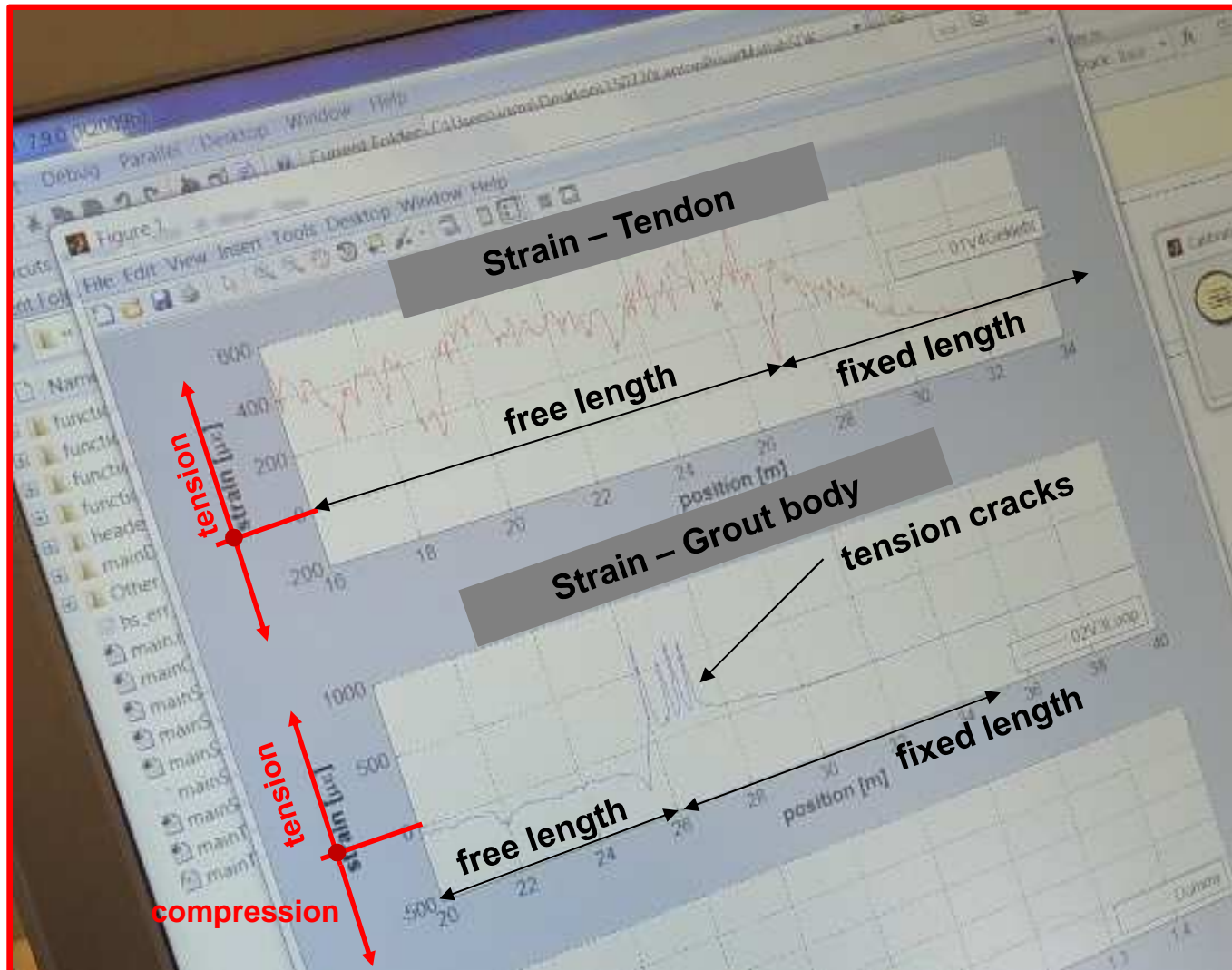
- Sensorkabel (7,2 mm), strukturierte Oberfläche
- Führung an der Außenseite des Ripprohrs
- Fixierung durch Klebeband während des Einschlebens des Ankers



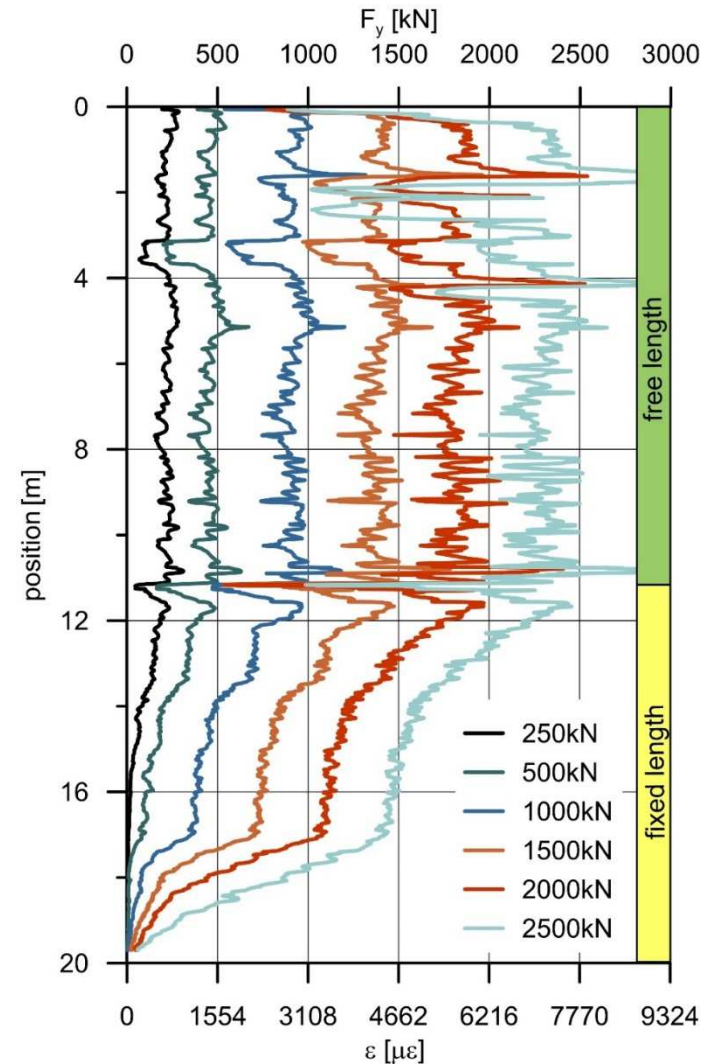
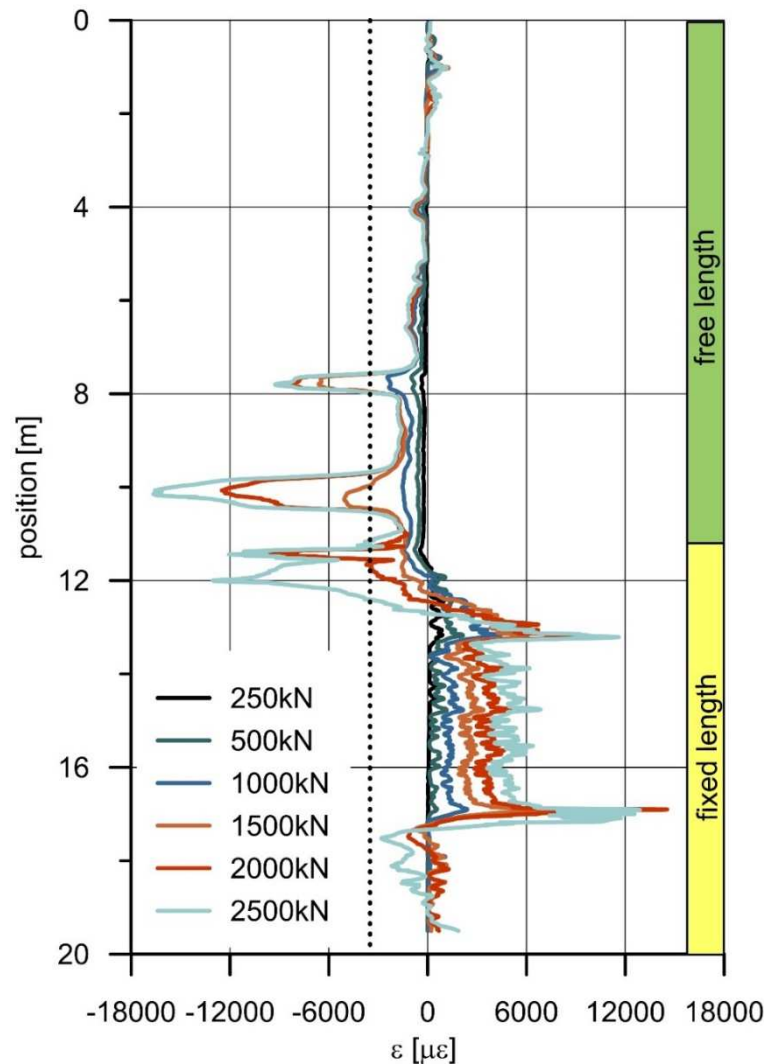
## FASEROPTISCHE MESSEINRICHTUNG



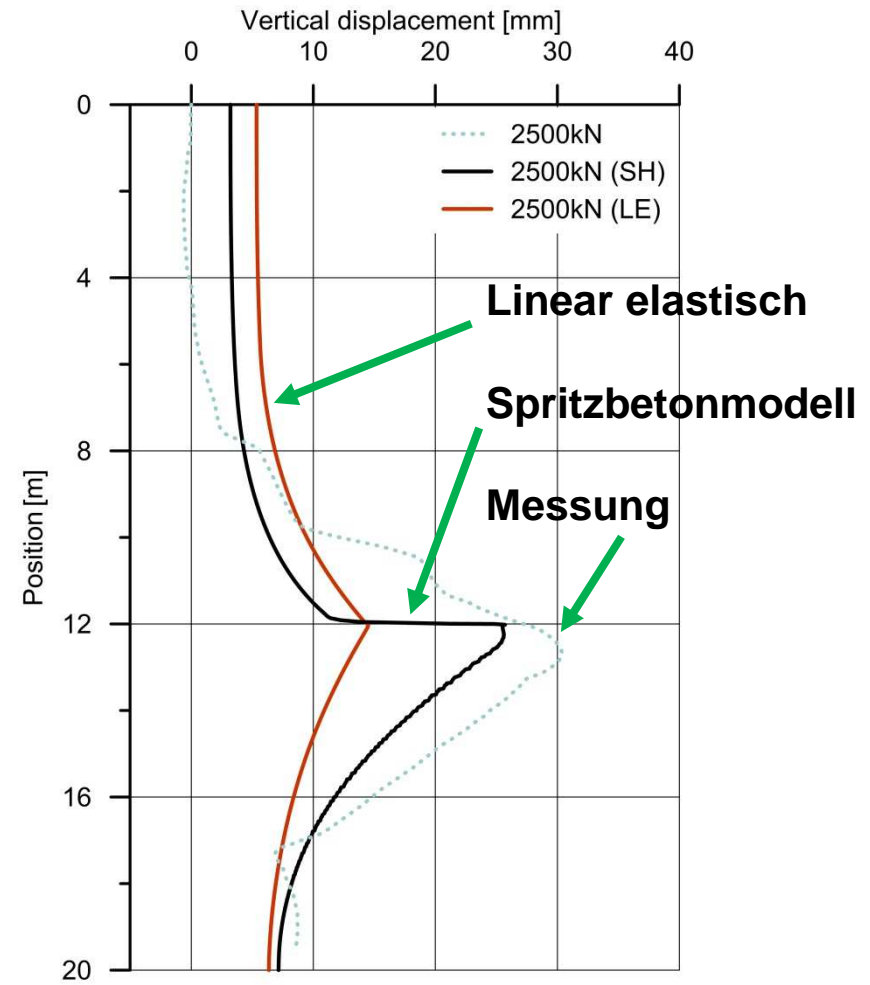
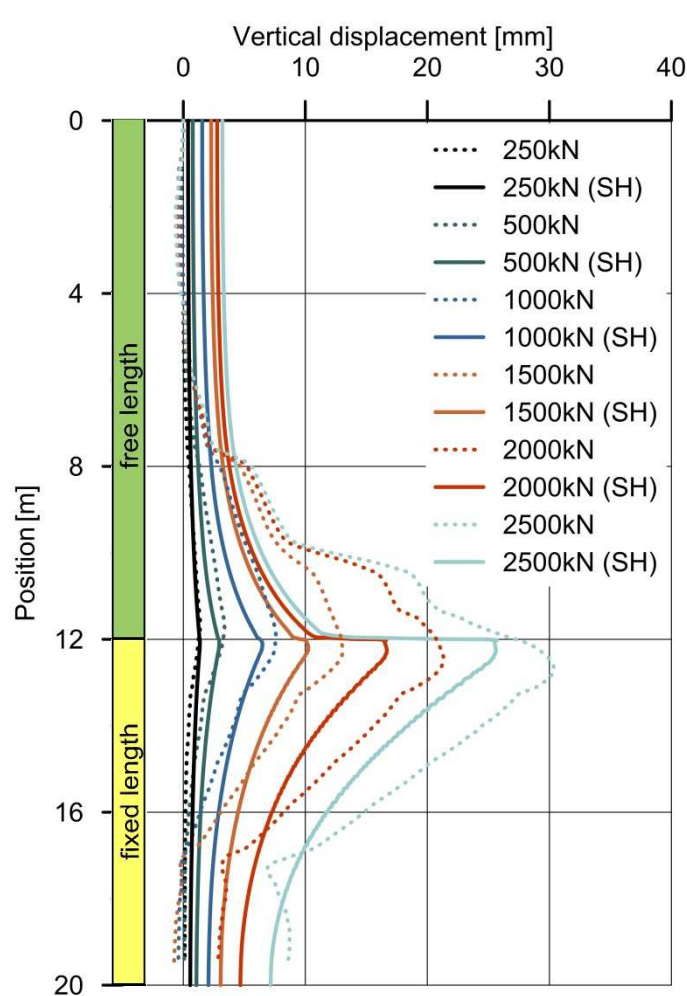
## MESSERGEBNISSE



## MESSERGEBNISSE

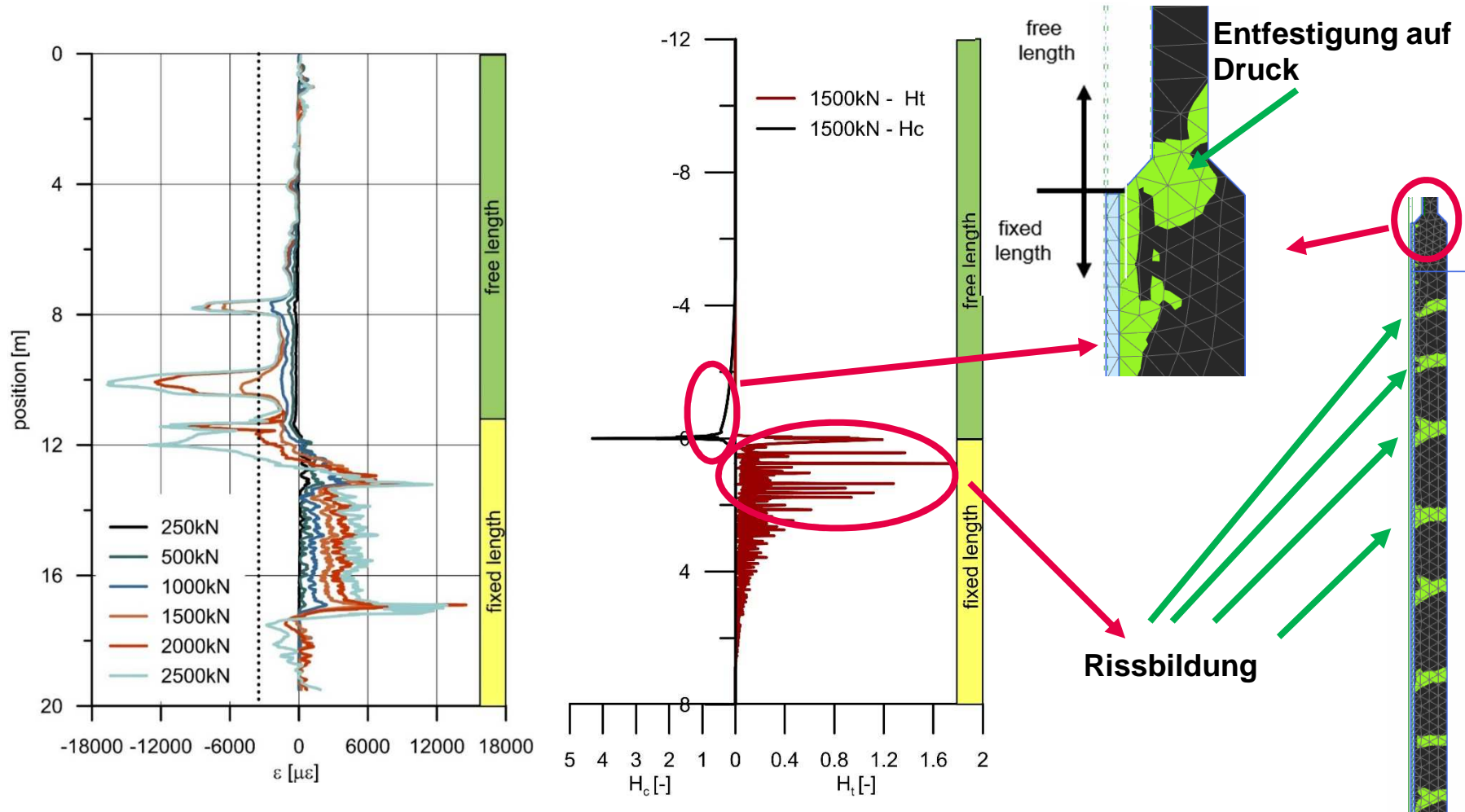


## MESSERGEBNISSE - VERGLEICH MIT BERECHNUNG



Verschiebungen im Zementmörtel

## MESSERGEBNISSE - VERGLEICH MIT BERECHNUNG





S C I E N C E ■ P A S S I O N ■ T E C H N O L O G Y



# NUMERISCHE MODELLIERUNG EINES ANKERZUGVERSUCHES UND VERGLEICH MIT FASEROPTISCHEN MESSUNGEN

**Helmut F. Schweiger**

Acknowledgements: **B. Schädlich, V. Racansky, J. Chalmovsky, H. Woschitz, W. Lienhart**

Computational Geotechnics Group  
Institute for Soil Mechanics and Foundation Engineering  
Graz University of Technology

Fachkolloquium 25 Jahre Baugrund Dresden, 3. März 2016



Institute for  
**SOIL MECHANICS** and  
**FOUNDATION ENGINEERING**

COMPUTATIONAL **geotechnics** GROUP

