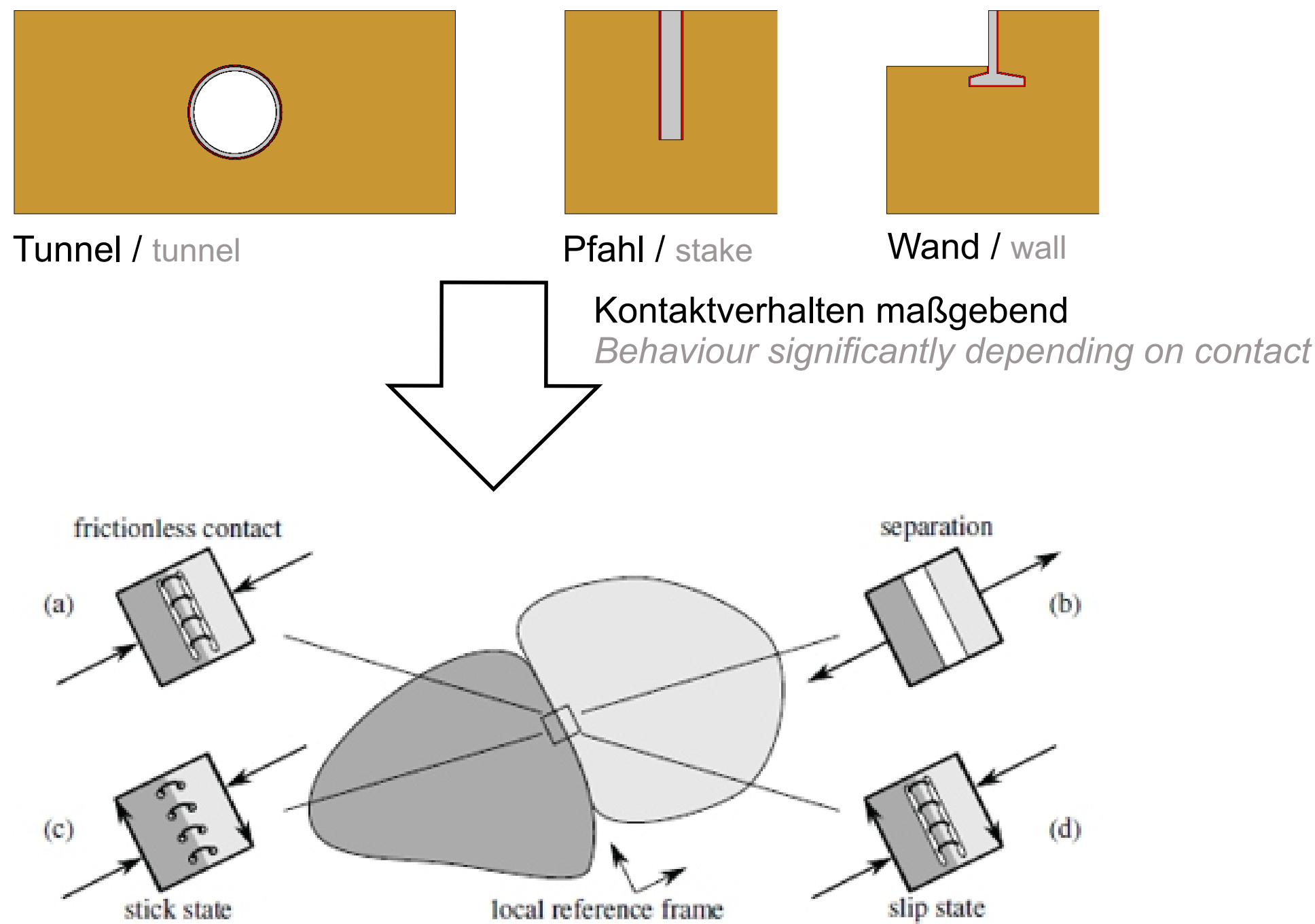




## Boden-Bauwerks-Interaktion Arbeitsgruppe Numerik Stoffgesetze, Bodendynamik *Soil-Structure-Interaction*

M.Sc. Michael Niebler

### Kontaktmechanik *Contact mechanics*



Darstellung der möglichen Kontaktzustände (Yastrebov 2013)  
*Possible states of the contact (Yastrebov 2013)*

#### Grundlagen:

Durch Kontakt Unstetigkeit im Finiten-Elementen-Modell; Gleichungssystem unsymmetrisch  
Kontakt kann nicht durch einfache Randbedingungen berücksichtigt werden

#### Kontaktarten:

- Reibungsfreier Kontakt:
  - Reine Übertragung von Normalkräften  $N$  (a)
  - Zugdehnung/Zugkraft führt zur Öffnung des Kontaktes (b)
- Reibkontakt (nur bei geschlossenem Kontakt ( $F > 0$ )):
  - Zusätzlich zur Normalkomponente tangential Spannungskomponenten  $T$
  - Möglichkeiten:
    - Haften -> keine Relativverformung und unendliche Schubspannungen  $T$  (c)
    - Gleiten -> Relativverformung und Energiedissipation (d)
    - Reines Gleiten -> Reibungsfrei und keine Übertragung von Schubspannungen  $T$

#### Fundamentals:

Imply discontinuity into FE; asymmetric system of equation  
Contact constraints cannot be considered by ordinary boundary conditions

#### Possible states of the contact:

- Frictionless contact: (= normal contact)
  - Contact only sustains normal stress  $N$  (a)
  - Any stretching/tension leads to the vanishing of the contact interaction (b)
- Frictional contact (only if the contact is closed ( $F > 0$ )) -> additionally
  - Stick -> no relative displacement and infinite shear stress  $T$  (c)
  - Slip -> relative displacement and transmission of shear stress  $T$  (d)
  - poor sliding -> Frictionless and no transmission of shear stress  $T$

### Modellierung der tangentialen Kontakttrichtung *Possible modelling approaches for the shear component*

#### Modellierung mit Interface-/Kontinuumsselementen (begrenzte Deformation)

##### Surface-Contact:

- Vernachlässigung:
  - Rauer Kontakt ("Tied")
  - Reibungsfreier Kontakt
- Reibmodell mit Grenzbedingungen nach Coulomb
- Speziell entwickelte Kontaktmodelle (Interaktion  $T$  zu  $N$ )
- Verwendung des Materialmodells des Bodens:
  - Abbildung der Scherzone: Bauteil - Baugrund
  - Übertragung gesamter Schubspannungen zwischen Boden und Bauwerk
  - Dicke  $d_s = 5 - 10 \times d_{50}$
  - Abhängigkeit von Zustandsvariablen analog zu angrenzendem Boden

#### Modelling through Interface-/Continuums Elements (small-sliding)

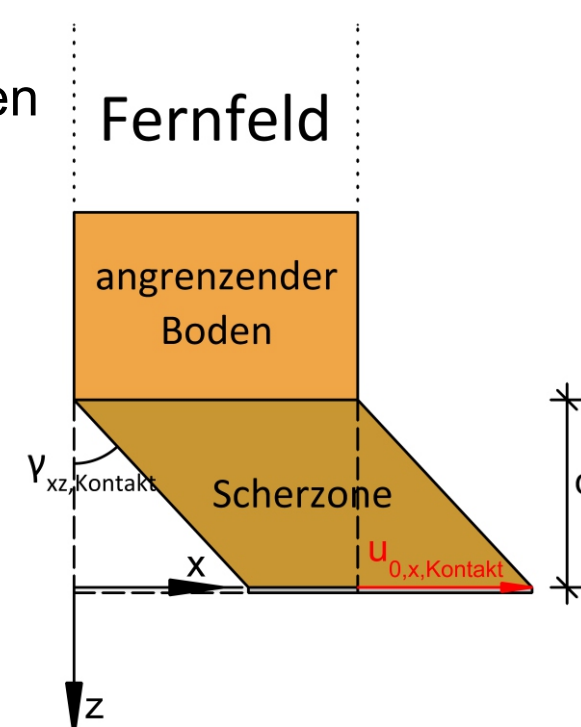
##### Surface-Contact:

- Neglecting contact interaction
  - Rough (infinite stiff)
  - Frictionless (smooth)
- Coulomb friction law
- Specially developed contact models (interaction between  $T$  and  $N$ )
- Application of existing material models:
  - Representation of the shear zone:
    - Transfer of entire shear stresses between soil and structure
    - Thickness  $d_s = 5 - 10 \times d_{50}$
    - Dependence on state variables analogous to adjacent soil

#### - Getroffene Annahmen:

- $\tan \gamma = u / d_s$
- Spannungszustand der Scherzone analog zu angrenzendem Boden (Staubach et al. (2022))
- Verhalten tangential Richtung unabhängig von Normalenrichtung
- Keine Berücksichtigung Ver- und Entspannung

Theoretische Darstellung des Bodenverhaltens entlang eines Bauwerkes



Theoretical representation of soil behaviour along a structure

#### - Applied assumptions:

- $\tan \gamma = u / d_s$
- Stress state of shear zone analogous to adjacent soil (Staubach et al. (2022))
- Behaviour tangential direction independent of normal direction
- No consideration of jamming (increase of stress) and unjamming (relaxation)

### Möglichkeiten der objektiven numerischen Betrachtung der Scherzonenentwicklung *Capabilities of objective numerical observation of shear zone development*

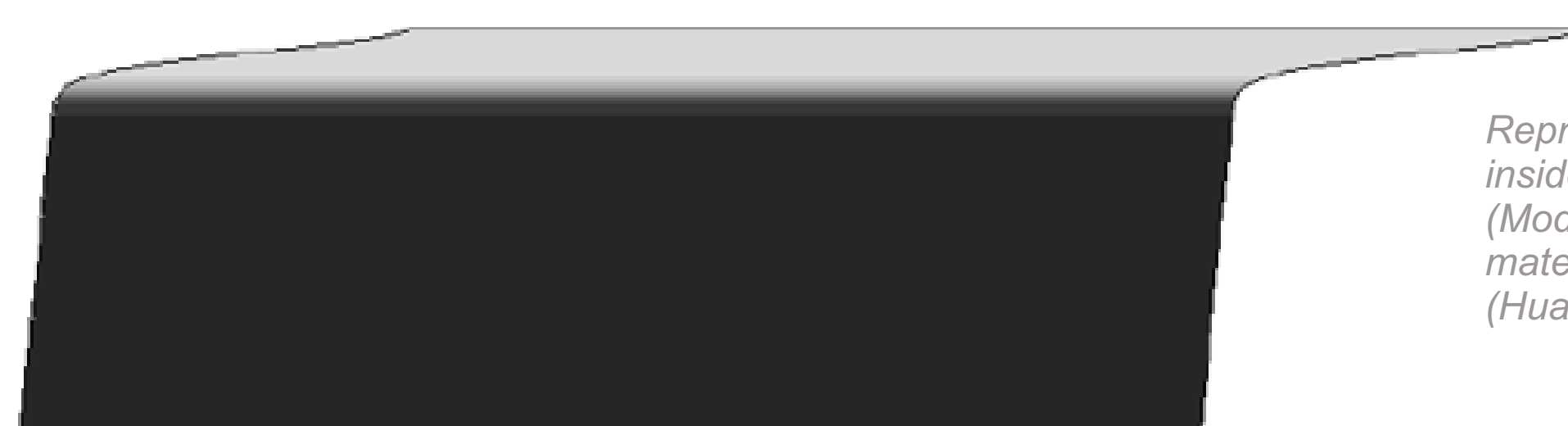
#### Regulierungsmethoden:

- Nichtlokale Theorie
- Polare (Cosserat) Theorie

#### Regulatory methods:

- Non-local theory
- Polar (Cosserat) theory

Darstellung der Porenzahlverteilung innerhalb und außerhalb einer Scherzone (Modellierung mit einem Mikropolaren hypoplastischen Materialmodell (Huang et al. (2003)))



Representation of the void ratio distribution inside and outside a shear zone (Modelling with a micropolar hypoplastic material model (Huang et al. (2003)))

- Gradienten-Theorie
- Diskrete-Elementen-Methode (DEM)

- Gradient theory
- Discrete Element Method (DEM)