

# Dynamische Finite-Elemente-Analysen von Staudämmen unter Erdbebenbeanspruchungen

*Dipl.-Ing. Frank Brötzmann*

*BAUGRUND DRESDEN Ingenieurgesellschaft mbH*

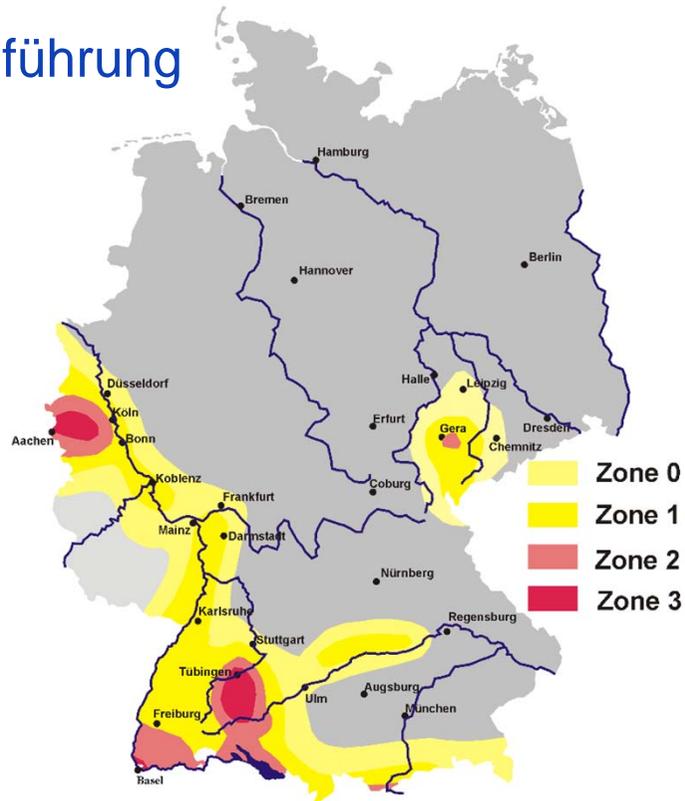
INNOVATIVE GEOTECHNIK, 15. SEPTEMBER 2011



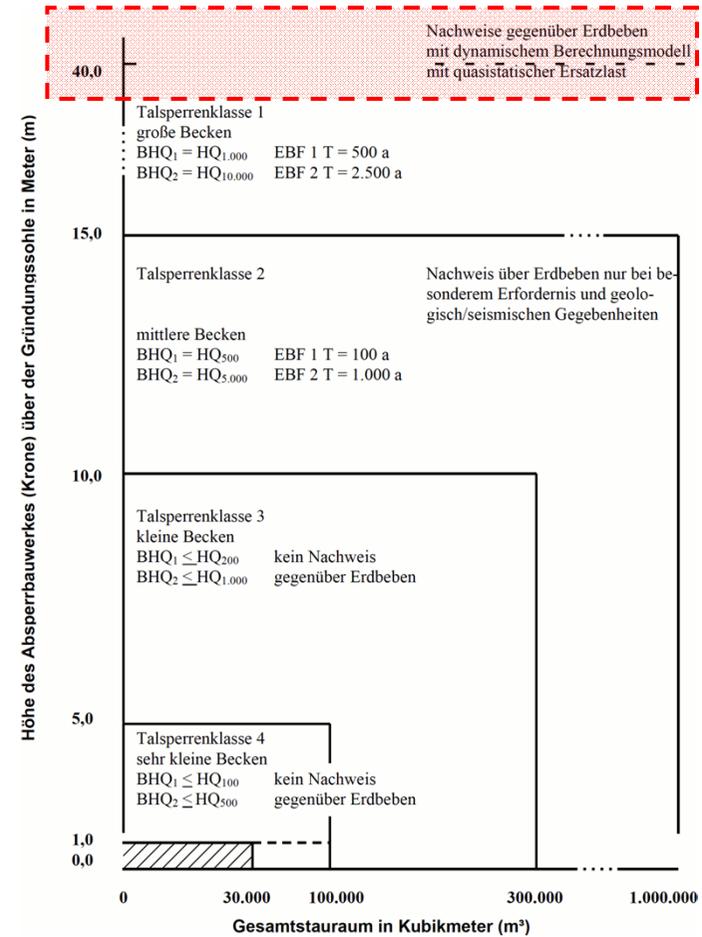
# Inhaltsübersicht

- Einführung
- Grundlagenermittlung
- Berechnungen
- Ergebnisse
- Zusammenfassung und Ausblick

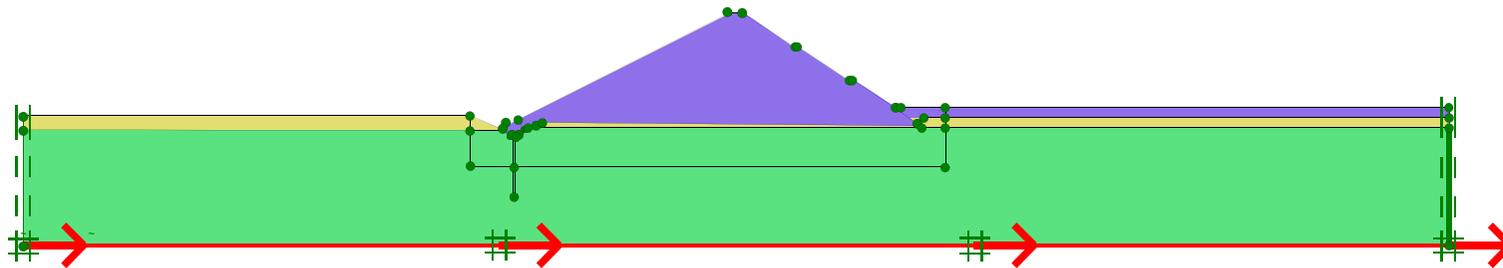
# Einführung



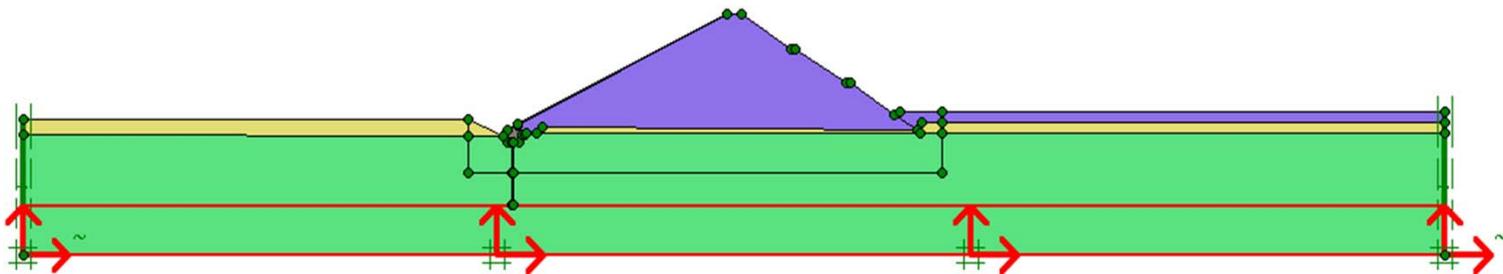
DIN 4149: 2005;  
[commons.wikimedia.org/wiki/File:Erdbebenzonen.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Erdbebenzonen.png)



# Einführung



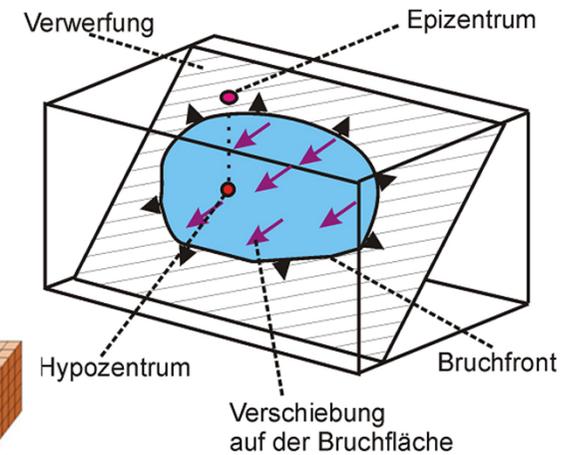
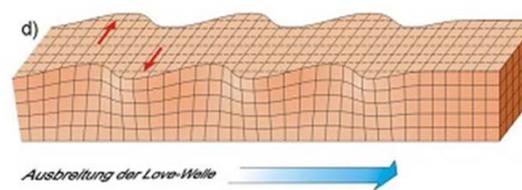
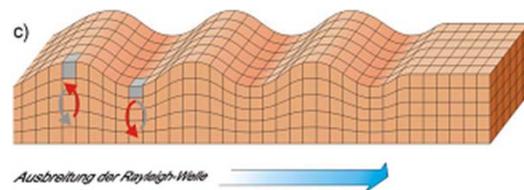
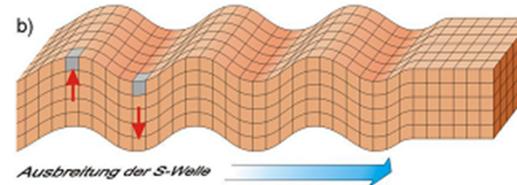
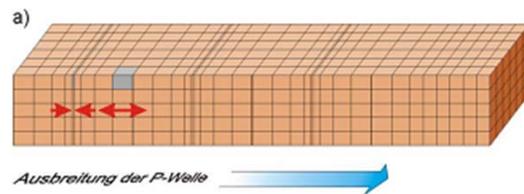
Nur horizontale Beanspruchungsrichtungen



Unabhängige horizontale und vertikale Beanspruchungsrichtungen

# Einführung

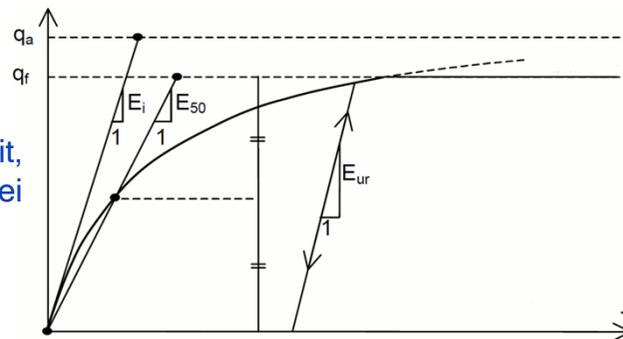
## „dynamische“ Prozesse bei Erdbeben



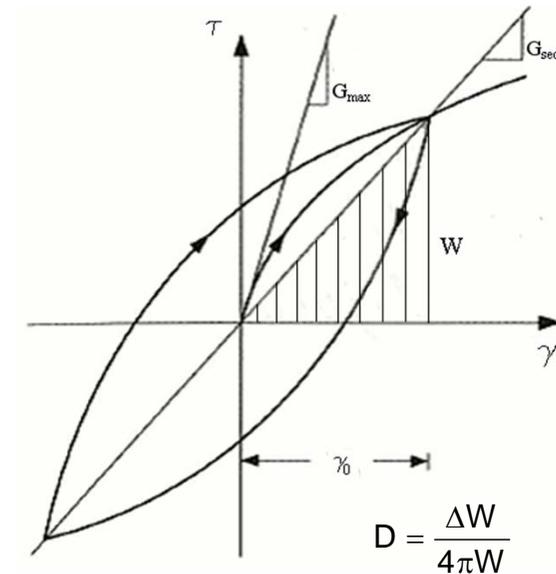
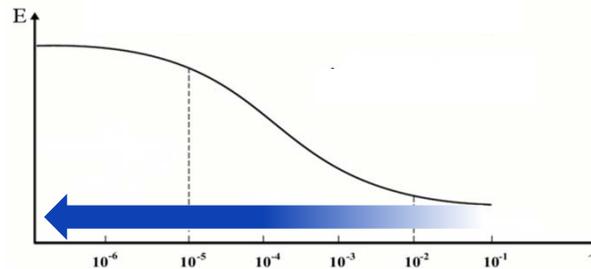
# Grundlagenermittlung

## Materialeigenschaften

Spannungsabhängige Steifigkeit,  
unterschiedliche Steifigkeiten bei  
Be- und Entlastung



Erhöhte Steifigkeit bei  
sehr kleinen Dehnungen  
(dynamische Dehnungen)  
„small-strain-Effekt“

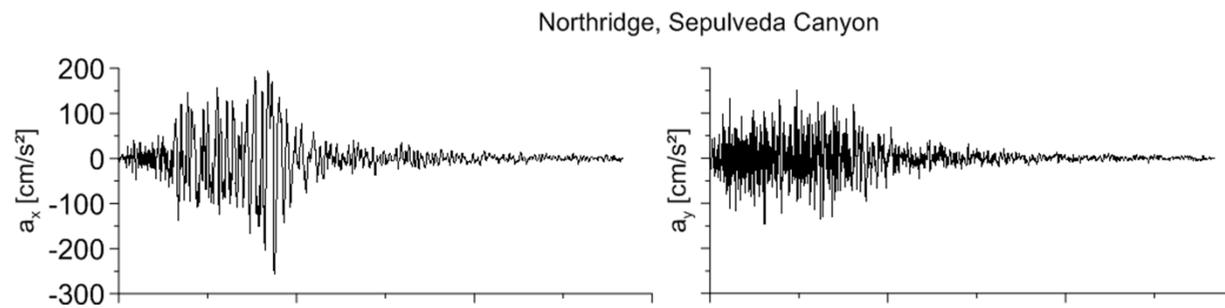


Materialdämpfung infolge  
Hysterese bei dynamischen  
Beanspruchungen

➔ Stoffgesetz

# Grundlagenermittlung

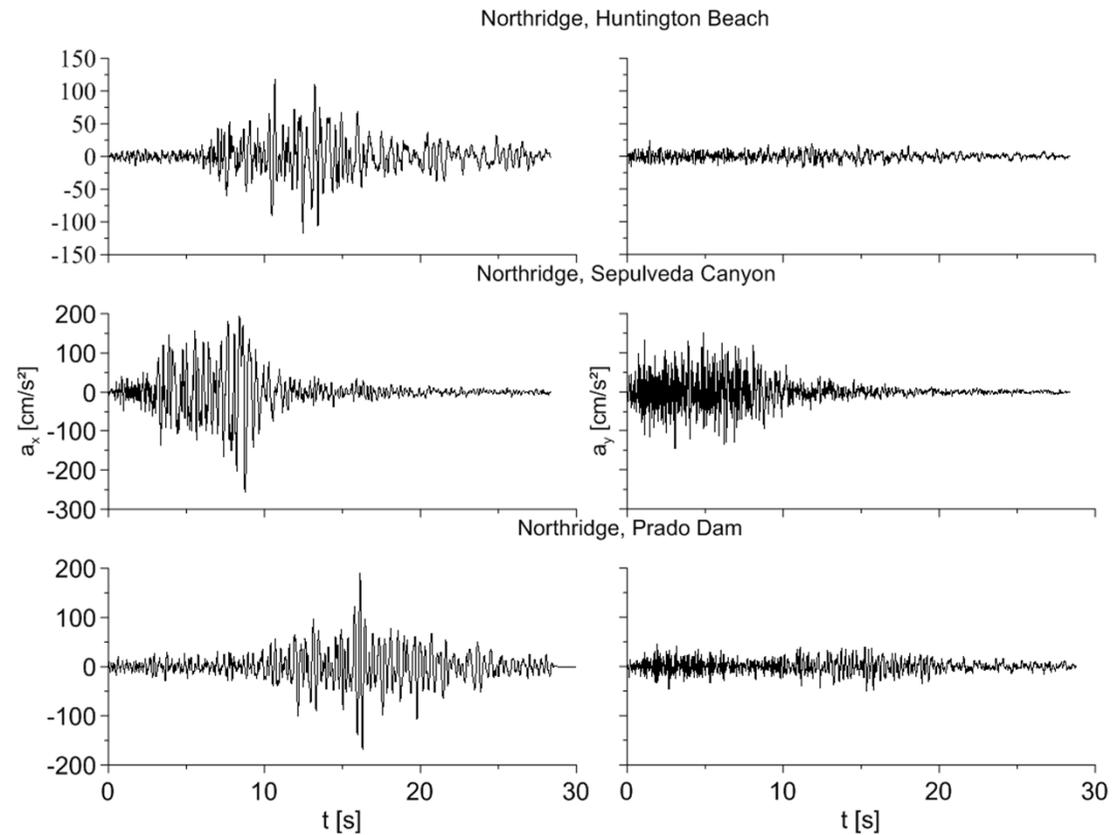
## Strong Motion



# Grundlagenermittlung

Strong Motion

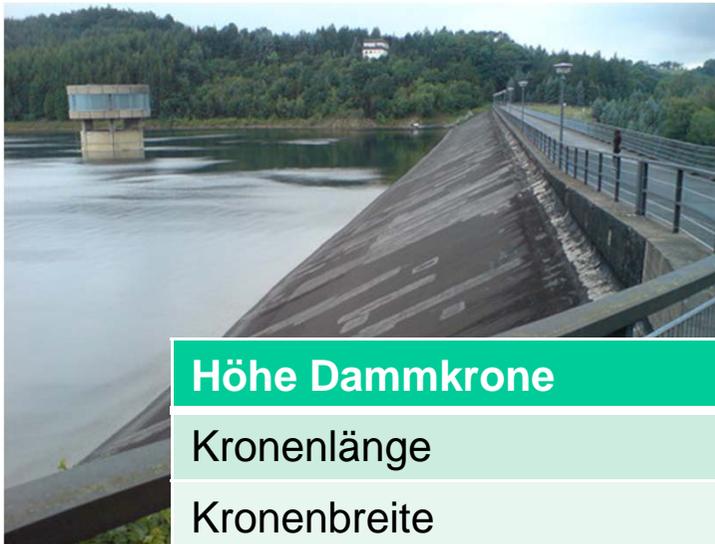
Geologie



➔ Zeit-Schritt-Verfahren

## Berechnungen

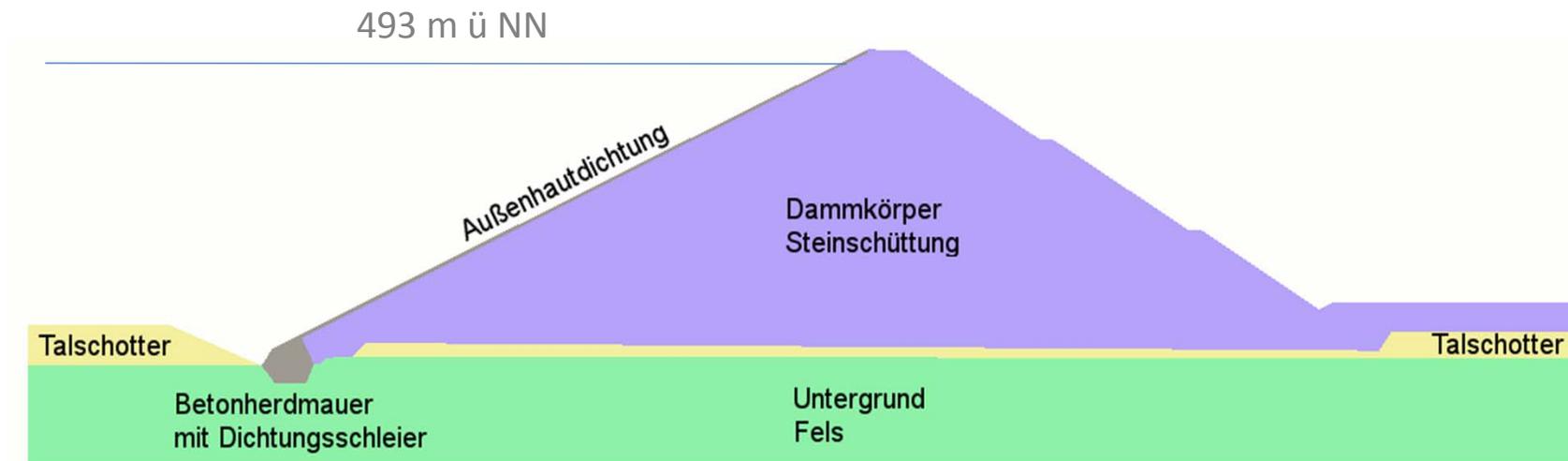
### Beispieldamm „Lichtenberg“ im Erzgebirge



<b>Höhe Dammkrone</b>	<b>497 m über NN</b>
Kronenlänge	300 m
Kronenbreite	6 m
Höhe über Gründungssohle	46 m

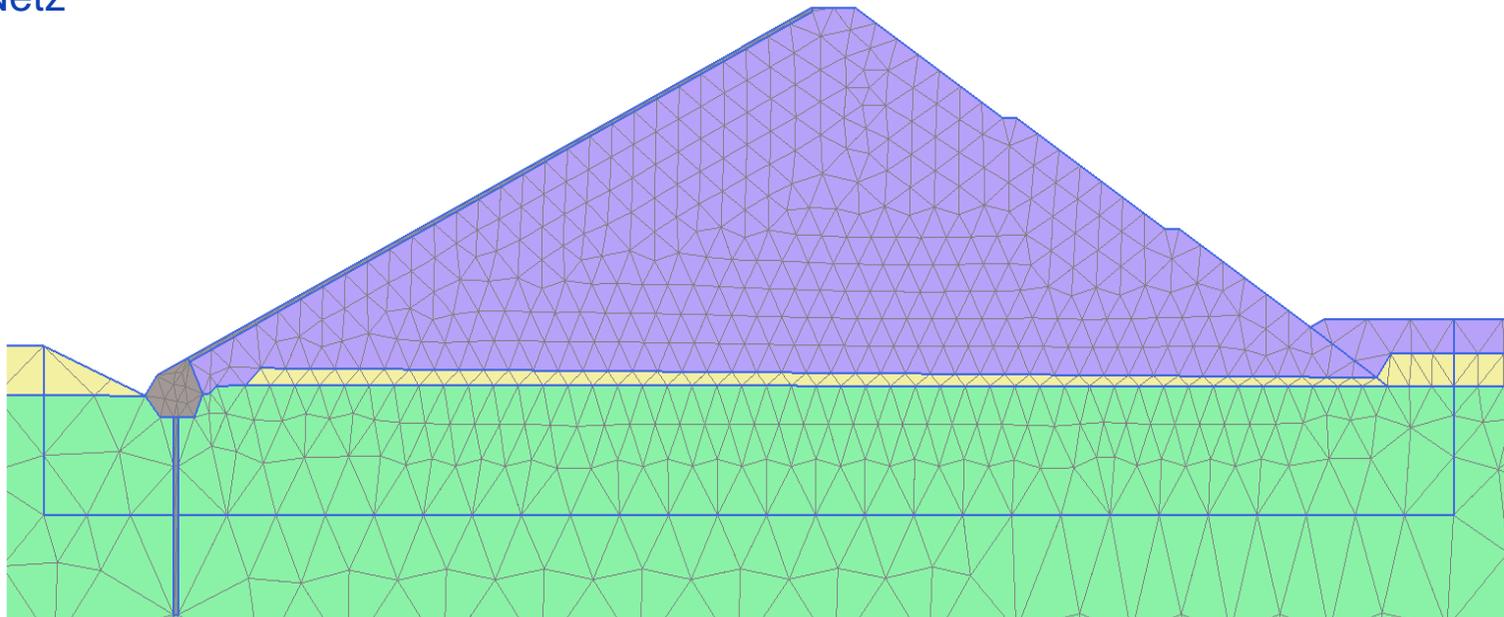
## Berechnungen

### Beispieldamm „Lichtenberg“ im Erzgebirge

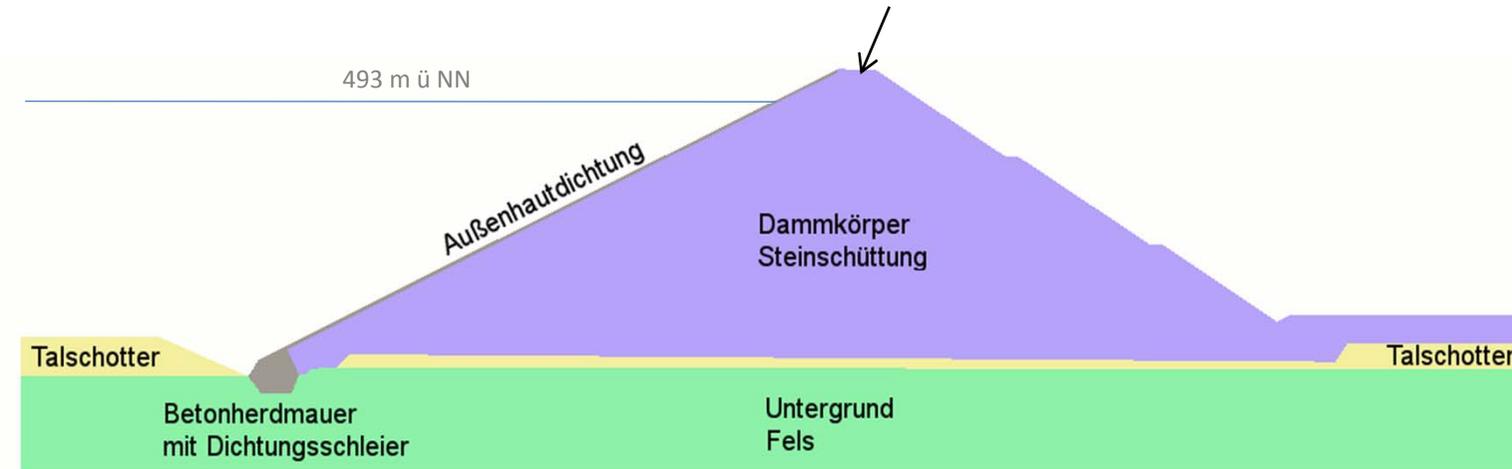


# Berechnungen

## FE-Netz

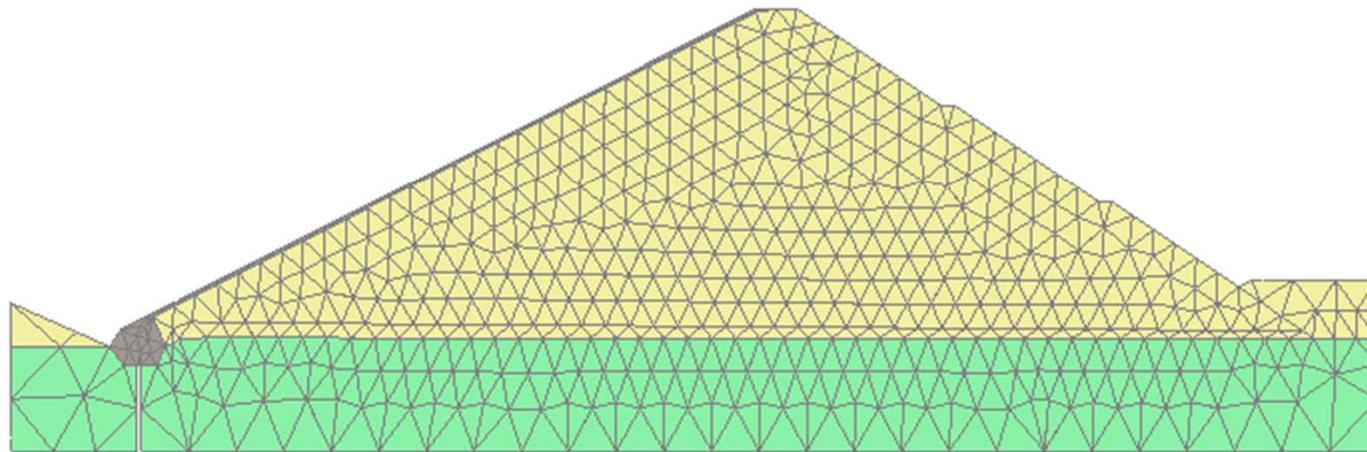


## Berechnungen



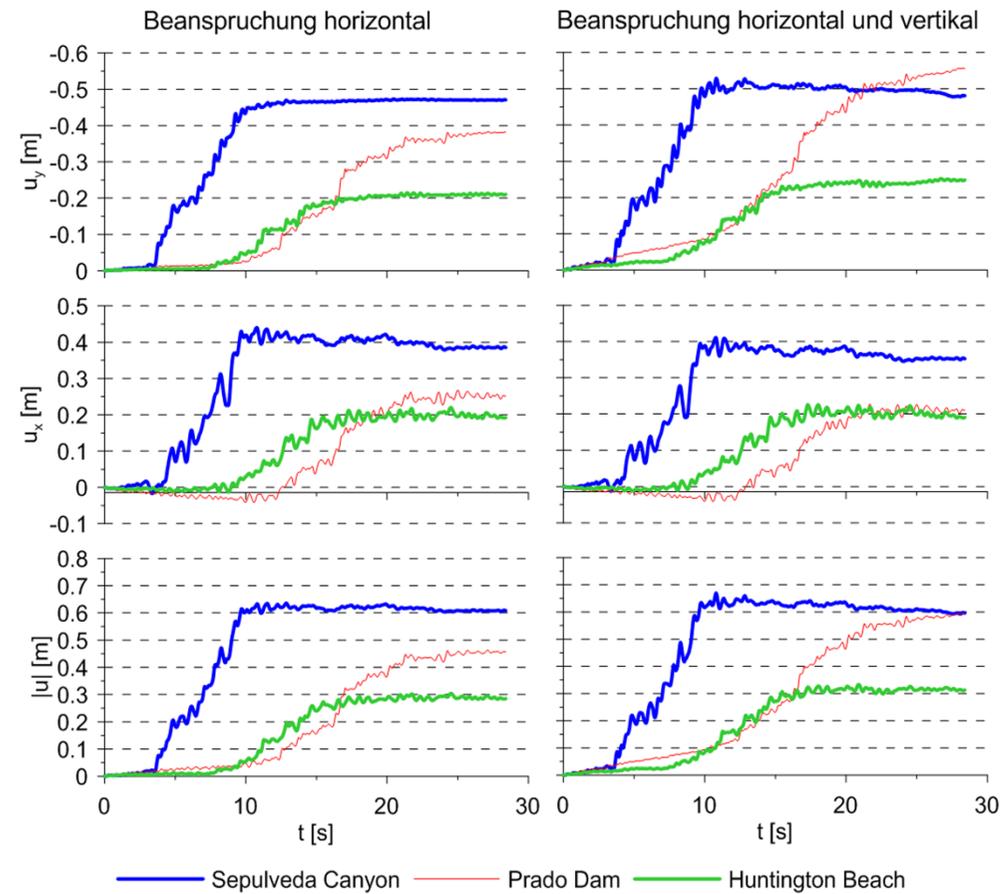
- Reaktion auf verschiedene Erdbebenverläufe
- Variation des Untergrundes
- Berücksichtigung gefüllter Beckenraum
- Variation der Stoffparameter (Steife- und Scherparameter)
- **Stand sicherheitsbetrachtung**

# Ergebnisse

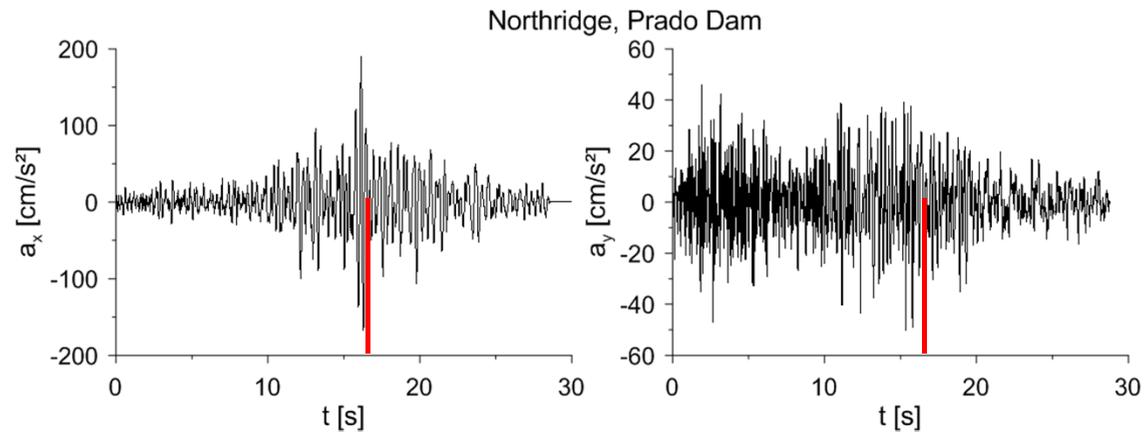


# Ergebnisse

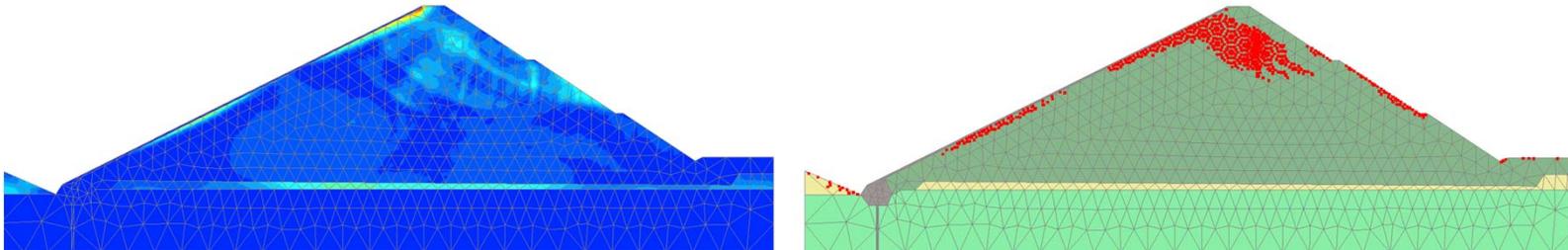
## Reaktion an der Dammkrone



## Ergebnisse

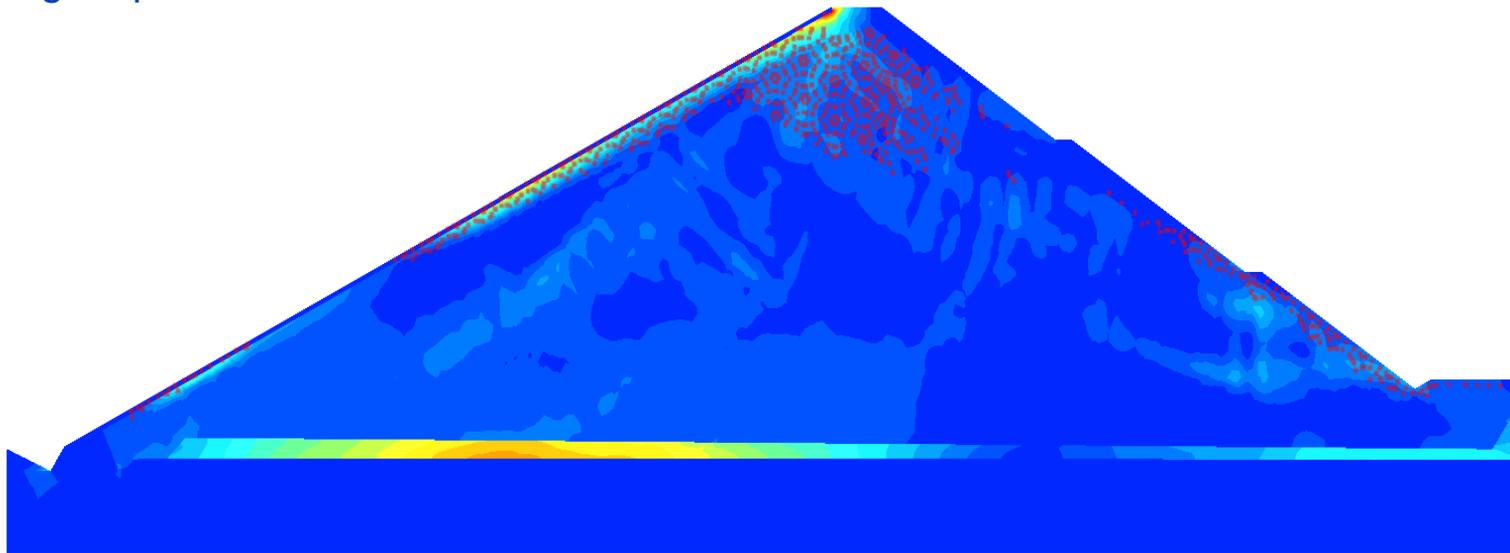


$t = 16,88$  s



## Ergebnisse

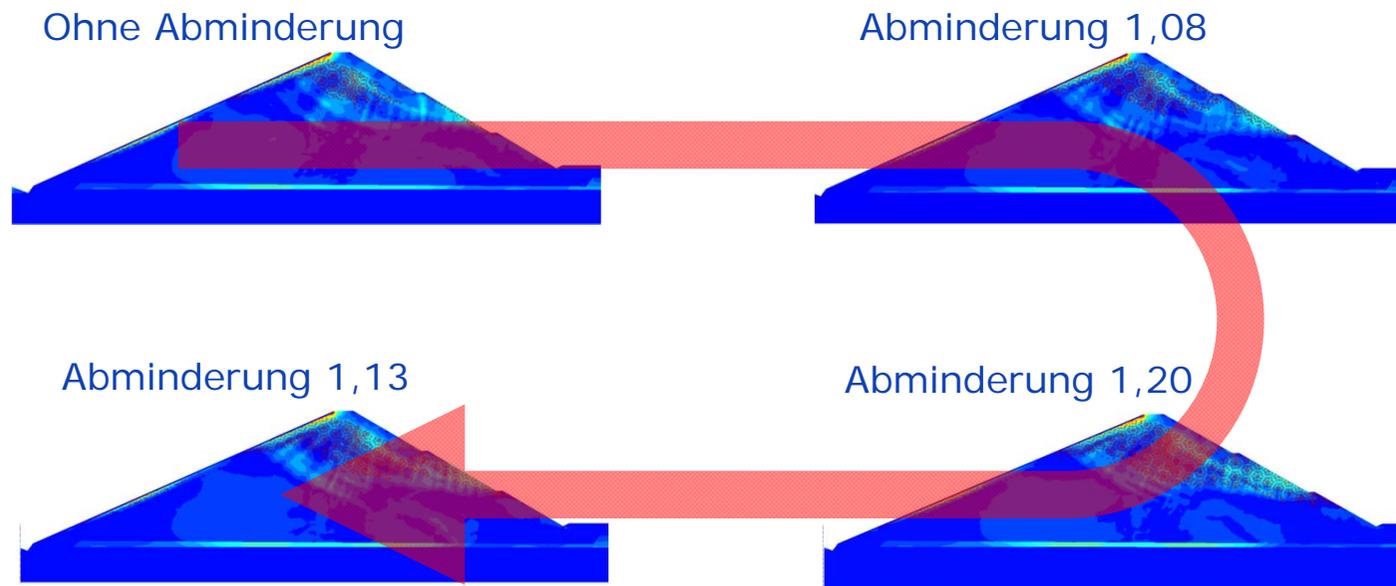
### Versagenspunkte eines Zeitschritts



**t = 19,60 s:** inkrementelle Dehnung und Plastifizierungspunkte, ohne Abminderung

## Ergebnisse

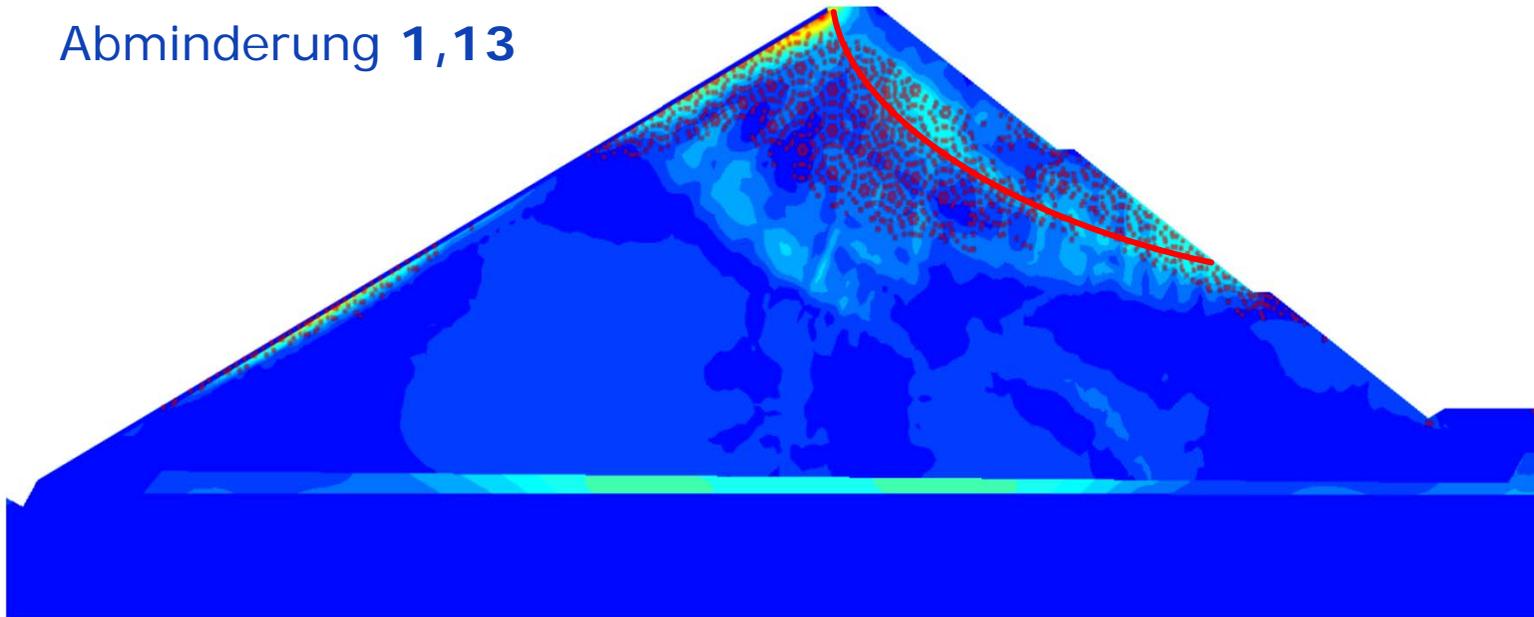
### „Dynamische“ Phi-c-Reduktion



## Ergebnisse

„Dynamische“ Phi-c-Reduktion

Abminderung **1,13**



## Zusammenfassung

■ Falluntersuchung der Beanspruchungsrichtung

■ Eingrenzung maßgeblicher Versagenszeitpunkte

■ Standsicherheit abschätzbar

■ Versagensmechanismen ableitbar für konventionelle Standsicherheitsberechnungen

## Ausblick

Verwendbarkeit von Stoffmodellen

Kalibrierung der Standsicherheitsberechnung

Akkumulation von Porenwasserdruck

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

INNOVATIVE GEOTECHNIK 15. SEPTEMBER 2011