

DI Michael HOLZMANN

STUDIE ZUR ANWENDBARKEIT VERSCHIEDENER MATERIALMODELLE IN DER FE-BERECHNUNG VON STAUDÄMMEN

in Kooperation mit



12. Juni 2008

Nachrechnung eines bestehenden Schüttdammes

- Spannungs-Verformungsverhalten numerisch analysieren

Nachrechnung eines bestehenden Schüttdammes

- Spannungs-Verformungsverhalten numerisch analysieren
- Eignung verschiedener Stoffgesetze für geotechnische Fragestellungen

Nachrechnung eines bestehenden Schüttdammes

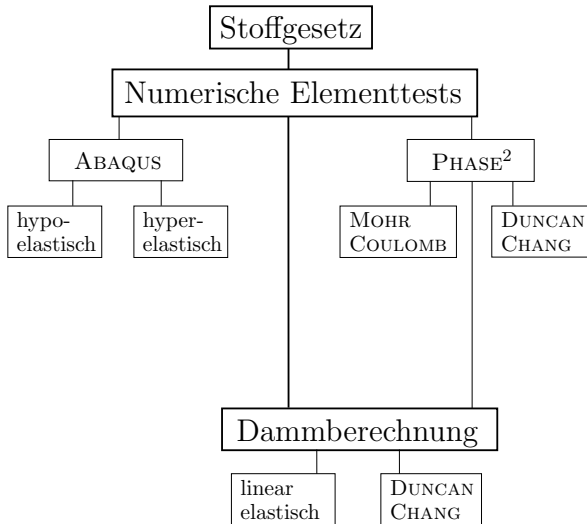
- Spannungs-Verformungsverhalten numerisch analysieren
- Eignung verschiedener Stoffgesetze für geotechnische Fragestellungen
- Bewertung und Überprüfung der numerischen Ergebnisse erfolgte durch Vergleich mit
 - 1 Versuchswerten von Triax- und Ödometerproben
 - 2 Messwerten am Staudamm Gepatsch

Nachrechnung eines bestehenden Schüttdammes

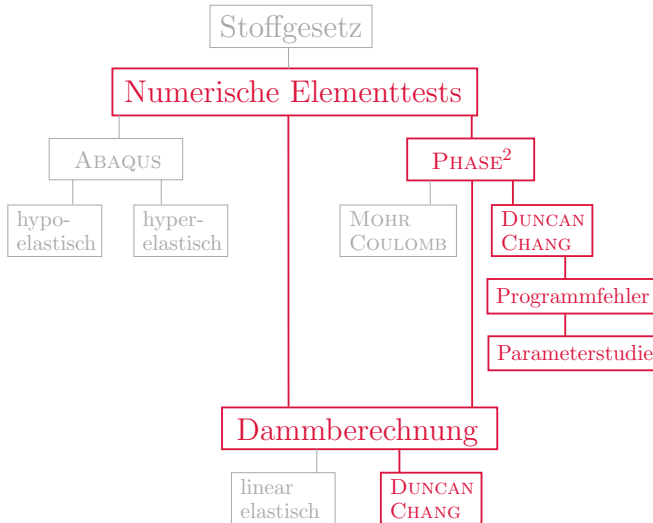
- Spannungs-Verformungsverhalten numerisch analysieren
- Eignung verschiedener Stoffgesetze für geotechnische Fragestellungen
- Bewertung und Überprüfung der numerischen Ergebnisse erfolgte durch Vergleich mit
 - 1 Versuchswerten von Triax- und Ödometerproben
 - 2 Messwerten am Staudamm Gepatsch
- Verwendung der FE-Programme ABAQUS und PHASE²

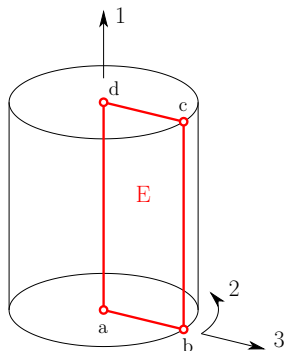
Nachrechnung eines bestehenden Schüttdammes

- Spannungs-Verformungsverhalten numerisch analysieren
- Eignung verschiedener Stoffgesetze für geotechnische Fragestellungen
- Bewertung und Überprüfung der numerischen Ergebnisse erfolgte durch Vergleich mit
 - 1 Versuchswerten von Triax- und Ödometerproben
 - 2 Messwerten am Staudamm Gepatsch
- Verwendung der FE-Programme ABAQUS und PHASE²

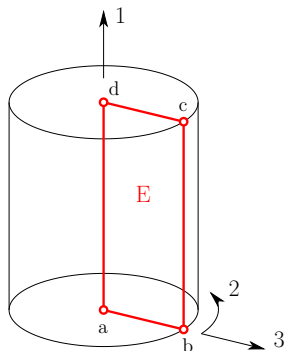


Schwerpunkte der Präsentation

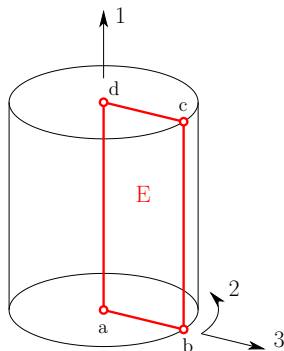




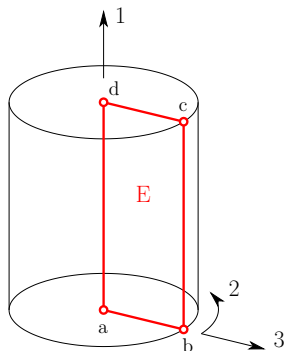
- Axialsymmetrischer Spannungszustand bzw. Randbedingungen
- Spannungen und Verformungen sind homogen verteilt



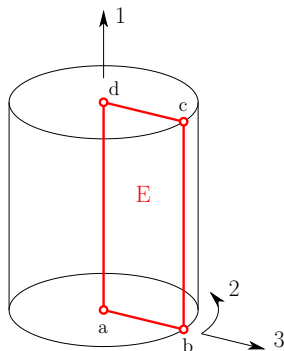
- Axialsymmetrischer Spannungszustand bzw. Randbedingungen
- Spannungen und Verformungen sind homogen verteilt
- Hauptrichtungen der Spannungen und Verformungen



- Axialsymmetrischer Spannungszustand bzw. Randbedingungen
- Spannungen und Verformungen sind homogen verteilt
- Hauptrichtungen der Spannungen und Verformungen
- Berechnung unter ödometrischen und triaxialen Randbedingungen

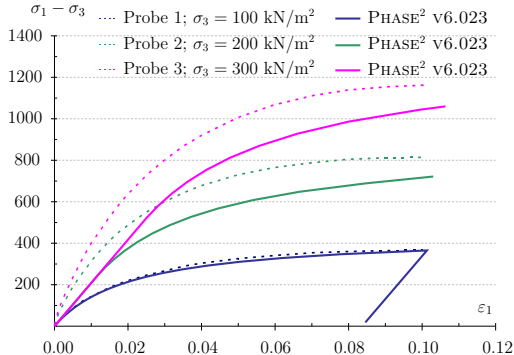


- Axialsymmetrischer Spannungszustand bzw. Randbedingungen
- Spannungen und Verformungen sind homogen verteilt
- Hauptrichtungen der Spannungen und Verformungen
- Berechnung unter ödometrischen und triaxialen Randbedingungen
- Nachgerechnet wurden Versuchskurven von Hochstetten-Sand



- Axialsymmetrischer Spannungszustand bzw. Randbedingungen
- Spannungen und Verformungen sind homogen verteilt
- Hauptrichtungen der Spannungen und Verformungen
- Berechnung unter ödometrischen und triaxialen Randbedingungen
- Nachgerechnet wurden Versuchskurven von Hochstetten-Sand

Hochstetten-Sand



- Berechnung mit PHASE² v6.023

- Ansatz von JANBU

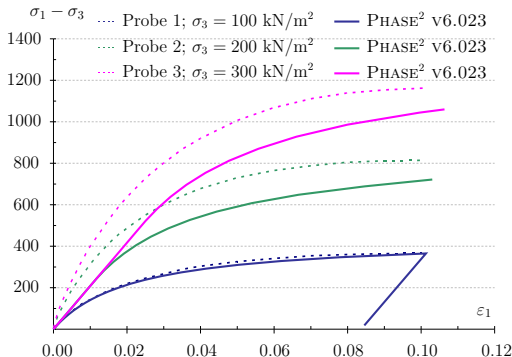
$$E_0 = \text{fkt. } (\sigma_3)$$

- σ_3 hat keinen Einfluß auf Anfangssteifigkeit E_0

→ Implementierungsfehler

- Übermittlung der Erkenntnisse an ROCSCIENCE

Hochstetten-Sand



- Berechnung mit PHASE² v6.023

- Ansatz von JANBU

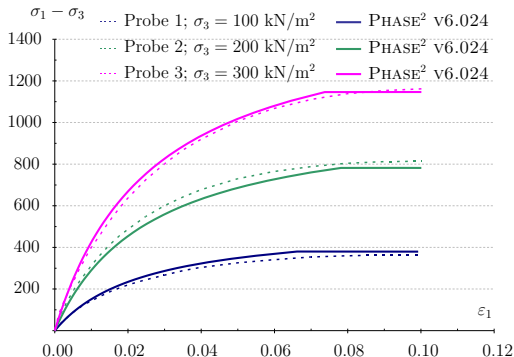
$$E_0 = \text{fkt. } (\sigma_3)$$

- σ_3 hat keinen Einfluß auf Anfangssteifigkeit E_0

→ Implementierungsfehler

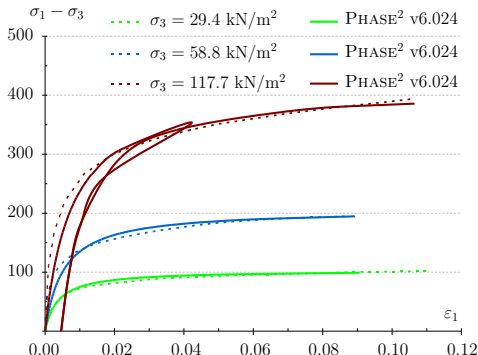
- Übermittlung der Erkenntnisse an ROCSCIENCE

Hochstetten-Sand



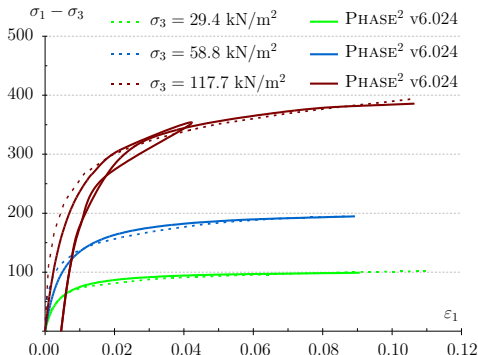
- Upgrade von PHASE² auf Version 6.024
- Anfangssteifigkeit richtig implementiert
- sehr gute Approximation der Versuchskurven

Monterey-Sand



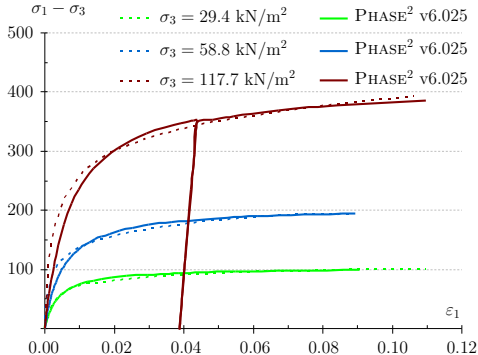
- anelastisches Verhalten durch Schaltfunktion implementiert
- Be- und Entlastung soll einer Geraden folgen
→ Implementierungsfehler
- Übermittlung der Erkenntnisse an ROCSCIENCE

Monterey-Sand



- anelastisches Verhalten durch Schaltfunktion implementiert
- Be- und Entlastung soll einer Geraden folgen
→ Implementierungsfehler
- Übermittlung der Erkenntnisse an ROCSCIENCE

Monterey-Sand



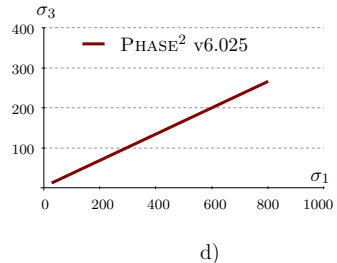
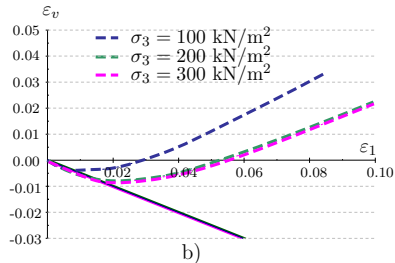
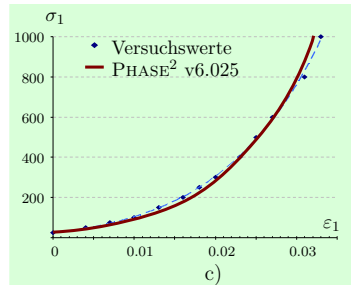
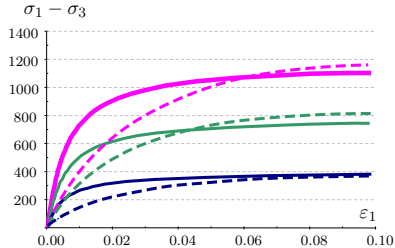
- Upgrade der Software auf Version 6.025
- Steifigkeit E_{ur} für Ent- und Wiederbelastung richtig implementiert

- Vergleich numerischer Ergebnisse für 3 verschiedene Parametersätze mit Versuchswerten an Hochstetten-Sand
- für eine Berechnung nach DUNCAN CHANG sind 8 Kenngrößen erforderlich
- Bestimmen der Parameter aus:
 - ▶ Ödometerversuch - Entwicklung eines eigenen Konzeptes zur Parameterbestimmung

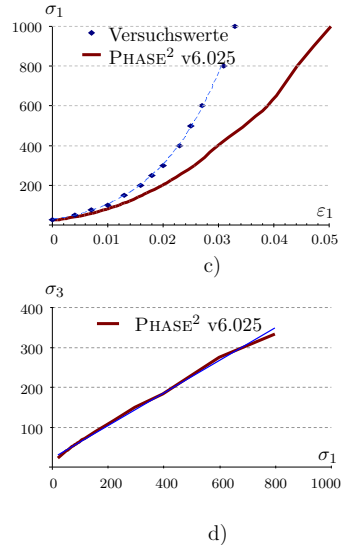
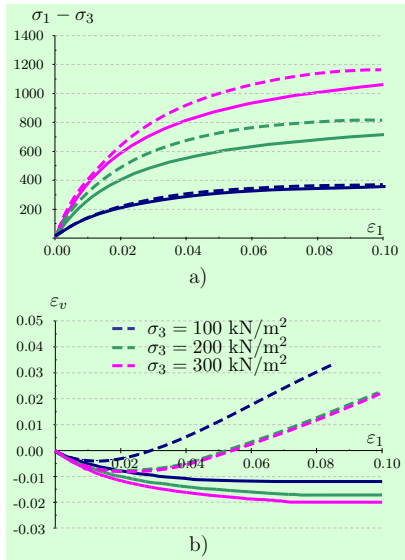
- Vergleich numerischer Ergebnisse für 3 verschiedene Parametersätze mit Versuchswerten an Hochstetten-Sand
- für eine Berechnung nach DUNCAN CHANG sind 8 Kenngrößen erforderlich
- Bestimmen der Parameter aus:
 - ▶ Ödometerversuch - Entwicklung eines eigenen Konzeptes zur Parameterbestimmung
 - ▶ Triaxialversuch - Parametersatz nach ATV-DVWK M502

- Vergleich numerischer Ergebnisse für 3 verschiedene Parametersätze mit Versuchswerten an Hochstetten-Sand
- für eine Berechnung nach DUNCAN CHANG sind 8 Kenngrößen erforderlich
- Bestimmen der Parameter aus:
 - ▶ Ödometerversuch - Entwicklung eines eigenen Konzeptes zur Parameterbestimmung
 - ▶ Triaxialversuch - Parametersatz nach ATV-DVWK M502
 - ▶ Triaxialversuch - Parametersatz nach DUNCAN

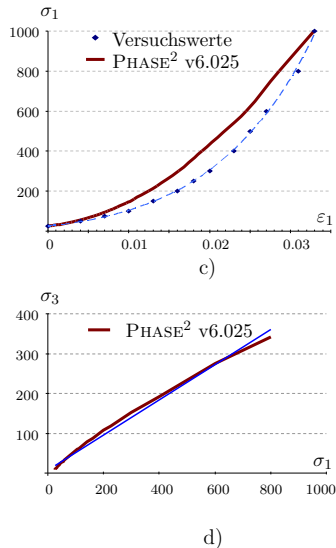
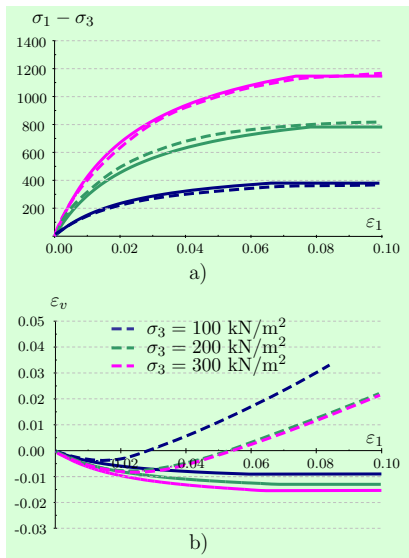
- Vergleich numerischer Ergebnisse für 3 verschiedene Parametersätze mit Versuchswerten an Hochstetten-Sand
- für eine Berechnung nach DUNCAN CHANG sind 8 Kenngrößen erforderlich
- Bestimmen der Parameter aus:
 - ▶ Ödometerversuch - Entwicklung eines eigenen Konzeptes zur Parameterbestimmung
 - ▶ Triaxialversuch - Parametersatz nach ATV-DVWK M502
 - ▶ Triaxialversuch - Parametersatz nach DUNCAN



Berechnung für den Parametersatz bestimmt aus Ödometerversuch



Berechnung für den Parametersatz bestimmt aus ATV-DVWK M502



Berechnung für den Parametersatz bestimmt nach DUNCAN

Spannungs-Verformungsanalyse am Staudamm Gepatsch

- TIWAG stellte die benötigten Daten und Software zur Verfügung
- Berechnung mit dem FE-Programm PHASE² v6.025

Spannungs-Verformungsanalyse am Staudamm Gepatsch

- TIWAG stellte die benötigten Daten und Software zur Verfügung
- Berechnung mit dem FE-Programm PHASE² v6.025
- Linear elastische Berechnung (E-Moduli nach Prof. SCHÖBER)
 - ▶ Diskretisierungsbereich
 - ▶ Netzkonvergenz
 - ▶ Modellierungsarten

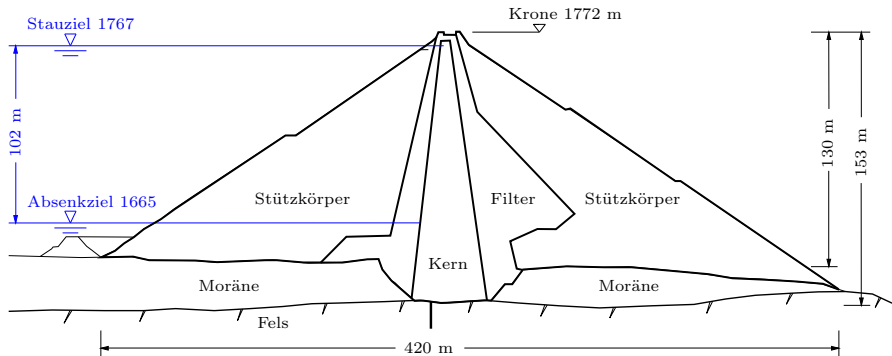
Spannungs-Verformungsanalyse am Staudamm Gepatsch

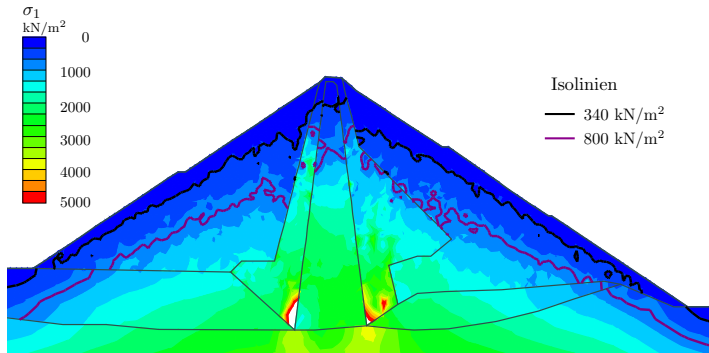
- TIWAG stellte die benötigten Daten und Software zur Verfügung
- Berechnung mit dem FE-Programm PHASE² v6.025
- Linear elastische Berechnung (E-Moduli nach Prof. SCHÖBER)
 - ▶ Diskretisierungsbereich
 - ▶ Netzkonvergenz
 - ▶ Modellierungsarten
- Berechnung mit dem Stoffgesetz von DUNCAN CHANG
 - ▶ Parameter wurden aus Triaxialversuchen ermittelt

Spannungs-Verformungsanalyse am Staudamm Gepatsch

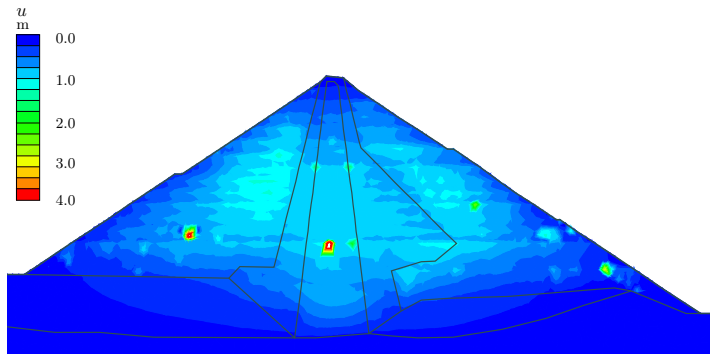
- TIWAG stellte die benötigten Daten und Software zur Verfügung
- Berechnung mit dem FE-Programm PHASE² v6.025
- Linear elastische Berechnung (E-Moduli nach Prof. SCHÖBER)
 - ▶ Diskretisierungsbereich
 - ▶ Netzkonvergenz
 - ▶ Modellierungsarten
- Berechnung mit dem Stoffgesetz von DUNCAN CHANG
 - ▶ Parameter wurden aus Triaxialversuchen ermittelt

Staudamm Gepatsch

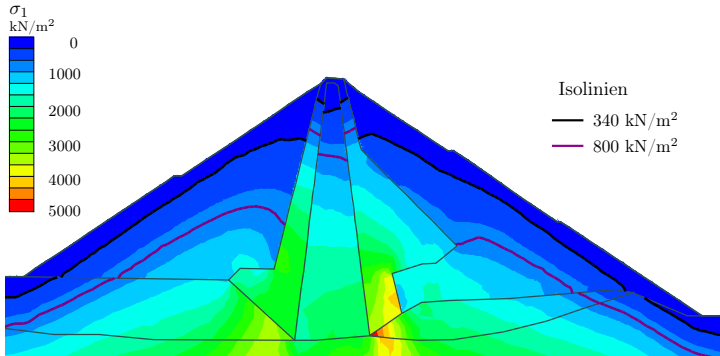




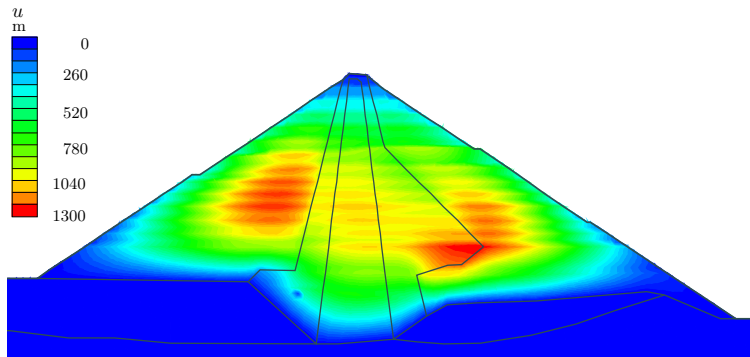
- unstetiger Verlauf der Spannungen
- weiterhin Fehler im Programm
- für Interpretation der Ergebnisse ungeeignet



- Tendenz der Setzungsverteilung erkennbar
- lokale unrealistische Spitzen
- Größe des gestörten Bereichs von Vernetzung und Elementtyp abhängig



- stetiger Verlauf der Spannungen
- Spannungsumlagerungen gut erkennbar



- Steifigkeit wird falsch berechnet
- Setzungen um bis zu 800% größer als der Damm
- unsinnige Ergebnisse für Setzungen

- Ergebnisse aus einer numerischen Berechnung sind auf Plausibilität zu prüfen
- Ingenieur sollte ausreichend theoretische Grundlagen über Numerik verfügen

- Ergebnisse aus einer numerischen Berechnung sind auf Plausibilität zu prüfen
- Ingenieur sollte ausreichend theoretische Grundlagen über Numerik verfügen
- Numerische Rechnungen sind für eine quantitative und qualitative Abschätzung geeignet

- Ergebnisse aus einer numerischen Berechnung sind auf Plausibilität zu prüfen
- Ingenieur sollte ausreichend theoretische Grundlagen über Numerik verfügen
- Numerische Rechnungen sind für eine quantitative und qualitative Abschätzung geeignet
- Versuchsbedingungen sind den zu erwartenden Verhältnissen im Dammbauwerk anzupassen

- Ergebnisse aus einer numerischen Berechnung sind auf Plausibilität zu prüfen
- Ingenieur sollte ausreichend theoretische Grundlagen über Numerik verfügen
- Numerische Rechnungen sind für eine quantitative und qualitative Abschätzung geeignet
- Versuchsbedingungen sind den zu erwartenden Verhältnissen im Dammbauwerk anzupassen
- Rechnungen mit dem Stoffgesetz von DUNCAN CHANG liefern gute Ergebnisse

- Ergebnisse aus einer numerischen Berechnung sind auf Plausibilität zu prüfen
- Ingenieur sollte ausreichend theoretische Grundlagen über Numerik verfügen
- Numerische Rechnungen sind für eine quantitative und qualitative Abschätzung geeignet
- Versuchsbedingungen sind den zu erwartenden Verhältnissen im Dammbauwerk anzupassen
- Rechnungen mit dem Stoffgesetz von DUNCAN CHANG liefern gute Ergebnisse
- ? PHASE² ?

- Ergebnisse aus einer numerischen Berechnung sind auf Plausibilität zu prüfen
- Ingenieur sollte ausreichend theoretische Grundlagen über Numerik verfügen
- Numerische Rechnungen sind für eine quantitative und qualitative Abschätzung geeignet
- Versuchsbedingungen sind den zu erwartenden Verhältnissen im Dammbauwerk anzupassen
- Rechnungen mit dem Stoffgesetz von DUNCAN CHANG liefern gute Ergebnisse
- ? PHASE² ?

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit