



Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft

GEOTEKT

Gips als nachwachsender Rohstoff?

Verfahren zur Hydratisierung von Anhydrit

Dr. Gerald Dehne
Geotekt GbR

Matthias Schwotzer
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH



Fachausschuss Rohstoffwirtschaft
der GDMB - November 2004



Vergipsung von Anhydrit

- Das Ziel
- Die Reaktion
- Einflussfaktoren auf die Geschwindigkeit der Vergipsung
- Der Weg zu einem technischen Verfahren

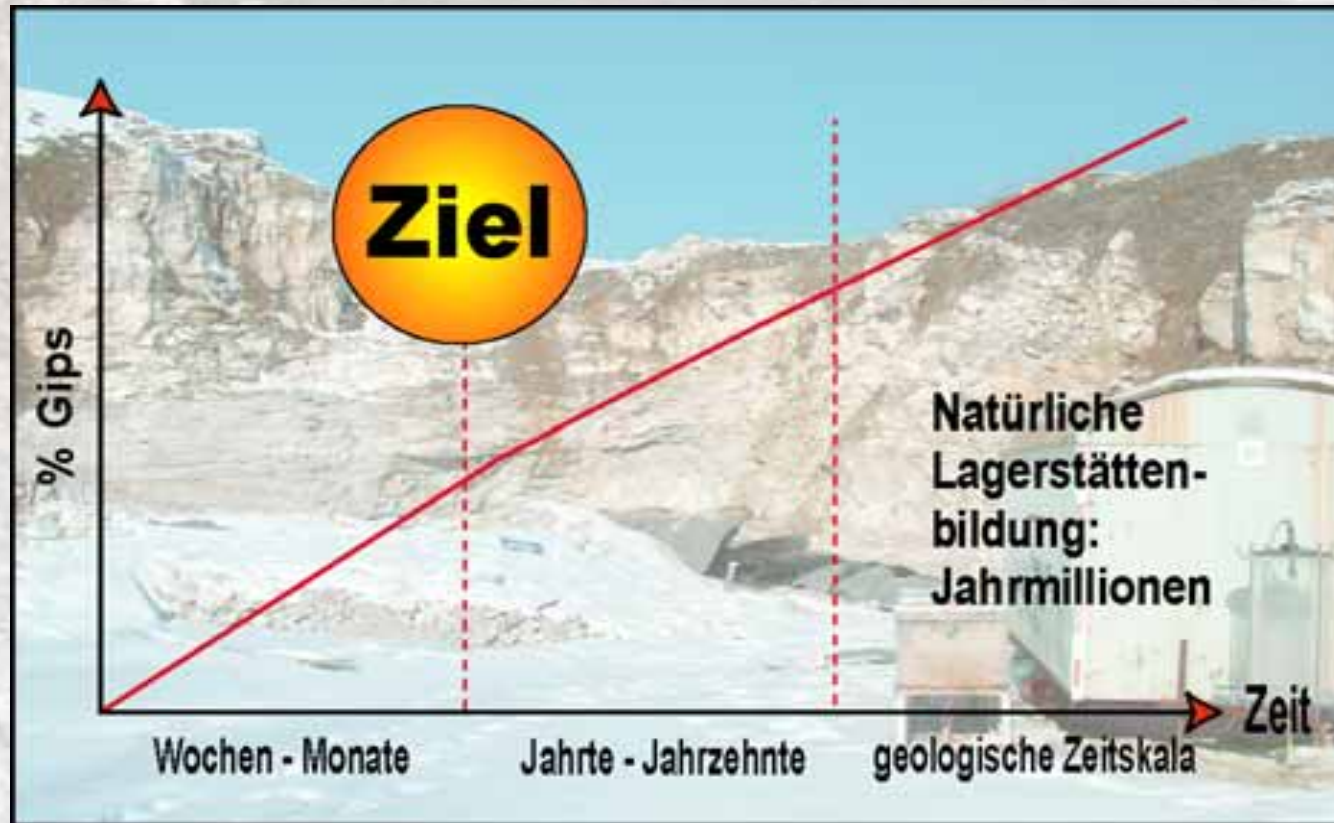


Vergipsung von Anhydrit Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung



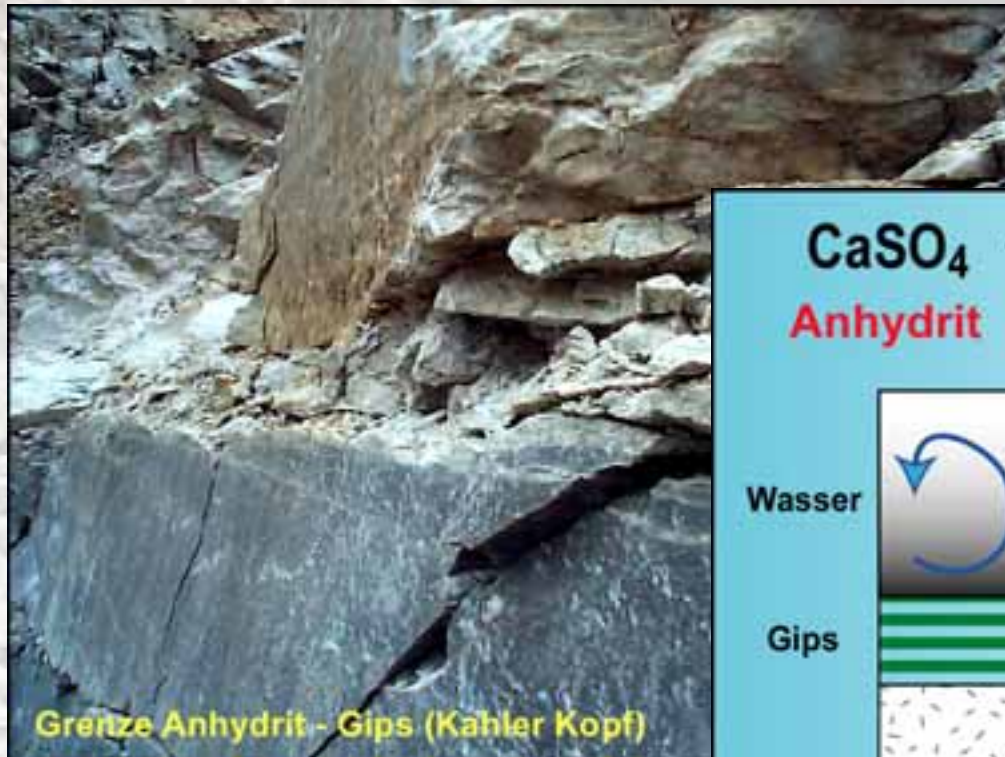
Die Rohstoffproblematik der Gipsindustrie erfordert Jahrzehnte vorausschauende Lösungsansätze, die sowohl ökologischen als auch ökonomischen Gesichtspunkten Rechnung tragen.

Ziel des Projektes „Vergipsung von Anhydrit“



Technisch beschleunigte Neubildung **wirtschaftlich relevanter** Gipslagerstätten aus anhydritreichem Gestein

Natürliche Bildung von Gipslagerstätten



$$\text{CaSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CaSO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$$

Anhydrit **Wasser** **Gips**

Lösungs- und Wiederausfällungsreaktion

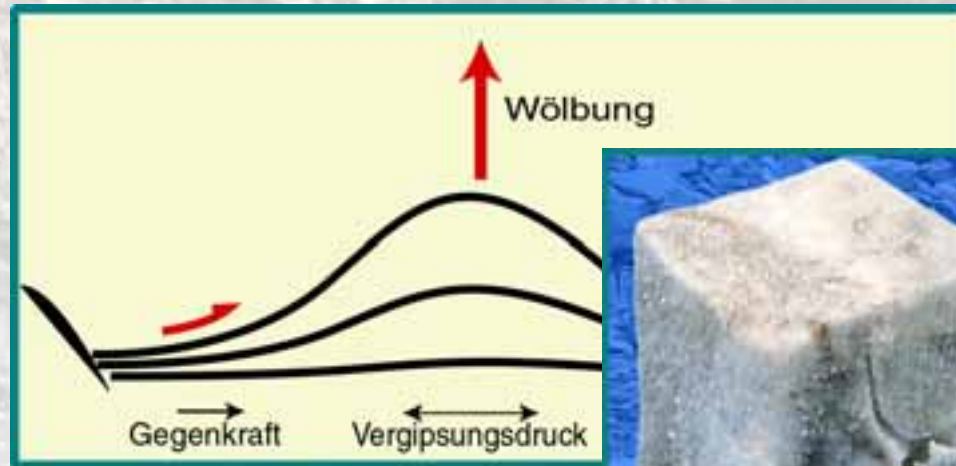
- Anhydrit löst sich auf
- Gips kristallisiert

Spontan ablaufender jedoch sehr langsamer Prozess

Gipslagerstätten haben sich in Jahrtausenden gebildet



Beschleunigung der natürlichen Vergipsungsreaktion



Reproduktion der Zwergenlöcher im Labor

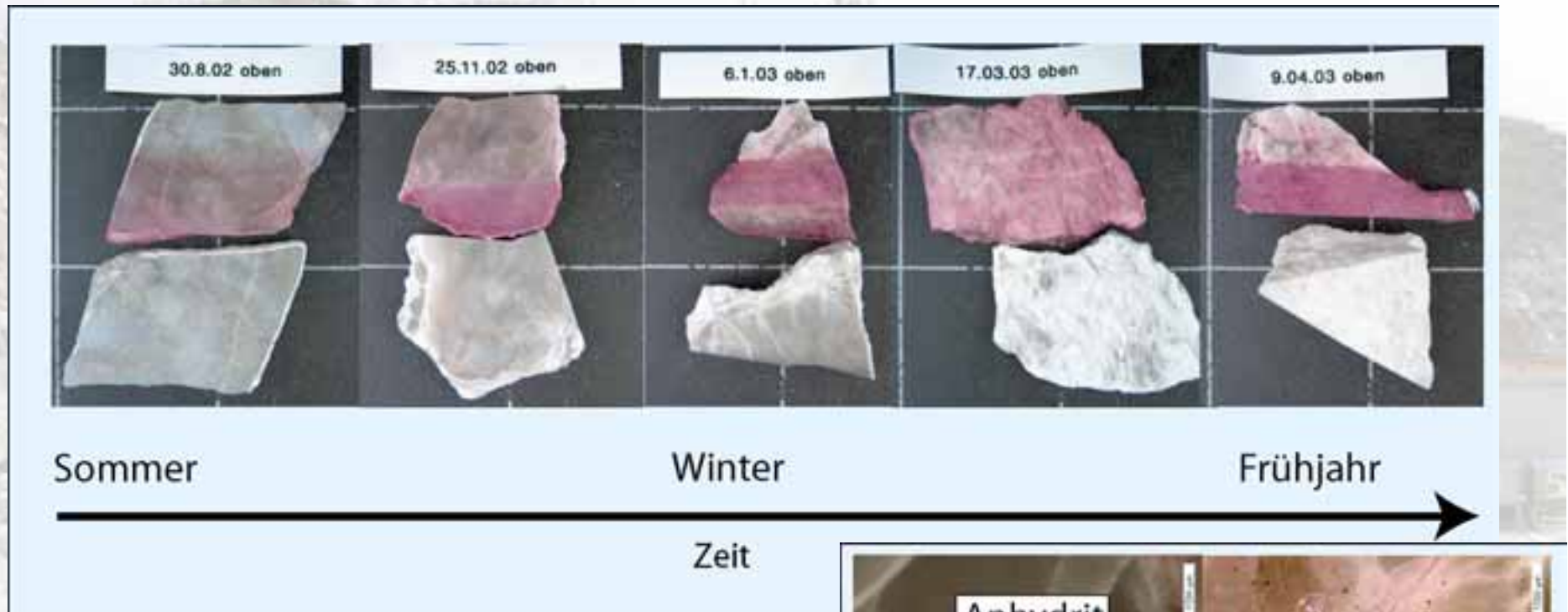
Durch Einstellung reaktionsfördernder Bedingungen im Laborexperiment konnte die "Zwergenlochbildung" in 2-3 Wochen forciert werden.

Der Kristallisationsdruck von (in Poren und kleinsten Frakturen) wachsenden Gipskristallen verursacht eine mechanische Beanspruchung des Anhydritprobekörpers. Der Anhydritquader ist "aufgequollen".

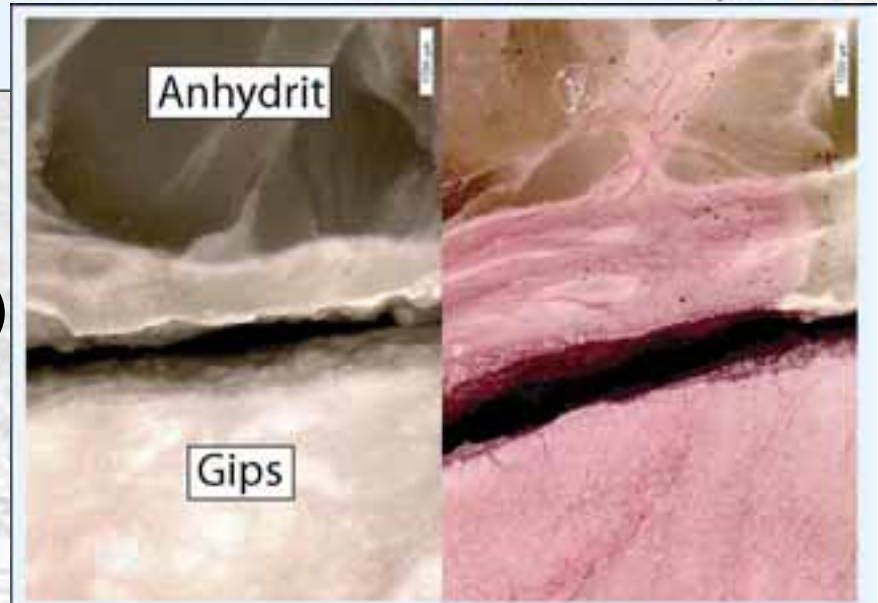


Umsetzung des Großversuches im Steinbruch



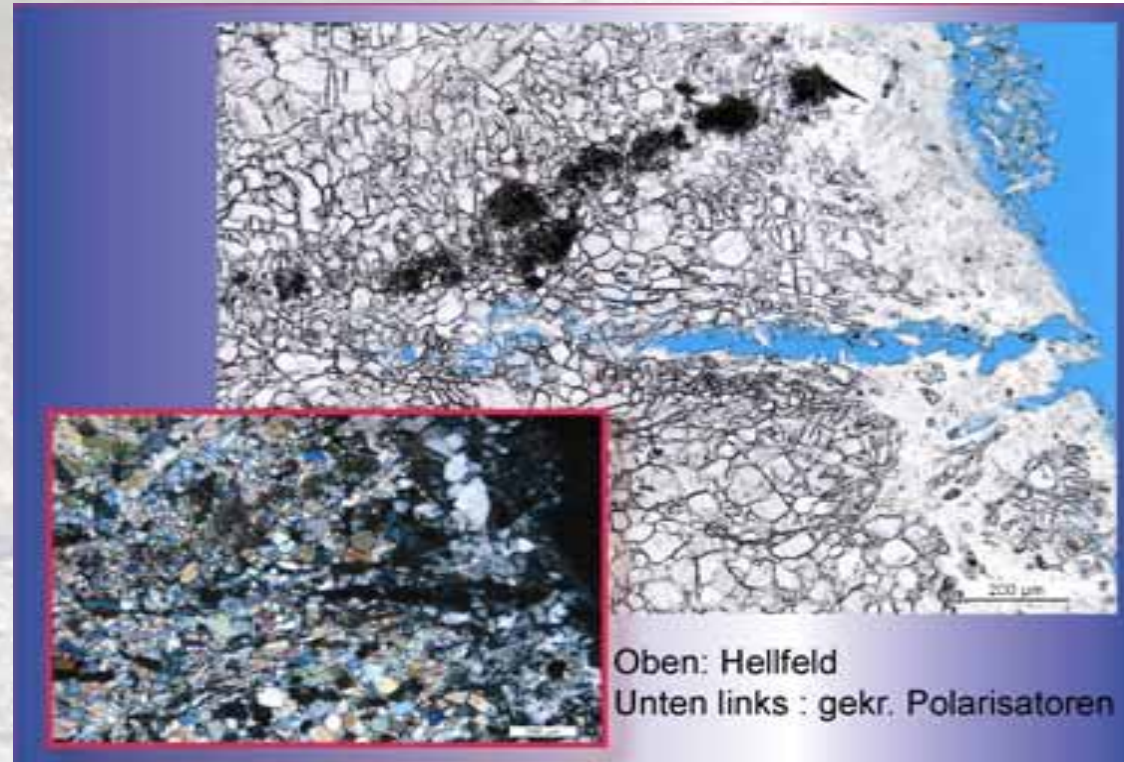


- Vergipsung findet statt
- Gefügeveränderung (Rissbildung)



Bedeutung der Rissbildung für die Vergipsungsreaktion

- Transportwege für Wasser entstehen
- Bildung neuer reaktiver Oberflächen



Wann / Wie entstehen Risse?

- bei Überschreitung der Zugfestigkeit
 - durch chemische Reaktion (Volumenvergrößerung)
 - durch thermische Beanspruchung

Welche Faktoren spielen für die technische Umsetzung eine wichtige Rolle?

Für die großtechnische Umsetzung des Verfahrens ist die Abschätzbarkeit der Vergipsungsrate Voraussetzung

Einflussfaktoren für die Vergipsungsreaktion sind

- Äußere Randbedingungen (z. B. Temperaturschwankungen)
- Art des Anhydritgesteins (z. B. Korngröße)

Eine Bewertung der komplexen Wechselwirkungen dieser Faktoren und deren Einfluss auf die Vergipsungsreaktion kann nur mit Hilfe numerischer Modellierungen erfolgen



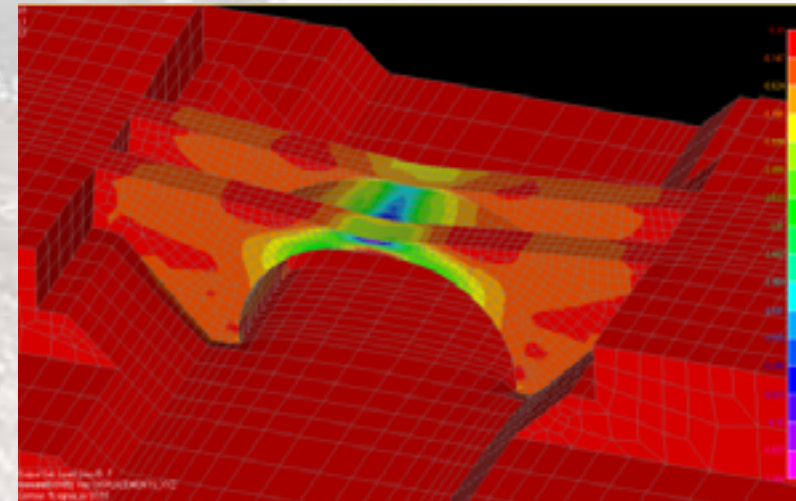
Die Erfahrungen aus den bisherigen Untersuchungen zeigen:

- ➔ Beanspruchungen durch Frost-Tauwechsel führen zu mechanischen Spannungen im Anhydrit
- ➔ Beanspruchungen durch Sonneneinstrahlung/Regen führen zu mechanischen Spannungen im Anhydrit
- ➔ Umwandlung Anhydrit/Gips (Volumenzunahme) führt zu mechanischen Spannungen
- ➔ Alle mechanischen Spannungen können zu Gefügebrauchungen führen, die die Vergipsung begünstigen

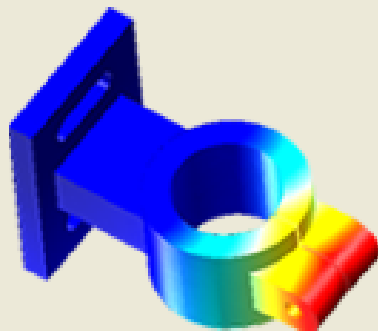


FEM (Finite-Elemente-Methode)

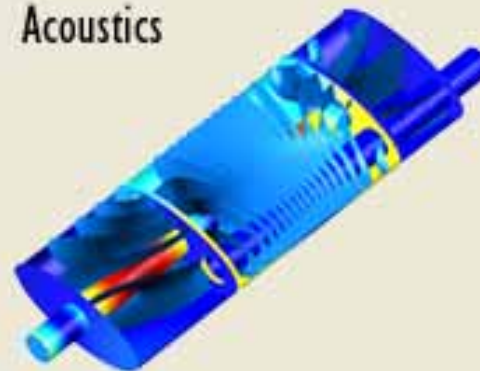
Berücksichtigung von möglichst wirklichkeitsnahen Materialgesetzen und Randbedingungen



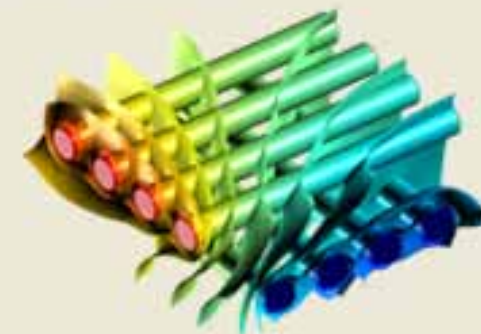
Structural Mechanics



Acoustics

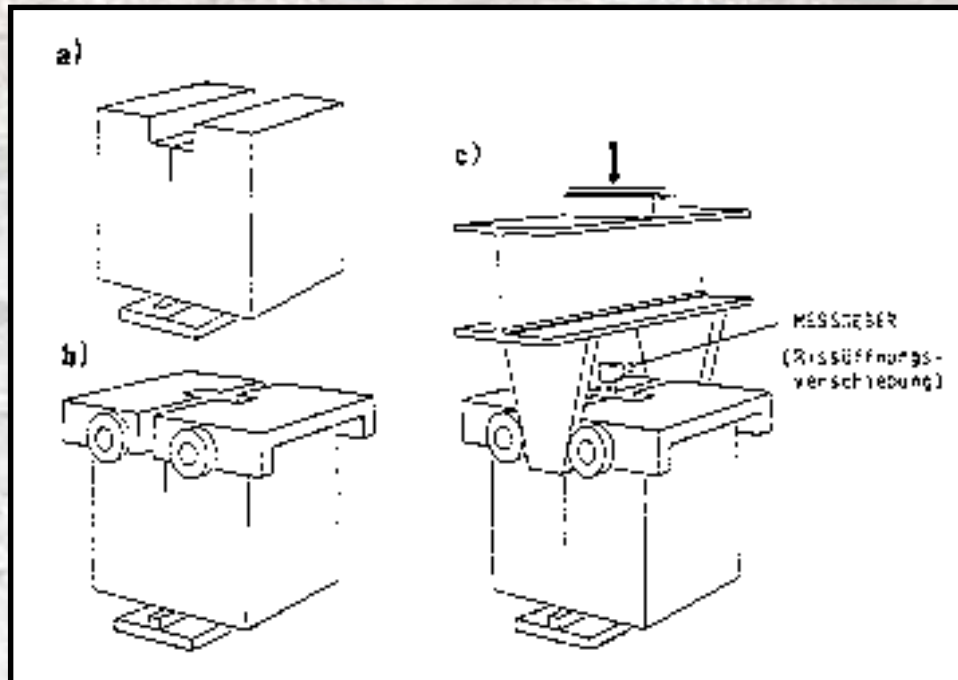


Heat Transfer

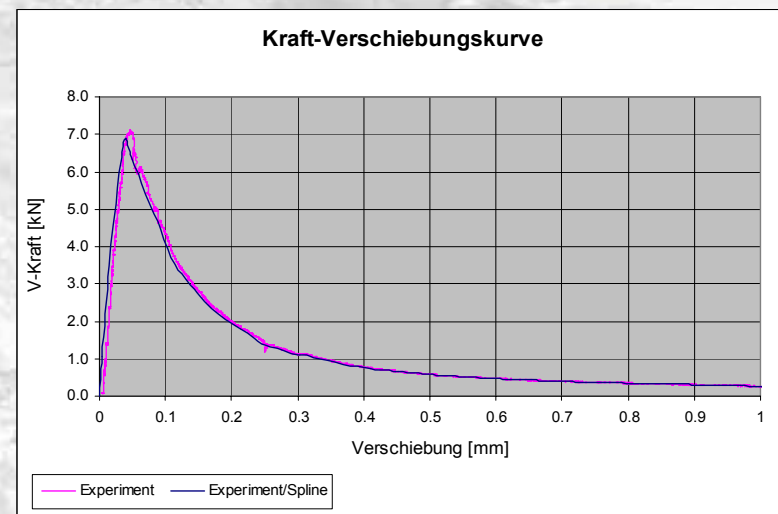
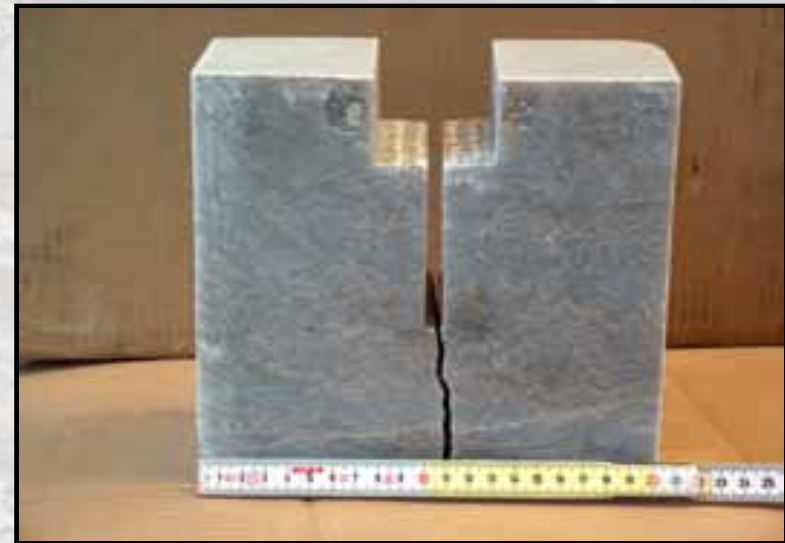


Bestimmung der bruchmechanischen Materialparameter

Bestimmung der „Bruchenergie“ mit Hilfe des Keilspaltversuches



- a) Probekörper auf Linienlager
- b) Belastungseinrichtung mit Rollenlagern
- c) Traverse mit Keilen





Ergebnisse der Keilspaltversuche

Materialeigenschaften	Formelzeichen	Einheit	Anhydrit	Gips
Zugfestigkeit	f_{ct}	N/mm ²	6,90	3.63
Elastizitätsmodul	E	N/mm ²	66000	26000
Spezifische Bruchenergie	G_F	N/m	78,50	35,00
Rissöffnung	w_c	mm	0,29	0,17

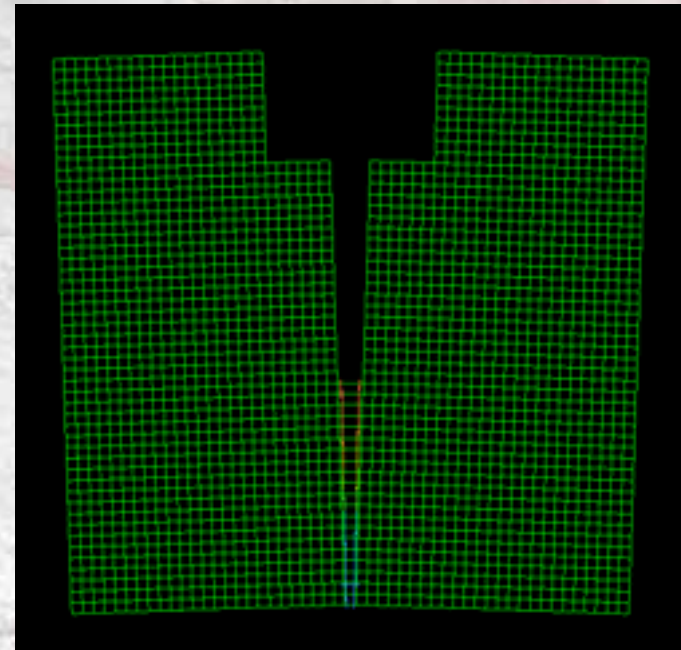
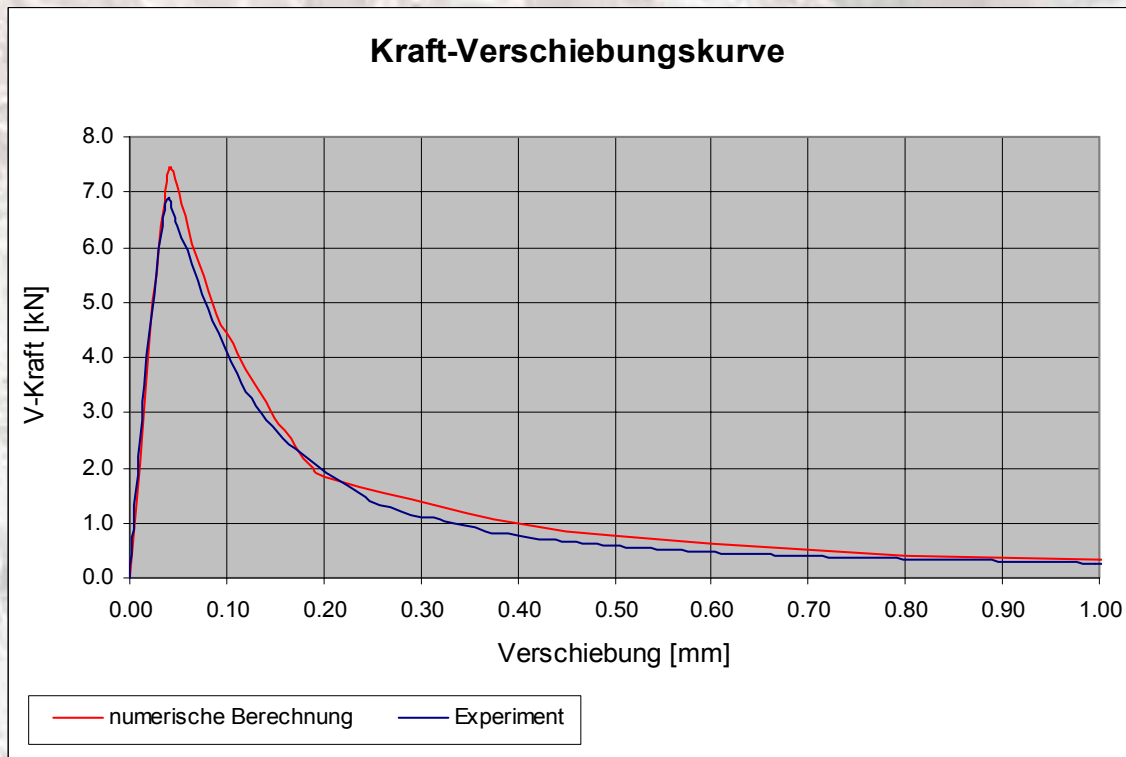
➔ größere bruchmechanische Eigenschaften bei Anhydrit

Verifizierung des Materialmodells

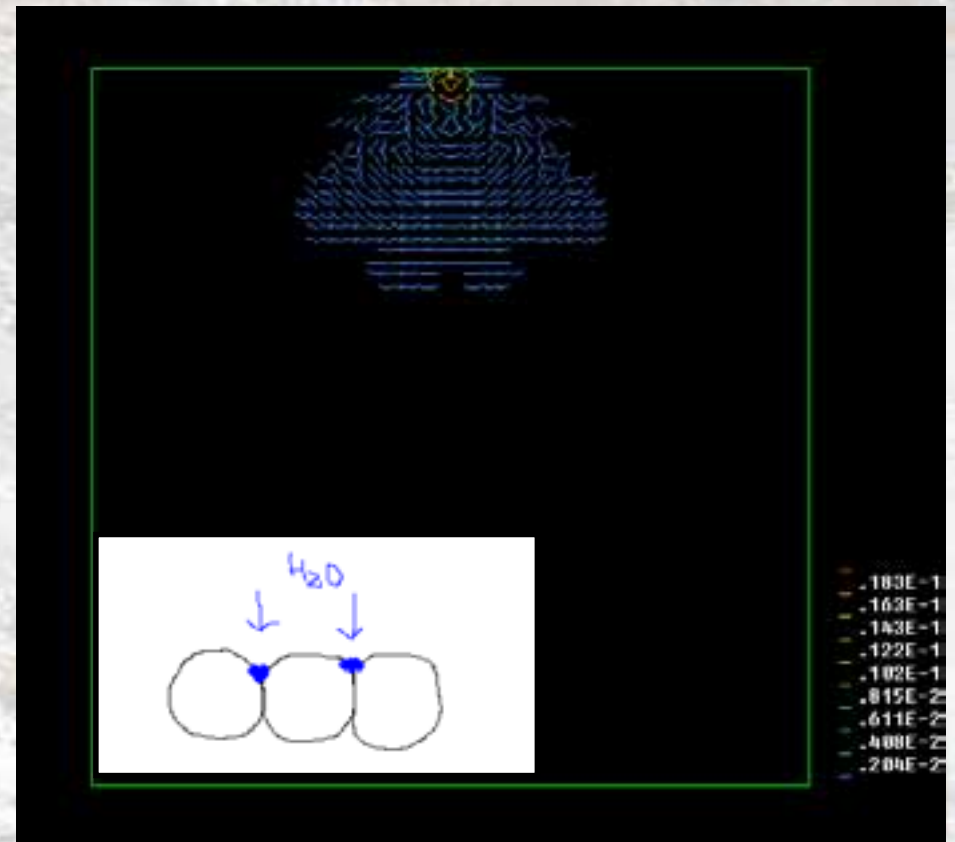
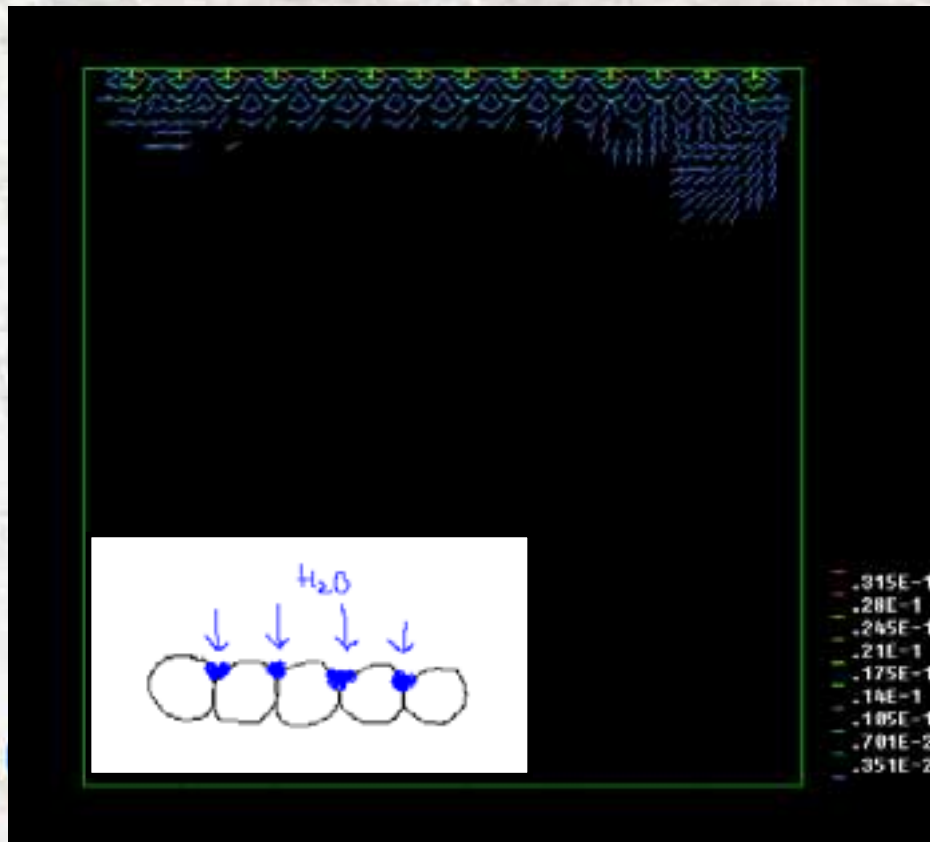
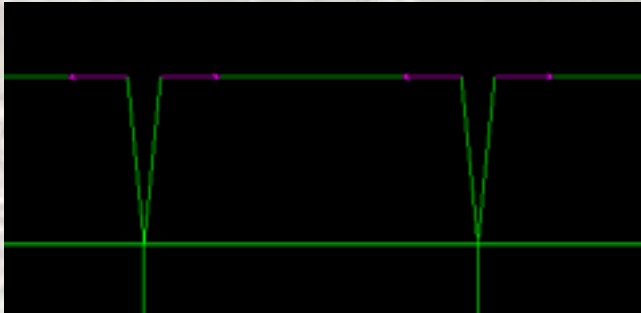
Modellierung

- Geometrie
- Diskretisierung
- Randbedingung
- Lastannahmen

Verformung und Rissbildung



Modellierung des Einflusses Korngröße des Gesteins auf die Rissbildung





Zusammenfassung und Ausblick

- Die Vergipsung von Anhydritgestein lässt sich durch technische Einflussnahme beschleunigen
- Der Zusammenhang zwischen Vergipsungsgeschwindigkeit und äußeren Einflüssen sowie Materialparametern ist nachgewiesen
- Durch Parameterstudien an einem numerischen Modell soll das komplexe Materialverhalten bei der Vergipsung analysiert werden, um die Umsetzungsrate abschätzen zu können