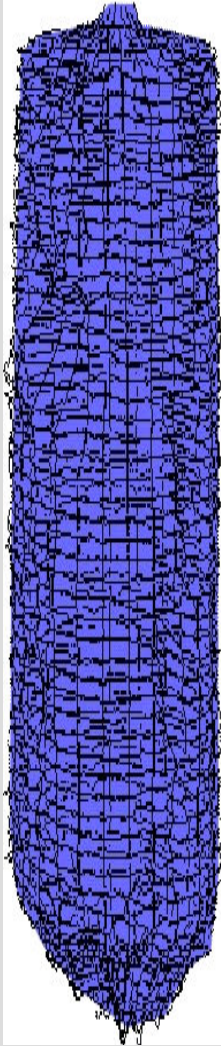


Gebirgsmechanischer Standsicherheitsnachweis für die Verwahrung der Kavernen T1, T3, T5 und T6 des Solfeldes Stade-Süd

(IfG, 2005)

Armin Lindert



IfG Leipzig
Friederikenstraße 60
04279 Leipzig
www.ifg-leipzig.de

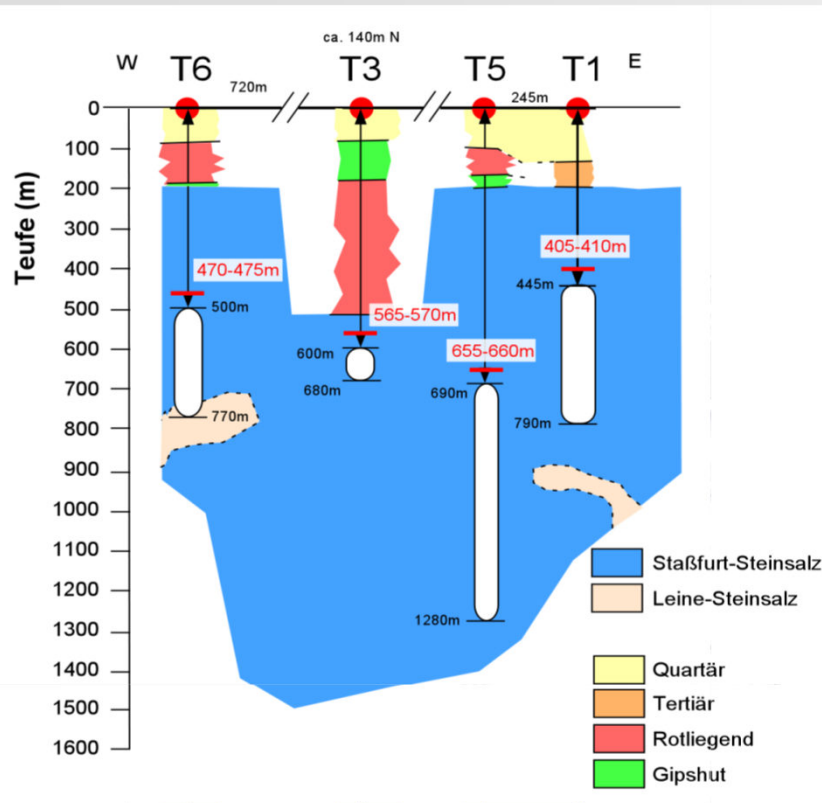


- Kavernenverwahrung – Stand der Technik
- geotechnische Messungen an den Kavernen T1, T3, T5 und T6
 - Druckaufpump- und Druckablasstests
 - Druckaufbautest
- Gesteinsmechanische Laborversuche zur Bestimmung des mechanischen und hydraulischen Verhaltens von Steinsalz
 - Verformungs- und Festigkeitsverhalten
 - Permeabilitätsverhalten
- Gebirgsmechanische Berechnungen zur Verwahrung der Kavernen T1, T3, T5 und T6 des Solfeldes Stade-Süd
- Zusammenfassung

Im Ergebnis umfangreicher Untersuchungen (Laborversuche, In-situ-Test, gebirgsmechanische Modellierungen), hat sich das folgende prinzipielle Konzept zur sicheren Verwahrung von Kavernen im homogenen Steinsalz durchgesetzt:

1. Flutung des Kavernenhohlraums mit Frischwasser oder Sole
- 2. Durchführung geotechnischer Messungen zur Beweissicherung**
3. Stehen lassen der gefluteten Kaverne für einen thermischen Ausgleich zwischen Sole/Wasser und Gebirge
- 4. Nachweis der Sicherheit der Kaverne im verwahrten Zustand durch gebirgsmechanische Modellierung**
5. Abdichten der Kaverne gegen die nach übertage führende Bohrung und vorschriftsmäßige Verfüllung der Kavernenbohrung
- 6. Feinnivellement nach Abschluss der Verwahrungsarbeiten**

Sicherheitsnachweis zur Verwahrung der Solkavernen T1, T3 T5 und T6 (IfG, 2005)

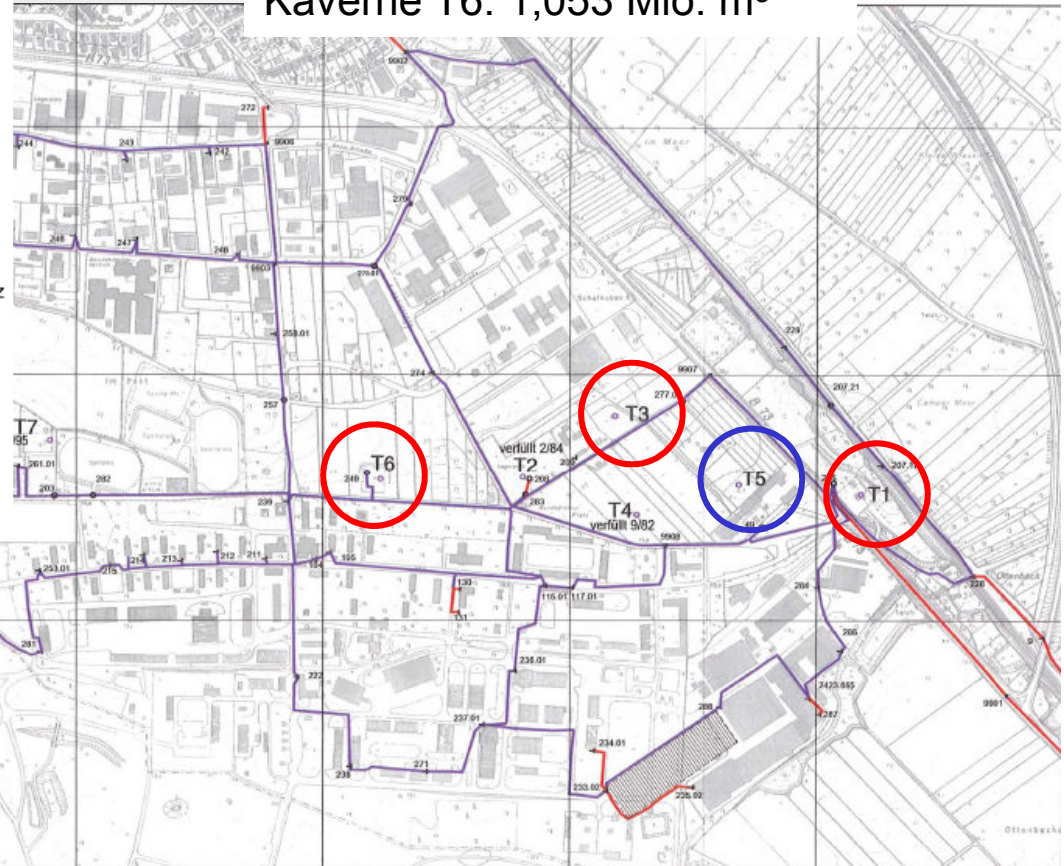


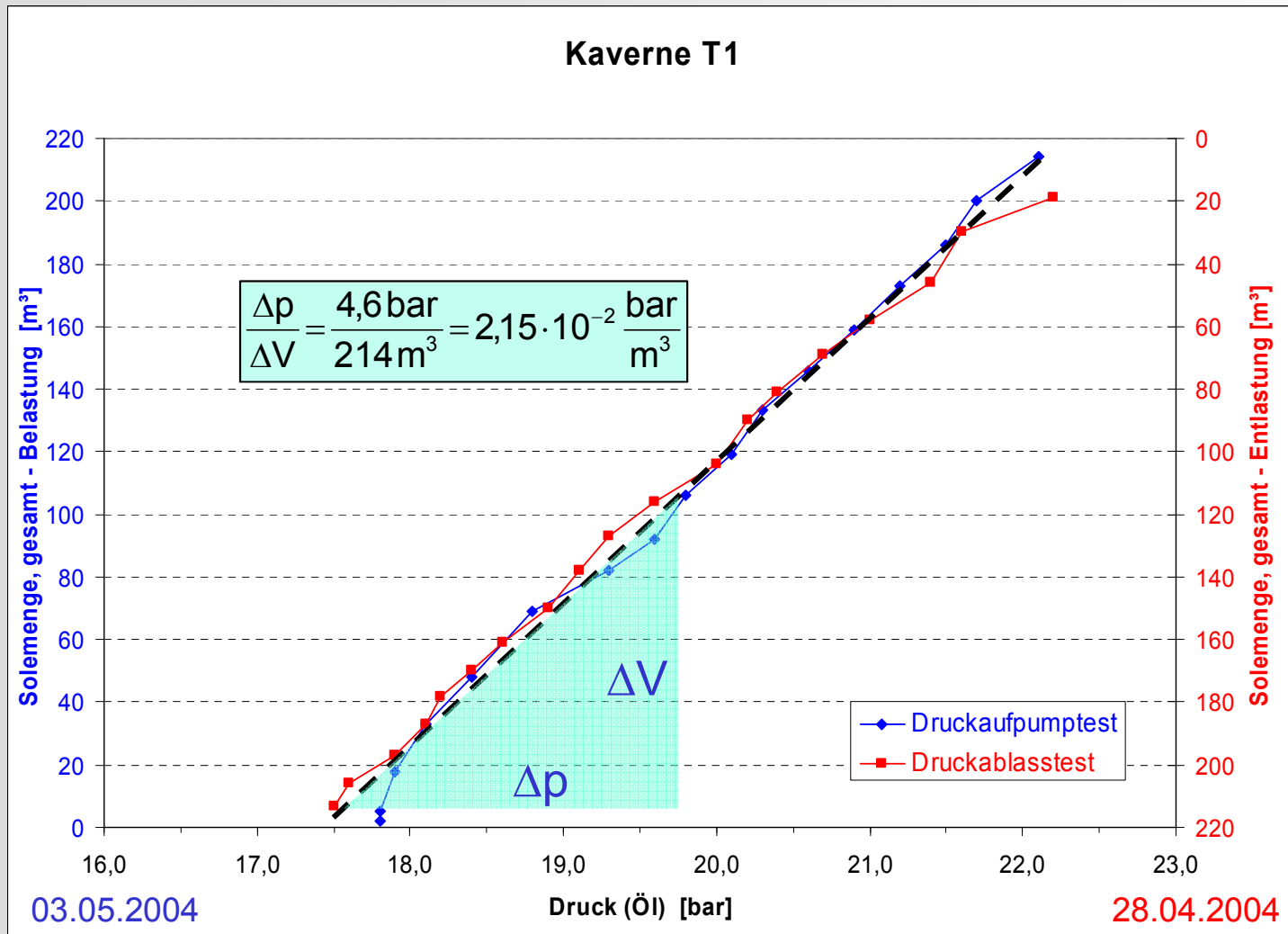
Kaverne T1: 1,353 Mio. m³

Kaverne T3: 0,077 Mio. m³

Kaverne T5: 1,54 Mio. m³

Kaverne T6: 1,053 Mio. m³





$$K = V \cdot \frac{\Delta p}{\Delta V}$$

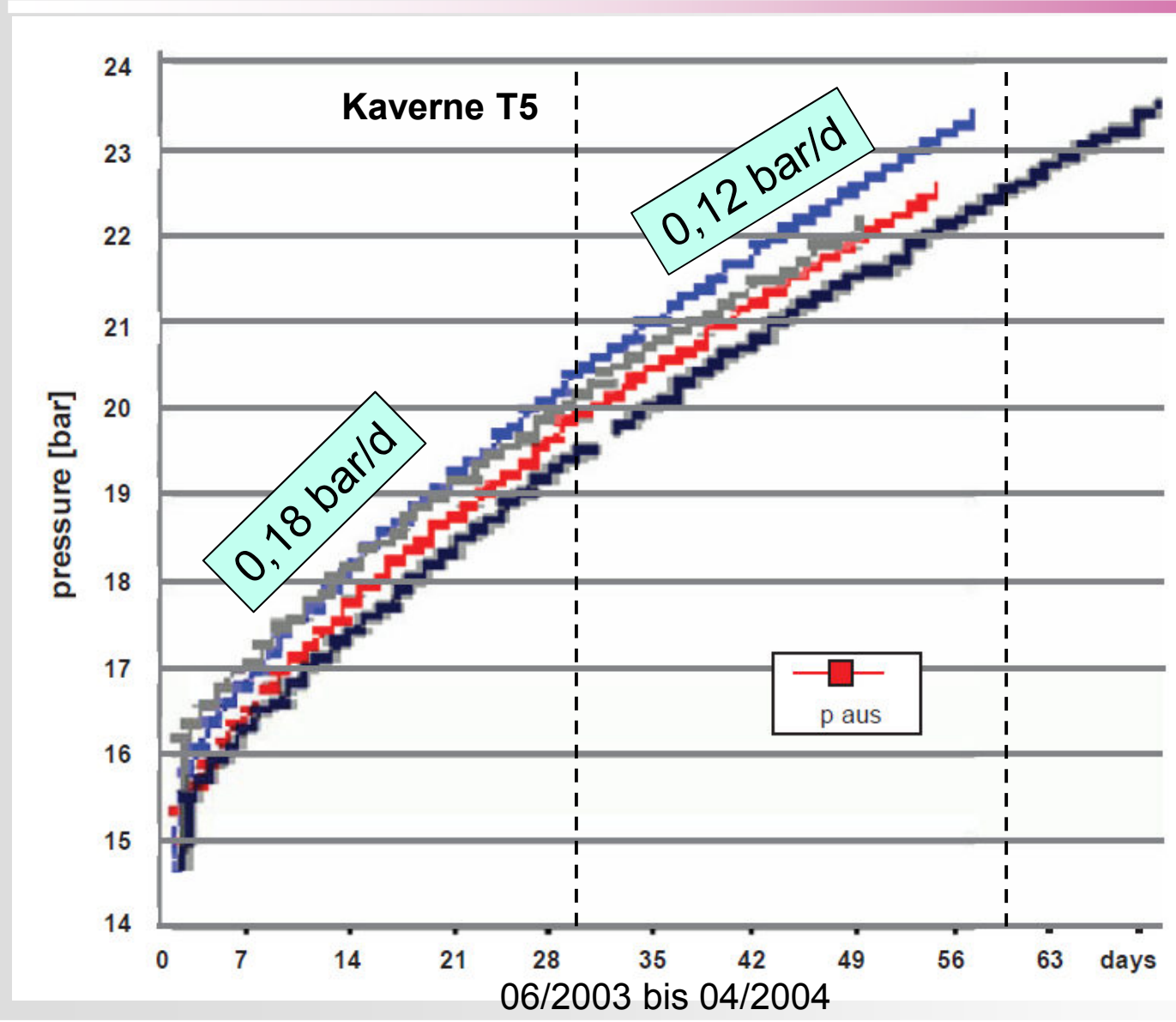
$$V = 1,353 \text{ Mio. m}^3$$



$$K_K = 2,9 \text{ GPa}$$

$$1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa} = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$



$$\dot{\epsilon}_V = \frac{\Delta p}{K}$$

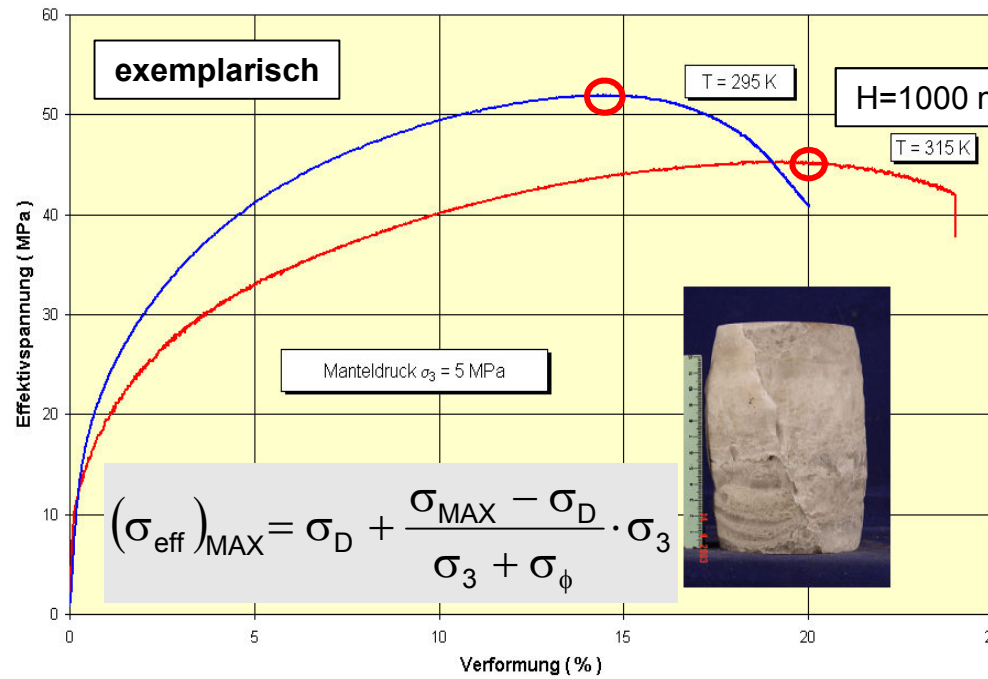
K = 2,4 GPa



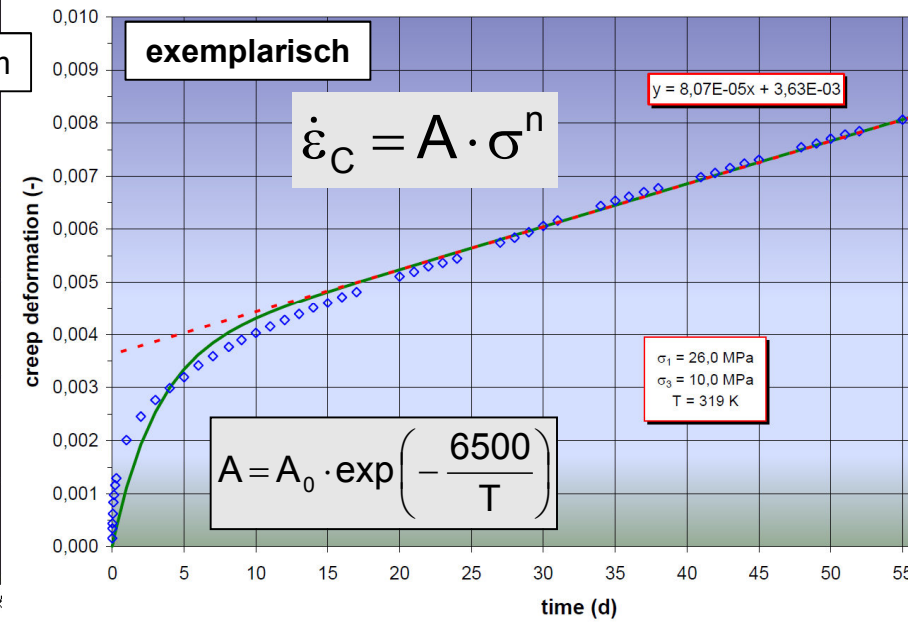
$$\dot{\epsilon}_V = 2,7\text{‰} / a \rightarrow 1,8\text{‰} / a$$



Prüfkörper



Triaxiale Bruchfestigkeit

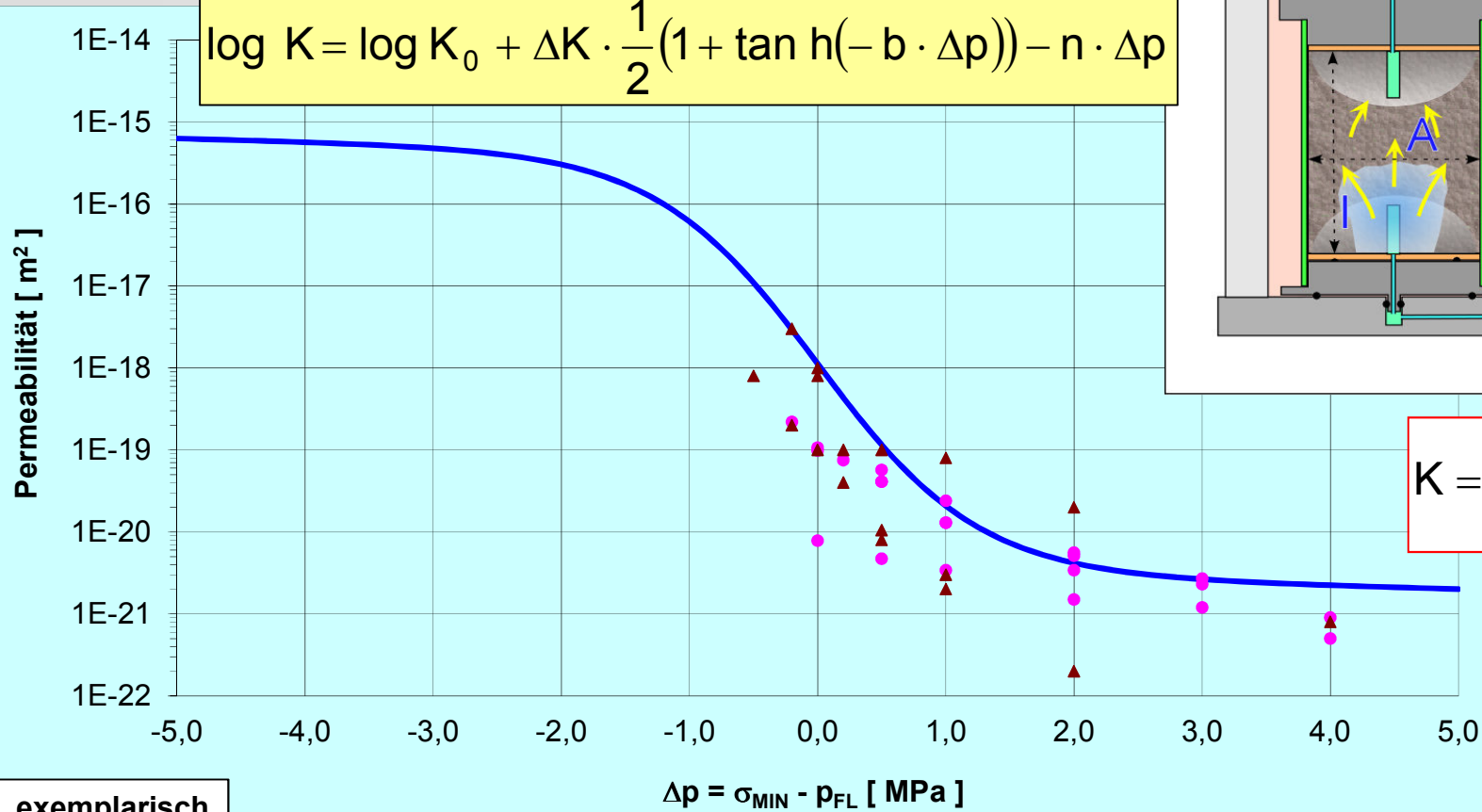


Stationäres Kriechen (NORTON)

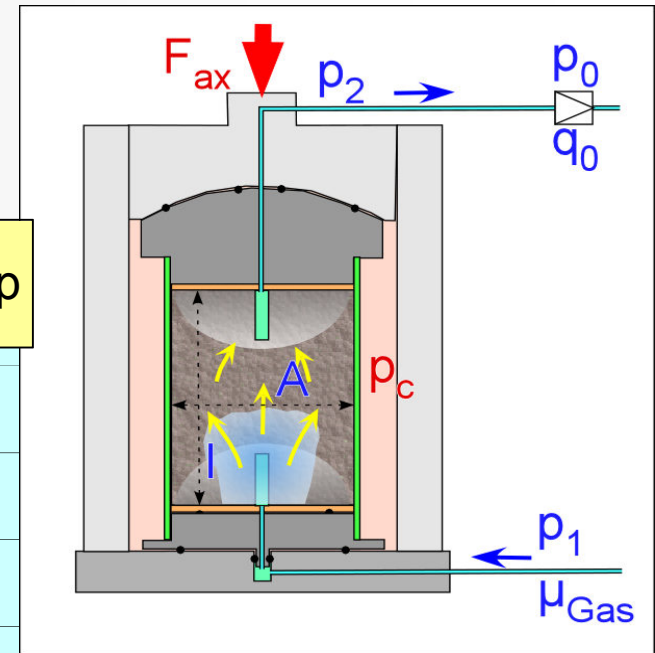
Permeabilität von Steinsalz

K_0 – Ausgangspermeabilität
 ΔK – Permeabilitätszunahme beim Übergang von $\Delta p > 0$ zu $\Delta p < 0$
 b : – Krümmungsparameter
 n : – Anstiegsparameter

$$\log K = \log K_0 + \Delta K \cdot \frac{1}{2} (1 + \tan h(-b \cdot \Delta p)) - n \cdot \Delta p$$

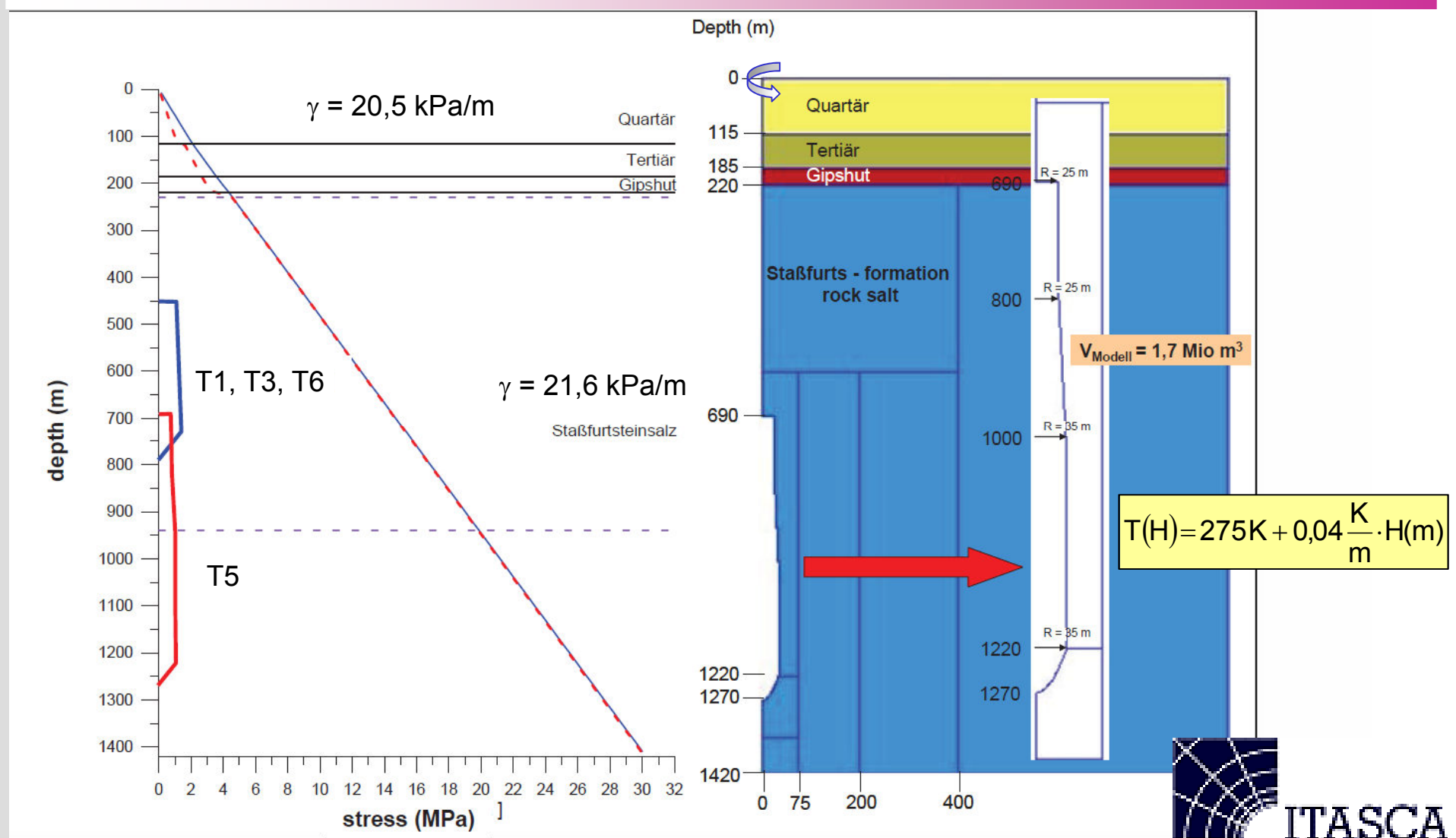


exemplarisch



$$K = \frac{2 \cdot p_0 \cdot q_0 \cdot \mu \cdot l}{A(p_1^2 - p_2^2)}$$

Gebirgsmechanisches Berechnungsmodell

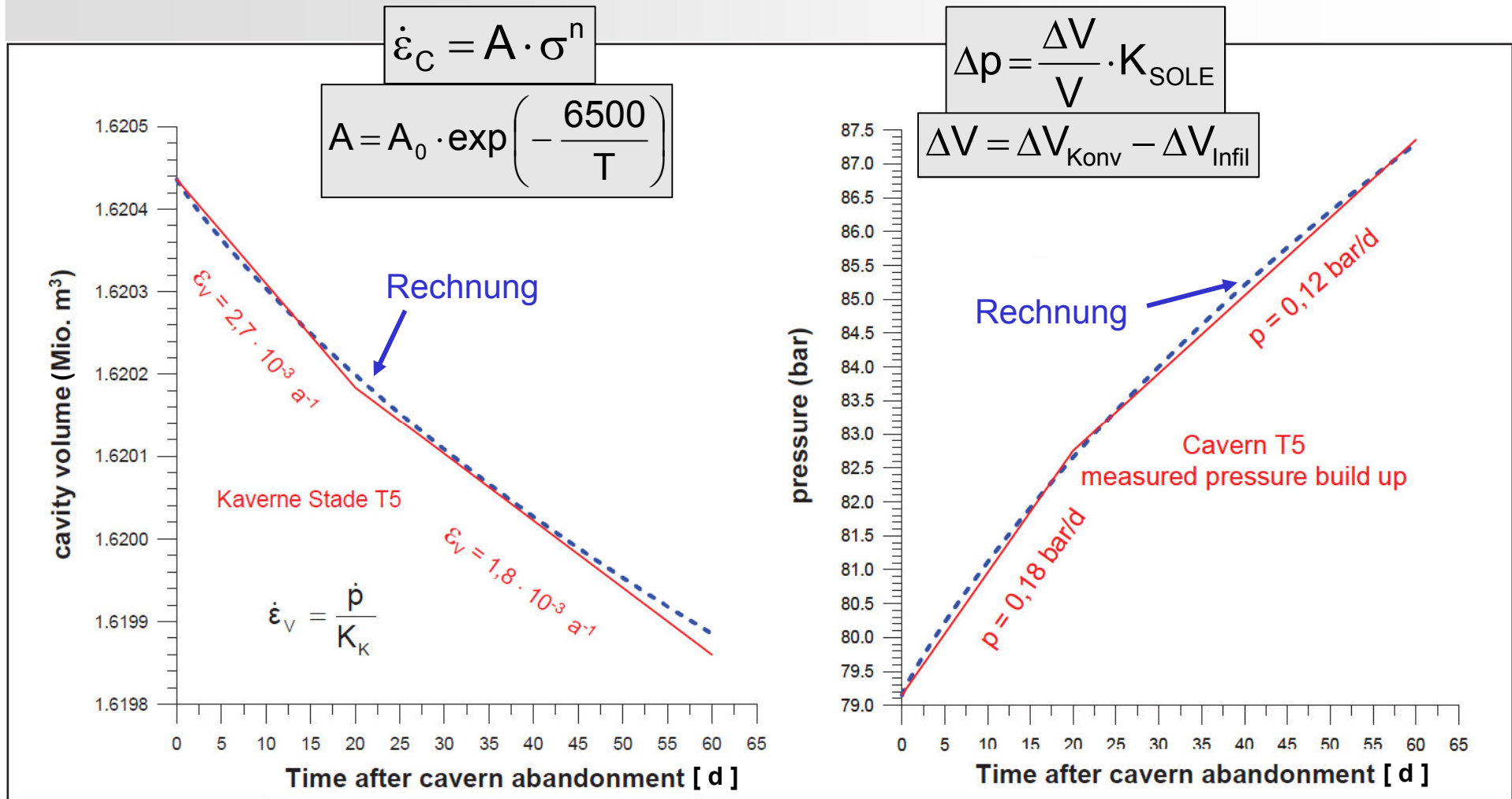


Itasca Consulting Group, Inc. Minneapolis USA

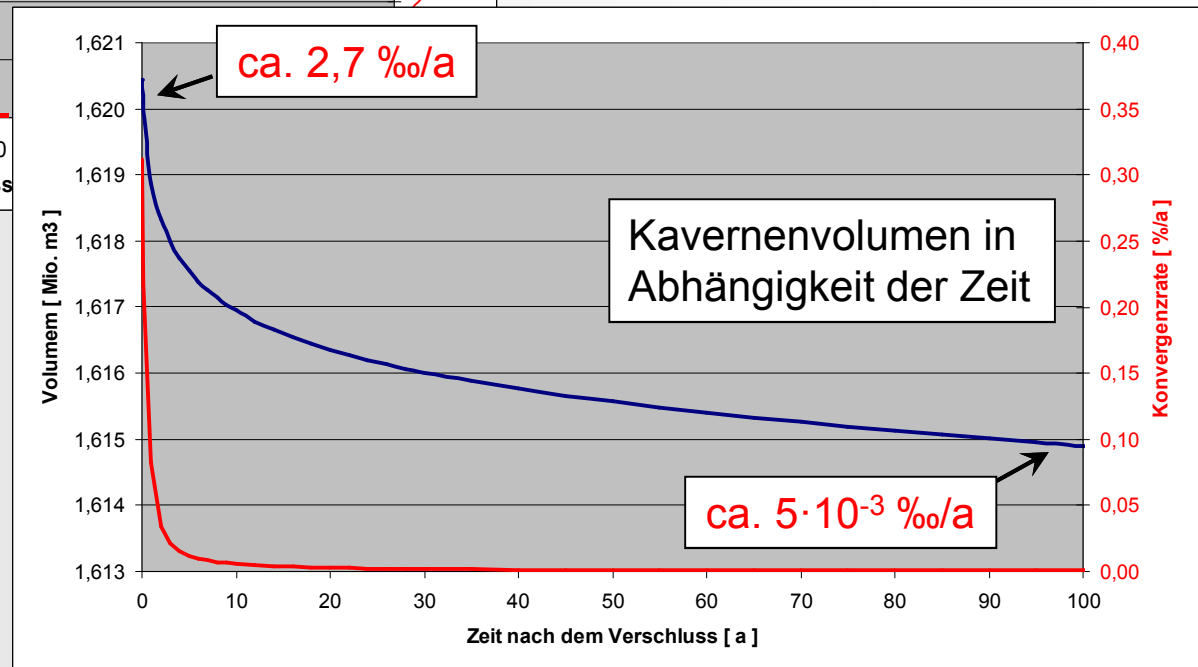
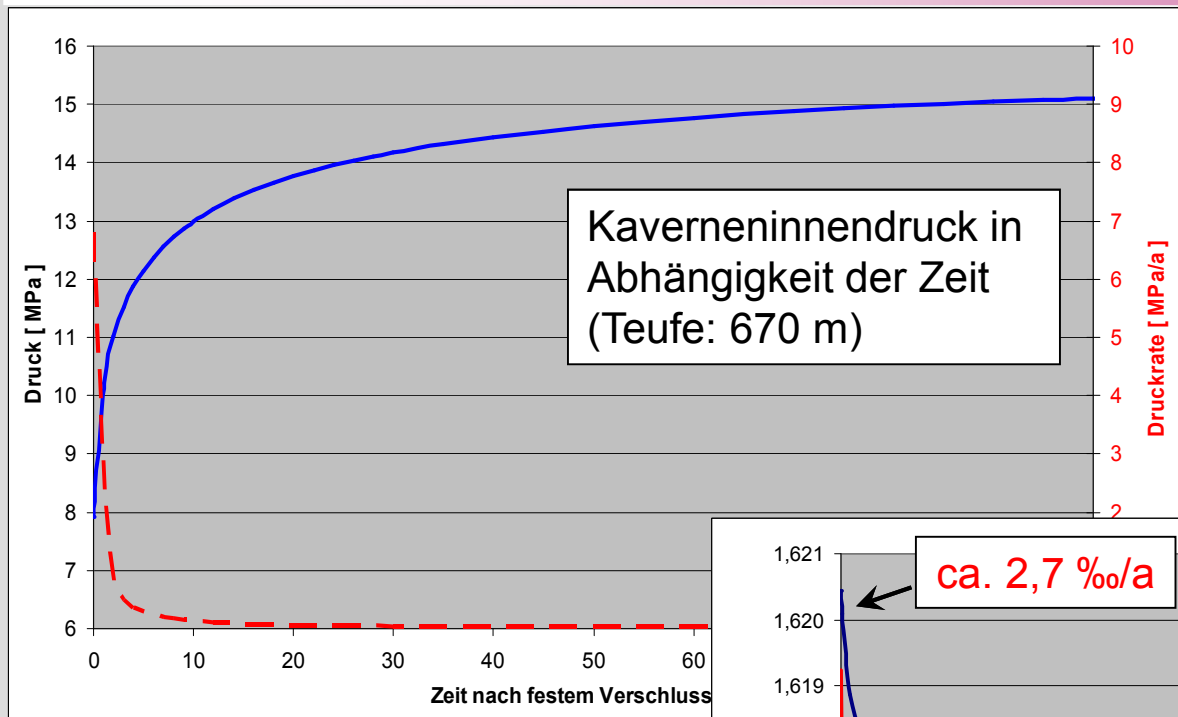


IfG Institut für Gebirgsmechanik GmbH Leipzig

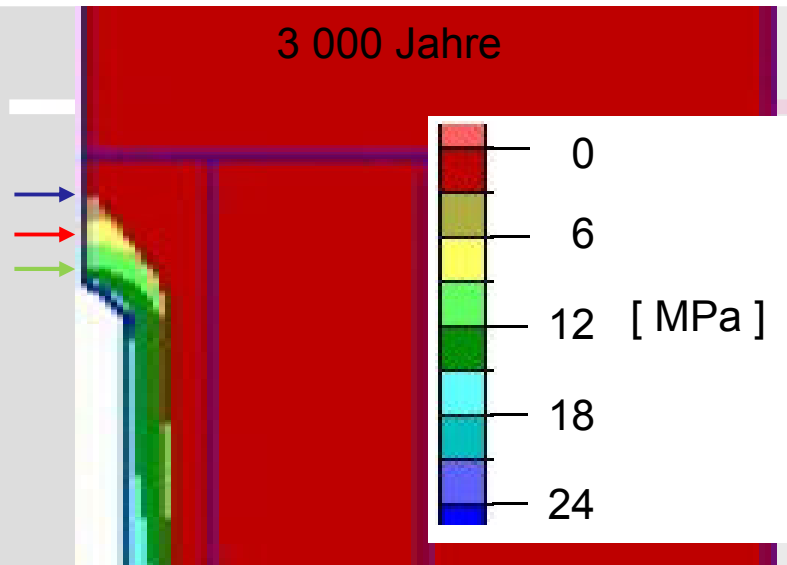
Kalibrierung des gebirgsmechanischen Berechnungsmodells



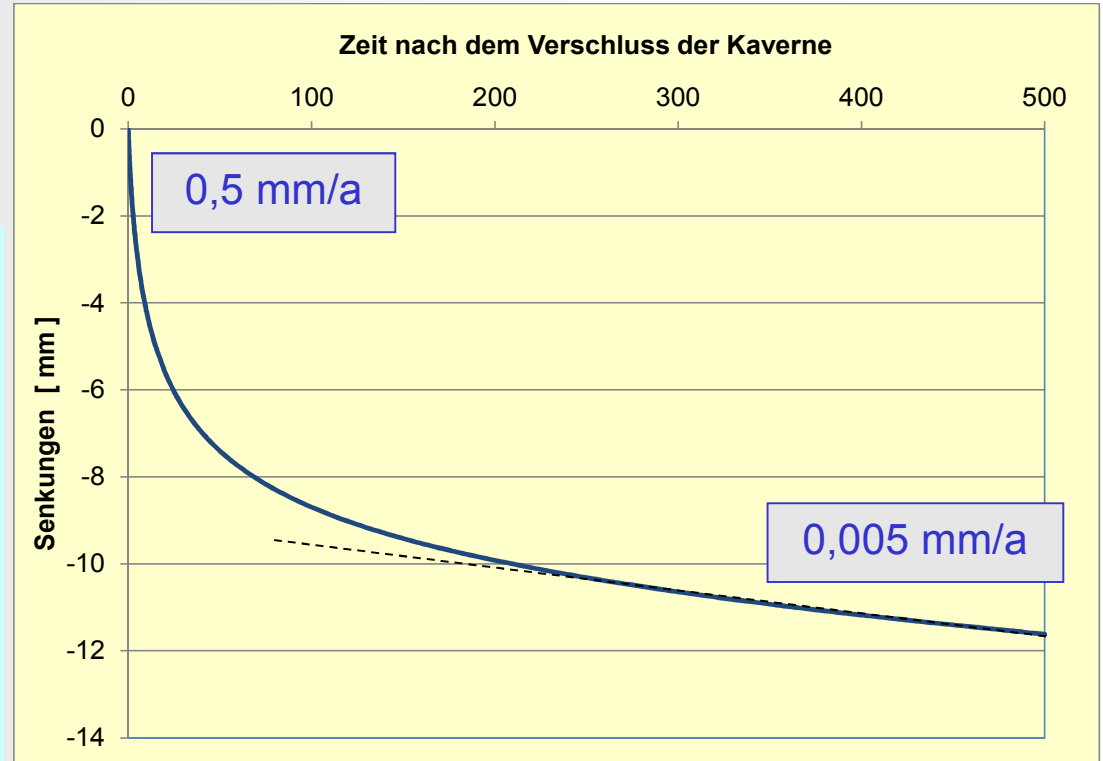
Prognose des Druckaufbaus und der Volumenkonvergenz für die Kaverne T5



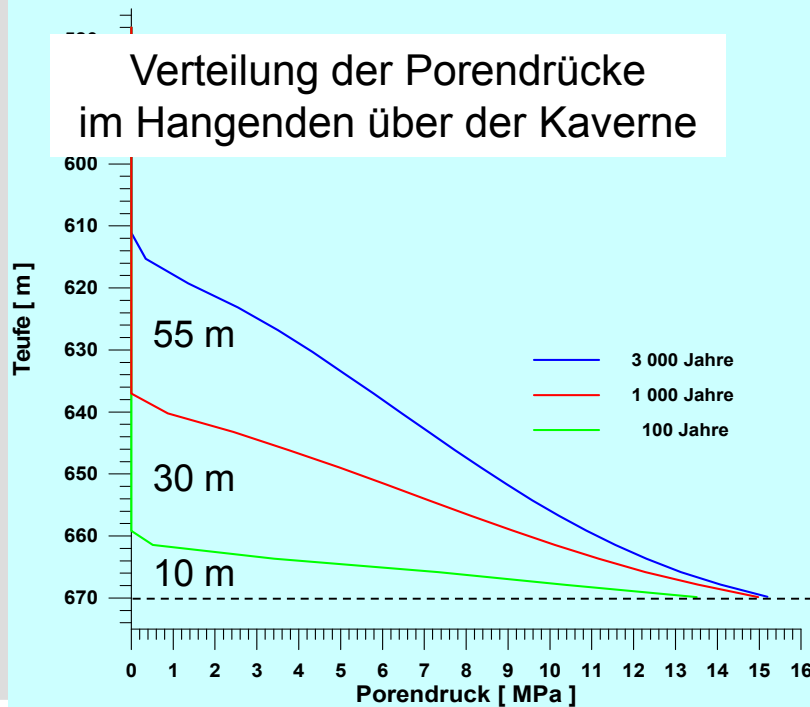
Prognose der Soleinfiltration und der Senkungen

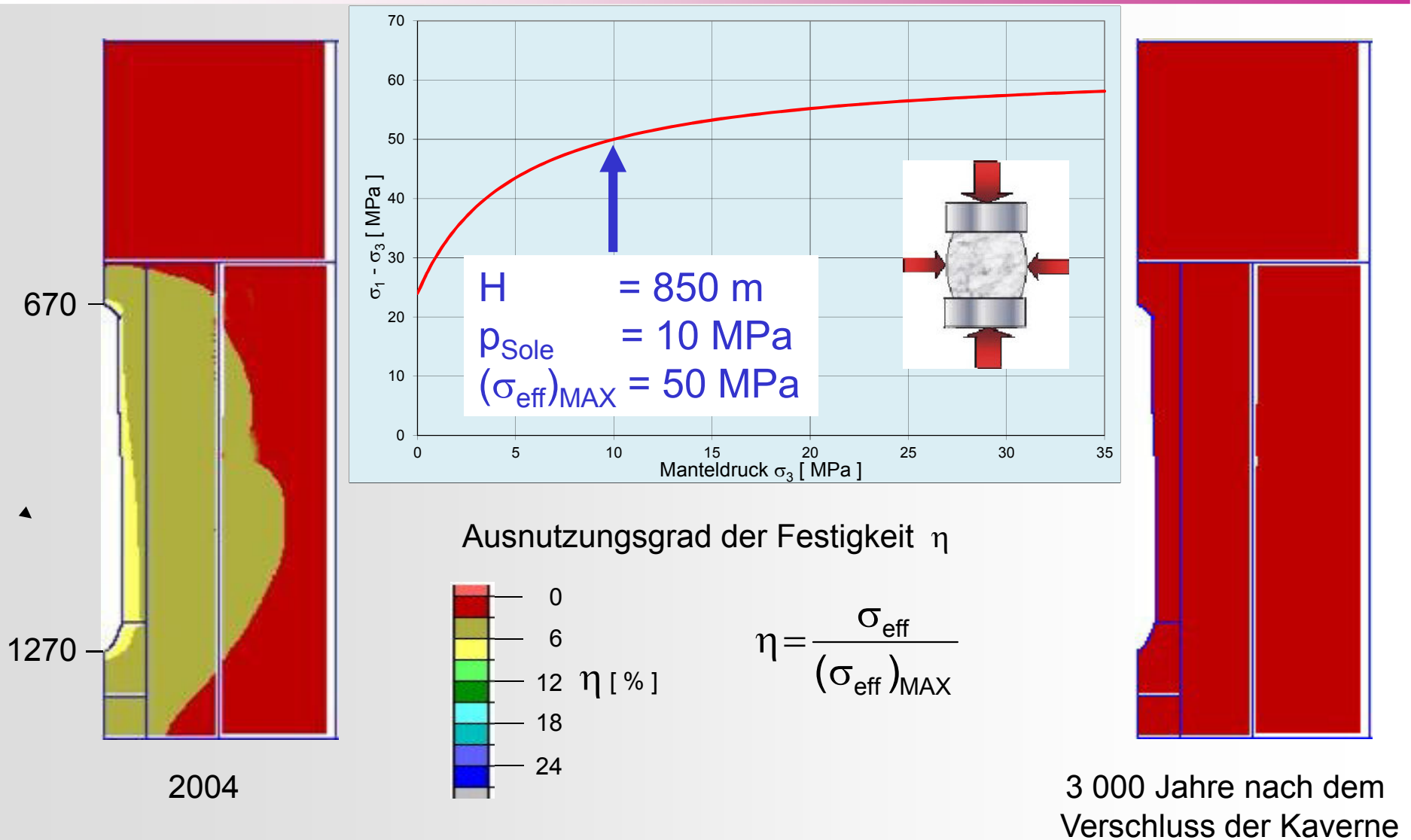


Senkungen an der Tagesoberfläche
nach dem festen Verschluss der Kaverne T5



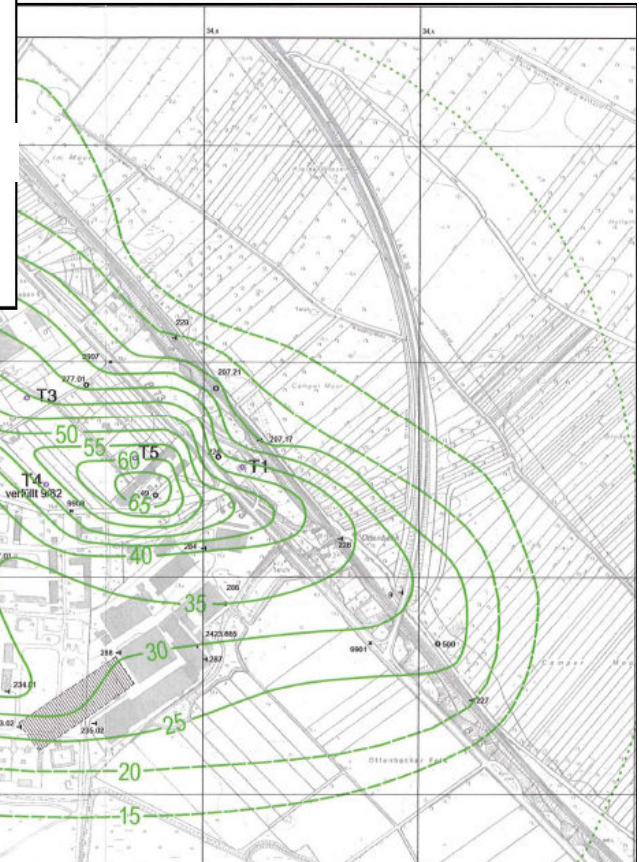
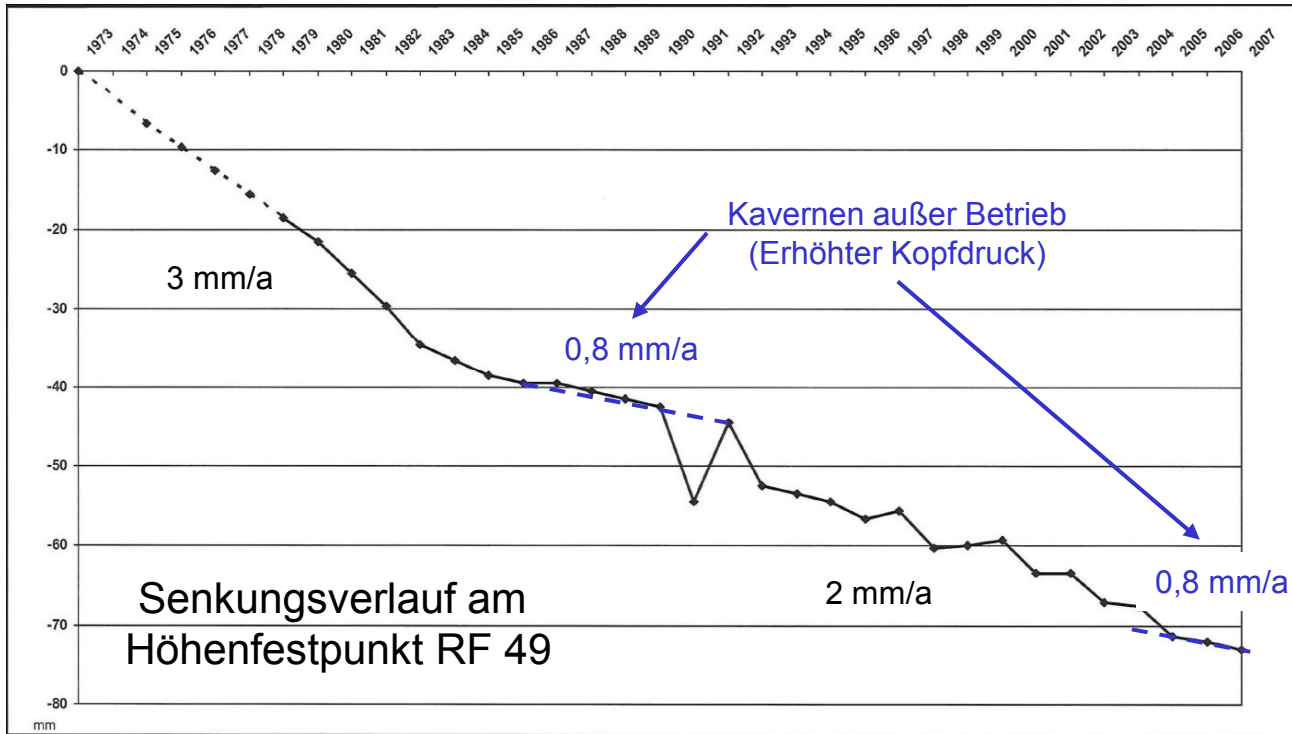
Verteilung der Porendrücke
im Hangenden über der Kaverne





Feinnivellement

SOCON (2007): Ergebnisse der Höhenbeobachtung 2007 im Bereich der Solegewinnungskavernen T1 – T7



- Die Standsicherheit der Kavernen bleibt dauerhaft gewährleistet – Bruchvorgänge bzw. ein Hohlraumkollaps sind auszuschließen.
- Die in der Nachbetriebsphase noch zu erwartenden Senkungsbeträge liegen im Bereich weniger cm und sind bergschadenkundlich nicht relevant.
- Die nach dem Verschluss der Kavernen einsetzende Soleinfiltration erfolgt langsam und allmählich in das umgebende Salzgebirge und bleibt langfristig auf den die Kaverne umgebenden Salzbereich (< 60 m) beschränkt. Die berechneten Infiltrationsraten liegen 100 Jahre nach dem Verschluss bei nur wenigen m³/a und nehmen danach noch weiter ab.
- Eine Frac-Bildung, die zu Versalzungen von Grundwasserhorizonten führen könnte, kann nach heutigem Stand von Wissenschaft und Technik ausgeschlossen werden.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Glückauf!

