

Fallbeispiel zu Kapitel 7 «Hydrogeologische Charakterisierung mit Geophysik»:

Ansatzweise in Kontakt mit (hydro-)geophysikalischen Methoden kam ich bereits während meiner Masterarbeit «Petrography and porosity of the Upper Muschelkalk in the Swiss Molasse Basin at the Bözberg and Schafisheim borholes, with implications for geoenery applications» an der Universität Bern.

Um die Porosität von Bohrkernen von ca. 50 m Länge beschreiben zu können, haben wir mittels einem Multi-Sensor Core Logger die Gesamtgesteinsdichte (rock bulk density ρ_{rock}) und die P-Wellengeschwindigkeit (p-wave velocity v_p) der Kerne alle 5 mm gemessen. Es wurden dabei die Zusammenhänge in monomineralischen Gesteinen nach Schlumberger (1989) verwendet. Auch die magnetische Suszeptibilität wurde anfangs gemessen. Auf eine Weiterführung wurde dann aber aufgrund von störenden Einflüssen in der Laborumgebung verzichtet.

Gesamtgesteinsdichte (rock bulk density ρ_{rock}) und Porosität

Die Dichte wurde dabei mittels der gemessenen ankommenden Gammastrahlung, welche von einer Cäsium137-Strahlungsquelle den Weg durch den Bohrkern zurücklegte. Dabei wurde anhand des Verlustes der Gamma-Intensität durch die Compton-Streuung und weiteren Parametern auf die Gesamtdichte des gemessenen Kerns anhand der folgenden Gleichung geschlossen.

$$\rho_{rock} = \frac{1}{\mu d} \ln \frac{I_0}{I}$$

ρ_{rock} = rock bulk density (g/cm^3)

μ = Compton attenuation coefficient

d = rock thickness, or core thickness (cm)

I_0 = gamma source intensity (cps)

I = measured intensity through the sample (raw data; cps)

Eine grundlegende Annahme war, dass der Bohrkern (fast) ausschliesslich aus einem Mineral (Kalzit oder Dolomit) bestand. Anhand dieser Annahme wurde aus der Differenz zwischen der gemessenen (vorhandenen) Gesamtdichte und der Dichte von reinem Kalzit resp. Dolomit auf die Porosität geschlossen.

$$\Phi_{gbd} = \frac{\rho_{mineral} - \rho_{core}}{\rho_{mineral} - \rho_{air}}$$

Φ_{gbd} = total porosity derived from gamma bulk density (g/cm^3)

$\rho_{mineral}$ = mineral grain density (g/cm^3)

ρ_{core} = measured gamma bulk density (g/cm^3)

ρ_{air} = pore fluid/gas density (g/cm^3)

P-Wellengeschwindigkeit und Porosität

Da die Materialeigenschaften in monomineralischen Gesteinen wie Gesamtporosität, P-Wellengeschwindigkeit und Gesamtdichte einen Zusammenhang aufweisen, wurde die P-Wellengeschwindigkeit mit Ultraschallimpulsen bei 230 kHz analog zu den ersten Messungen gemessen. Anhand den folgenden Gleichungen wurde die Porosität berechnet:

$$V_p = \sqrt{\frac{\kappa + \frac{4}{3}\mu}{\rho}}$$

κ = modulus of incompressibility

μ = modulus of rigidity

ρ = density (g/cm³)

$$\Phi_{sonic} = \frac{\Delta t_{core} - \Delta t_{mineral}}{\Delta t_{air} - \Delta t_{mineral}}$$

Φ_{sonic} = sonic porosity derived from the reciprocal P-wave velocity ($1/V_{p, core}$; $\mu\text{s/m}$)

Δt_{core} = measured interval transit time ($\mu\text{s/m}$)

$\Delta t_{mineral}$ = mineral interval transit time ($\mu\text{s/m}$)

Δt_{air} = pore fluid/gas interval transit time ($\mu\text{s/m}$)

$$\Phi_2 = \Phi_{total} - \Phi_{sonic} \text{ (Schlumberger, 1989)}$$