

Ermittlung der Oberflächenrelaxivität in Sandsteinen - ein Methodenvergleich

Sarah M. Munsch^a, Christoph Strangfeld^a, Sabine Kruschwitz^{a,b}

^aBundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, 12205 Berlin; ^b Technische Universität Berlin, 13355 Berlin

¹H-Nuklear magnetische Resonanz (NMR) ist ein Verfahren zur zerstörungsfreien Ermittlung von Feuchte und Porengrößenverteilungen in Baustoffen. Letzteres ist nur in vollgesättigten Medien möglich und der für die Umrechnung benötigte Parameter Oberflächenrelaxivität muss bekannt sein. Ist die Oberflächenrelaxivität ρ für das zu untersuchende Material allerdings unbekannt, lässt sie sich mithilfe von Vergleichsverfahren, die das Oberflächen-Volumen-Verhältnis (S/V-Verhältnis) bestimmen, ermitteln:

NMR-Daten in Porengrößen

Klassischer Ansatz:

Umrechnung von NMR-Daten in Porengrößen basierend auf Fast-Diffusion-Regime gemäß Brownstein & Tarr¹

Fast-Diffusion: $\frac{1}{T} = \rho \frac{S}{V} = \rho \frac{c}{r}$

! ACHTUNG: Fast-Diffusion für hohe Oberflächenrelaxivitäten teilweise ungültig und obere Auflösungsgrenze wird nicht berücksichtigt

Ansatz von Godefroy et al. (2001)²:

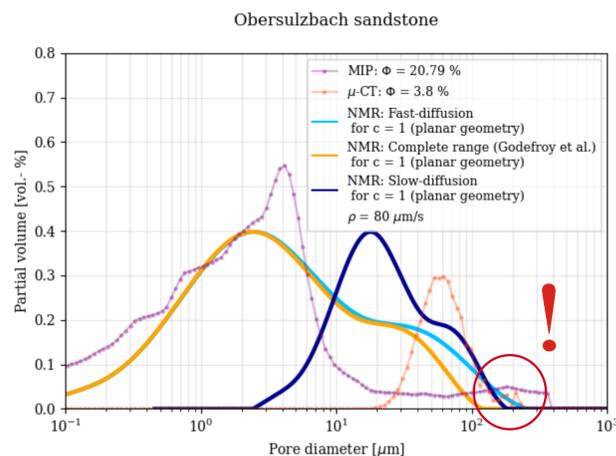
Verbindet Fast-Diffusion- mit Slow-Diffusion-Regime (definiert obere Auflösungsgrenze)

Complete range (Godefroy et al.):

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{TB} + \frac{1}{\frac{r}{c\rho} + \frac{r^2}{2cD}}$$

→ Vorteil: Durch Einbeziehen des Slow-Diffusion-Regimes wird die obere Auflösungsgrenze von NMR berücksichtigt

• **Oberflächenrelaxivität ρ unbekannt?** S/V-Verhältnis ermitteln!



S/V-Verhältnis ermitteln

- μ -Computer-Tomographie (μ -CT)
- Hg-Porosimetrie (MIP)
- Gassorption (BET)
- Dynamische Dampfsorption (DVS)

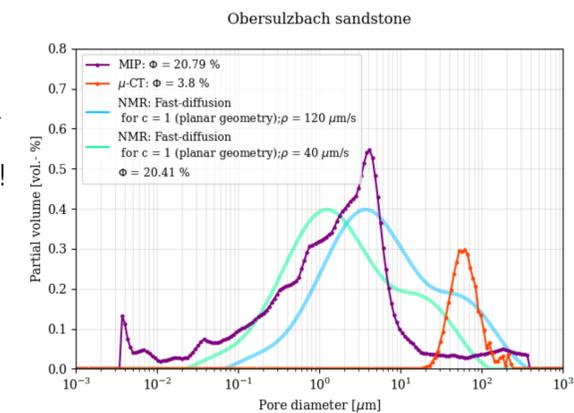
Indirekte Bestimmung:

Manuelles Anpassen von ρ bis Übereinstimmung mit MIP oder μ -CT
! Abhängigkeit vom Geometriefaktor !

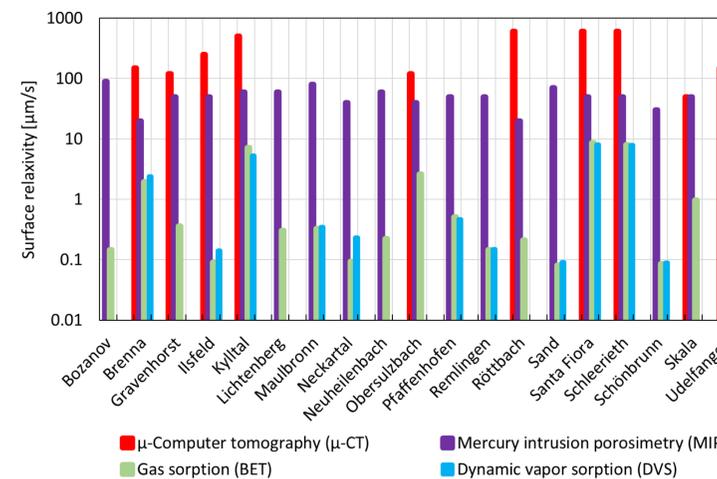
Direkte Bestimmung:

Berechnung von S_{por}^3 :

$$S_{por} = S_m \rho_g \frac{(1 - \phi)}{\phi} = \frac{S_{pore}}{V_{pore}}$$



Ergebnisse und Ausblick



- **Umfangreicher Datensatz:** Systematische Untersuchung an 19 Sandsteinen mit vier Vergleichsverfahren
- **Starke Variation** der Oberflächenrelaxivitäten
 - Hg-Porosimetrie und μ -CT (bis 600 $\mu\text{m/s}$)
 - Gassorption und DVS ($< 10 \mu\text{m/s}$)
- DVS und BET ergeben nahezu identische Werte
- **Ansatz von Godefroy et al. (2001)** ermöglicht Umrechnung von NMR-Daten, selbst wenn Fast-Diffusion-Kriterium nicht erfüllt ist und berücksichtigt obere Auflösungsgrenze von NMR (Slow-Diffusion)

Streuung und unterschiedliche Wertebereiche ggf. durch fraktale Porenraumeigenschaften und unterschiedliche Auflösungsgrenzen der Vergleichsverfahren erklärbar

→ **Datensatz vervollständigen und Untersuchungen an Referenzmaterialien dringend notwendig**

Kontakt

sarah.munsch@bam.de
christoph.strangfeld@bam.de
sabine.kruschwitz@bam.de

Formelerläuterungen

c = Geometriefaktor
D = Eigendiffusion von Wasser (2100 $\mu\text{m}^2/\text{s}$)
r = Radius
T = T_2 -Relaxationszeit
TB = T_2 -Relaxationszeit von freiem Wasser

ρ = Oberflächenrelaxivität
n = Mode
 S_m = Spezifische innere Oberfläche
 ρ_g = Matrixdichte
 ϕ = Porosität

Verweise

- [1] Brownstein, K.; Tarr, C.: Importance of classical diffusion in NMR studies of water in biological cells. Physical Review A, Vol. 19, Nr. 6, 1979.
- [2] Godefroy, S.; Korb, J.-P.; Fleury, M.; Bryant, R.: Surface nuclear magnetic relaxation and dynamics of water and oil in microporous media. Physical Review E, Vol. 64, 2001.
- [3] Börner, F.; Schopper, J.; Weller, A.: Evaluation of transport and storage properties in the soil and groundwater zone from induced polarization measurements. Geophysical Prospecting, Vol. 44, 583-601, 1996.