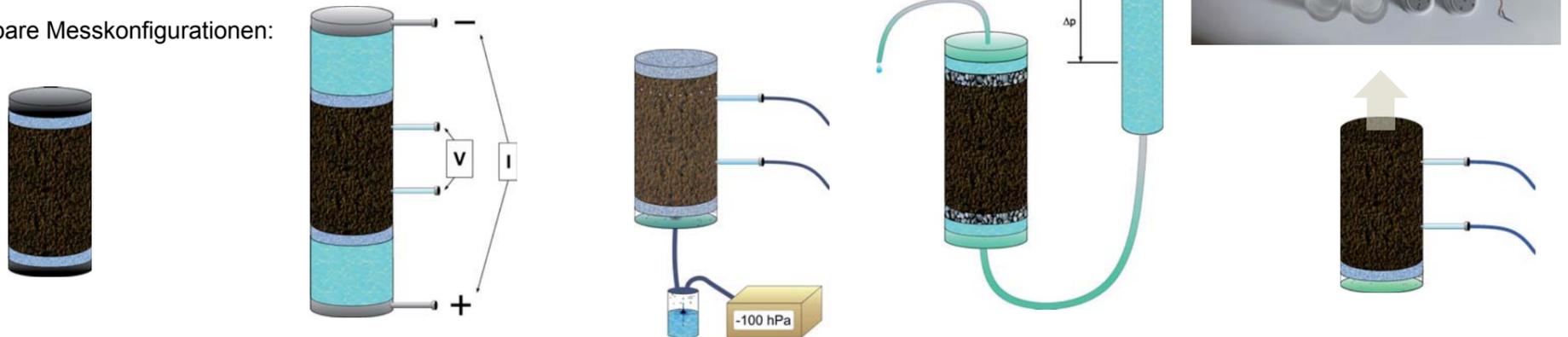


# Entwicklung einer Messzelle zur kombinierten Messung von SIP und NMR, Kapillardruck, sowie gesättigter und ungesättigter hydraulischer Leitfähigkeit

## Motivation

- Messung verschiedener boden- und petrophysikalischer Parameter ohne Probenumbau, dadurch starke Reduzierung von systematischen Fehlern
- Untersuchung der Zusammenhänge unterschiedlicher physikalischer Parameter
- verbesserte Kalibration von geophysikalischen Feldmessungen, z.B. zur Bestimmung von:
  - Wassergehalten aus ERT Messungen (Archie, 1942)
  - gesättigte hydraulische Leitfähigkeit aus Oberflächen-NMR (Mohnke und Yaramanci, 2008)
  - Wasserretentionsfunktion aus Oberflächen-NMR (Costabel und Yaramanci, 2013)

### ➤ Verfügbare Messkonfigurationen:



➤ **NMR**  
 (Probenmaterial zwischen feinporigen Glasfilterplatten 1 – 1.6 µm Porengröße)

➤ **SIP, Elektrik:**  
 (Elektrolytische Ankopplung zur Strom- und Spannungsmessung)

➤ **Wasserretention**  
 (Unterdruckgesteuerte Entsättigung, 1 – 900 hPa)

➤ **Gesättigte Leitfähigkeit**  
 (Durchströmungsversuch mit grobkörnigen Glasfilterplatten, 250 – 500 µm Porengröße)

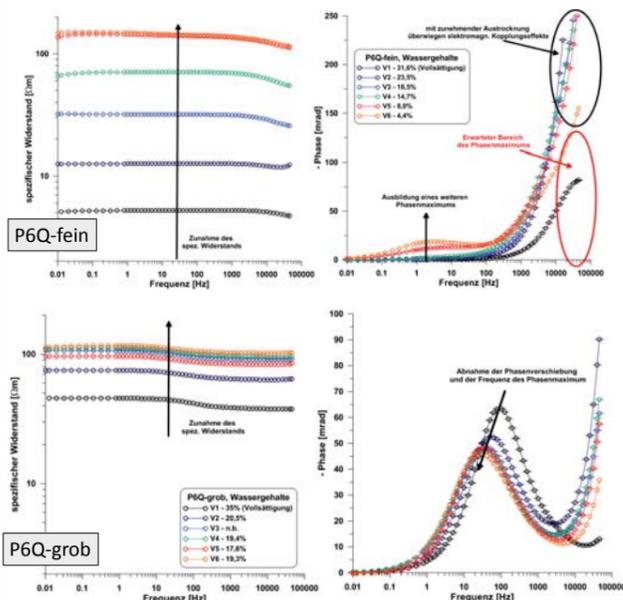
➤ **Ungesättigte Leitfähigkeit**  
 (Evaporationsmethode, Peters und Durner, 2008)

## Spektral Induzierte Polarisation

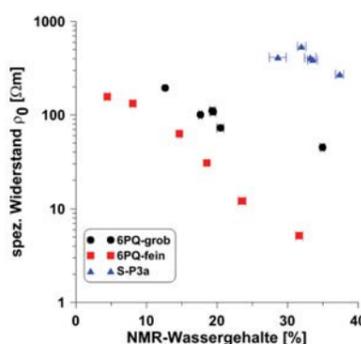


➤ Probenmaterial: Mischungen aus Feinsand und 6% Pyrit (P6Q-fein: <63 µm, P6Q-grob: 630 – 1000 µm), reales Haldenmaterial (S-P3a)

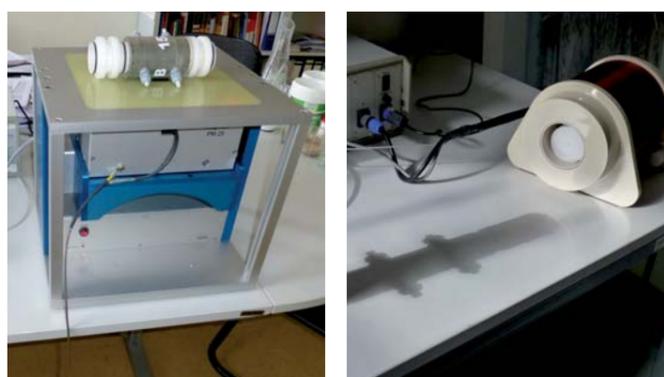
➤ SIP-Messungen für verschiedene Wasserretentionsstufen von 50 bis 500 hPa:



➤ Spez. elektr. Widerstand als Funktion des Wassergehaltes:

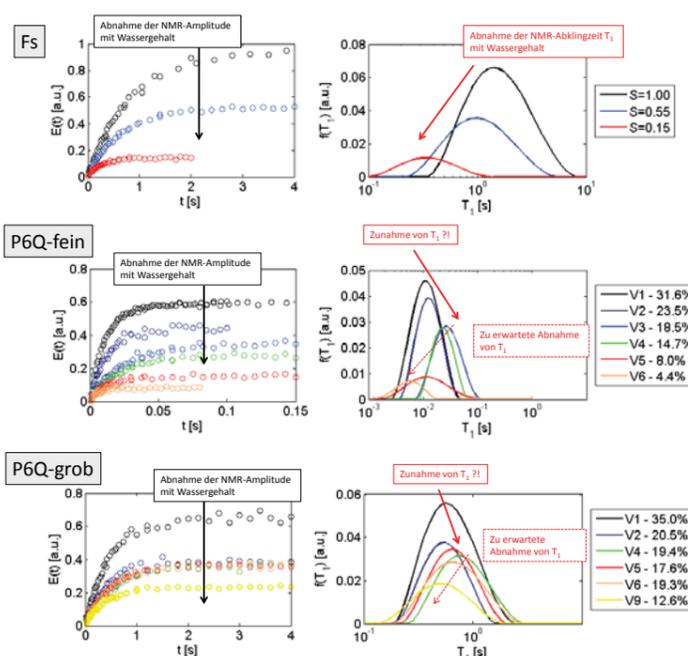


## Nuklearmagnetische Resonanz

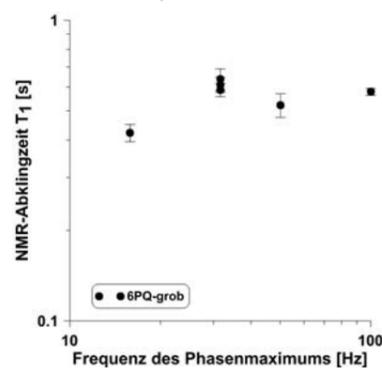


➤ Probenmaterial: reiner Feinsand (Fs), P6Q-fein und P6Q-grob

➤ NMR-Messungen der longitudinalen ( $T_1$ ) Relaxation (saturation recovery) für verschiedene Wasserretentionsstufen von 50 bis 500 hPa:



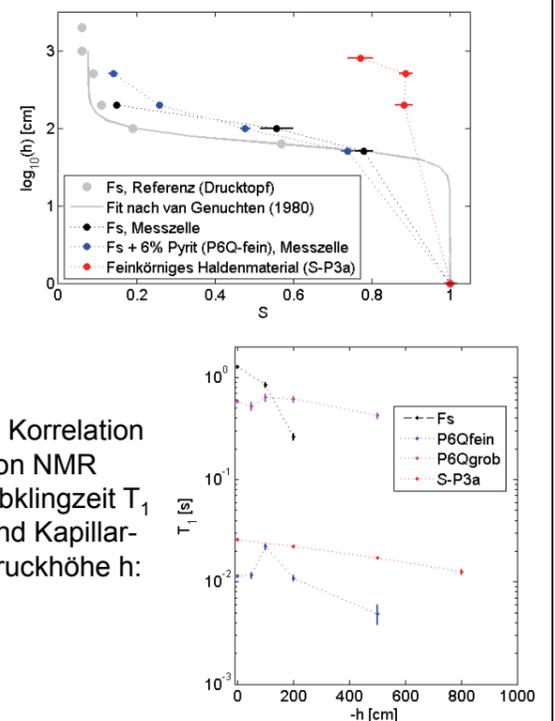
➤ Zusammenhang von NMR-Abklingzeit  $T_1$  und SIP-Frequenz beim Phasenmaximum für Probe P6Q-grob:



## Wasserretention



➤ Probenmaterial: Fs, P6Q-fein und P6Q-grob und S-P3a (Retention bis 800 hPa):



➤ Korrelation von NMR Abklingzeit  $T_1$  und Kapillardruckhöhe h:

## Ausblick

- Testmessungen der hydraulischen Leitfähigkeit (gesättigt, ungesättigt)
- Wiederholungsmessungen/Reproduzierbarkeit
- Datenbank mit boden- und petrophysikalischen Parametern für Vielzahl an natürlichen und synthetischen Probenmaterialien

### Referenzen

➤ Archie, G. E. (1942). The Electrical Log as an Aid in Determining Some Reservoir Characteristics. Trans., AIME, 146, 54 – 67.  
 ➤ Costabel, S. and Yaramanci, U. (2013). Estimation of water retention parameters from nuclear magnetic resonance relaxation time distributions. Water Resources Research 49, 2068–2079.  
 ➤ Mohnke, O. and Yaramanci, U. (2008). Pore size distributions and hydraulic conductivities of rocks derived from magnetic resonance sounding relaxation data using multi-exponential decay time inversion. Journal of Applied Geophysics 66,73–81.  
 ➤ Peters, A. and Durner, W. (2008). Simplified evaporation method for determining soil hydraulic properties. Journal of Hydrology 356,147–162.