



Technische  
Universität  
Braunschweig



# Einfluss der Salinität und des pH-Wertes auf SIP Messungen

E. Kuhn, A. Hördt, H. Stebner  
Technische Universität Braunschweig | Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik  
e.kuhn@tu-braunschweig.de | Telefon +49 (0) 531 391-5228

## Einleitung

Durch Messung der Spektralen Induzierten Polarisation (SIP) sollen Interpretationen der hydraulischen Eigenschaften des Untergrundes ermöglicht werden. Voraussetzung dafür ist, dass die Abhängigkeit der elektrischen Parameter von der Geometrie des Porenraumes und damit von der hydraulischen Leitfähigkeit bekannt ist und diese nicht durch die chemischen Eigenschaften des Porenfluids verändert werden. In dieser Arbeit liegt der Fokus speziell auf dem Einfluss der Salinität und des pH-Wertes des Porenfluids auf SIP Messungen.

## Messvorgang

Es wurden zunächst salinitätsabhängige Messungen mit Natriumchlorid-Lösungen im Frequenzbereich von 1 mHz bis 100 Hz bei Leitfähigkeiten von 0,4 mS/m bis 1200,0 mS/m durchgeführt. Bei der Untersuchung des pH-Wertes wurden die Proben mit Lösungen von pH=3,0 bis 5,3 bei einer konstanten Fluidleitfähigkeit gesättigt.

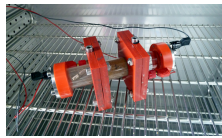


Abb. 1: Messzelle mit Elbsandsteinprobe.

## Abhängigkeit von der Salinität

Abb. 2: Ausgewählte Impedanz Spektren bei Änderung der Salinität. Die Impedanz nimmt, wie durch Archie's Gesetz zu erwarten ist, mit zunehmender Salinität ab.

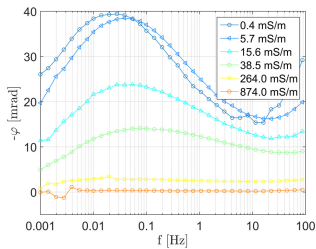
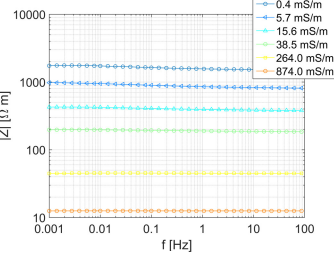


Abb. 3: Bei den zugehörigen Phasen-Spektren lässt sich ein abnehmender Trend mit der Leitfähigkeit (und damit der Salinität) feststellen. Dabei verschiebt sich das Phasenmaximum um knapp 100 mHz zu höheren Frequenzen. Die Phase verschwindet bei hoch-salinen Messungen vollständig.

## Schlussfolgerungen

Die Salinität hat einen großen Einfluss auf die SIP-Spektren. Bei sehr hohen Salinitäten wird die Impedanz klein und der Phaseneffekt eliminiert. Der Imaginärteil steigt bis zu einem Maximum an und sinkt für sehr hohe Salinitäten wieder.

Der pH-Wert hat einen viel geringeren Effekt auf die Spektren als die Salinität.

Da sich die bisherigen Betrachtungen nur auf saure pH-Werte bis zu 5,3 konzentriert haben, werden Messungen bei höheren pH-Werten folgen.

## Imaginärteil bei Variation der Salinität

Der Imaginärteil der Leitfähigkeit bei 1 Hz nimmt mit der Fluidleitfähigkeit zunächst monoton zu. Bei etwa 0,2 S/m beginnt der Imaginärteil jedoch wieder zu sinken, was bislang noch nicht vollständig erklärbar ist. Dieses Verhalten zeigt sich auch bei Weller, Zhang und Slater (2015), die ein Maximum des Imaginärteils bei Fluidleitfähigkeiten über 1 S/m mit einem anschließenden Abfall des Imaginärteils bei höheren Salinitäten finden. Hördt et al. (2015) erklären diesen Abfall durch einen Effekt des Zeta-Potentials bei der Membranpolarisation.

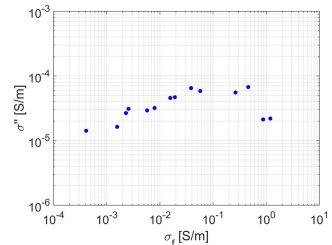


Abb. 4: Imaginärteil der Leitfähigkeit bei 1 Hz in Abhängigkeit der Fluidleitfähigkeit.

## Einfluss des pH-Wertes

Um den pH-Wert kontrolliert zu variieren, wurden verschiedene Konzentrationen von Salzsäure und Natronlauge vermengt. Bei der Reaktion entsteht ein Überschuss an H<sup>+</sup>- bzw. OH<sup>-</sup>-Ionen, die die Lösung sauer oder basisch machen.

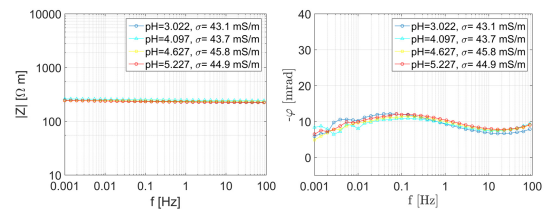


Abb. 5: SIP Spektren bei Variation des pH-Wertes bei konstanter Fluidleitfähigkeit.

Da bei Änderung des pH-Wertes auch die Salinität beeinflusst wird, wurde bei jedem neu angesetzten Porenfluid durch Hinzufügen von Natriumchlorid die Leitfähigkeit auf etwa 45 mS/m gebracht. Da Natriumchlorid-Lösungen im Mittel einen pH-Wert von rund 7 haben, bleibt der eingestellte pH-Wert unbeeinflusst.

Die Impedanz ist erwartungsgemäß nahezu konstant. Die Phasenwinkel und der Imaginärteil zeigen eine geringe Variation, die allerdings auch aus den leichten Salinitätsänderungen resultieren können.

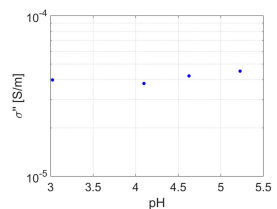


Abb. 6: Imaginärteil der Leitfähigkeit bei 1 Hz in Abhängigkeit des pH-Wertes.

## Literatur

Hördt, A., K. Bairlein, A. Bielefeld, M. Bucker, S. Nordsiek, E. Kuhn und H. Stebner (2015). „The dependence of induced polarization on fluid salinity and pH, studied with an extended model of membrane polarization“. Manuscript submitted for publication.  
Weller, A., Z. Zhang und L. Slater (2015). „High-salinity polarization of sandstones“. In: *Geophysics*.

