

Eine Methode gegen auslaufende Ag/AgCl//KCl(H_2O) Elektroden

Michael Häuserer, Andreas Junge
Goethe Universität Frankfurt/Main
haeuserer@geophysik.uni-frankfurt.de

Einleitung

Im Rahmen der RiftLink Forschergruppe wurden in den Jahren 2007 und 2008 im Westen Ugandas langperiodische magnetotellurische (LMT) Messungen zur Erkundung der Kruste und des oberen Erdmantels durchgeführt. Für die LMT Messungen wurden Dreikomponenten Fluxgate Magnetometer (GEOMAG), Ag/AgCl//KCl(H_2O) Elektroden und GEOLORE (Roßberg 2007) Datenlogger verwendet (vgl.: Abbildung 1).

Die Ag/AgCl//KCl(H_2O) Elektrode selbst ist in einem mit einer gesättigten KCl Lösung gefüllten, abgeschlossenen PVC Behälter installiert. Die Keramik Fritten in der Behälterwand lassen einen Ladungstransport zu, verhindern aber das Auslaufen der KCl Lösung, die den Ladungstransport im Behälter zur Ag/AgCl//KCl(H_2O) Elektrode ermöglicht.

Bei Stationskontrollen während des Stationsaufbaus 2007 wurde festgestellt, dass die KCl Lösung der Elektroden ausgelaufen war. Dies äußerte sich zuerst in nicht induzierten Spannungsschwankungen zwischen je zwei Elektroden bei der Spannungskontrolle mit einem Multimeter und bestätigte sich, nachdem Ausgraben der Elektroden. Die Kontrolle der aufgezeichneten Zeitreihen zeigt, dass die Elektroden teilweise bereits nach drei bis fünf Tagen

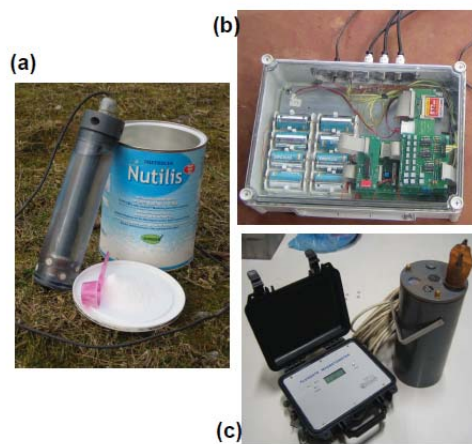


Abbildung 1: Messgeräte
(a) Ag/AgCl//KCl(H_2O) Elektrode mit DICKUNGSPULVER NUTILIS, (b) Datenlogger GEOLORE, (c) Fluxgate Magnetometer (GEOMAG)

ausgelaufen waren und den Kontakt zum Boden verloren hatten. Die Elektroden wurden daher bei jeder weiteren Kontrolle ausgegraben und neu befüllt.

Die Ursache des Auslaufens liegt neben den heißen und trockenen äußeren Bedingungen im Messgebiet bei mechanischen Problemen bei der Herstellung des Elektrodengehäuses. Die Keramik Fritten wurden auf Grund ihres geringen Durchmessers von $5mm$ nicht mit dem Gehäuse verklebt. Dadurch sollte verhindert werden, dass Klebstoff vom Rand in die Poren der Keramik eindringt und den bereits geringen Durchmesser und damit die elektrisch leitende Kontaktfläche zwischen Elektrode und Boden weiter verkleinert. Die Keramik Fritten wurden daher lediglich in zum Durchmesser der Keramik passende Löcher das Gehäuse eingepresst. Die erforderliche Dichtheit wurde dadurch aber nicht erreicht, was unter anderem an den Toleranzen des Durchmessers der Keramik Fritten von $\pm 0.5mm$ lag.

Bei der Suche nach einer Lösung für dieses Problem sind wir auf Nutilis (Abbildung 1a) gestoßen. Nutilis ist ein Dickungspulver auf der Basis von Algen und wird im medizinischen Bereich in Kliniken bei Patienten mit Schluckproblemen eingesetzt. Flüssigkeiten werden mit Nutilis eingedickt, um von Patienten leichter geschluckt werden zu können. Nutilis ist in der Apotheke frei erhältlich und laut Packungsbeilage kann eine "honig"-artige Konsistenz von Flüssigkeiten erzeugt werden.

Für eine Elektrode mit einer Füllmenge von $300ml$ KCl Lösung wurde nach einigen Tests zwei Portionen des beiliegenden Messlöffels verwendet, um die KCl Lösung leicht zu einer Art Gel einzudicken. Der hohe Salzgehalt des Gels verhindert eventuelles Faulen der organischen Substanzen. Bei einem Test vor dem Institut, bei dem eine herkömmliche Elektrode mit KCl Lösung, und eine Gel Elektrode vergraben wurde, war der Flüssigkeitsverlust der herkömmlichen Elektrode in 30 Tagen deutlich, der der Gel-Elektrode gering. Die leicht veränderte Konsistenz der Salzlösung reicht aus, dass diese nicht mehr durch die undichten Stellen zwischen Keramik Fritten und Elektroden Gehäuse läuft.

Einfluss auf die Messergebnisse

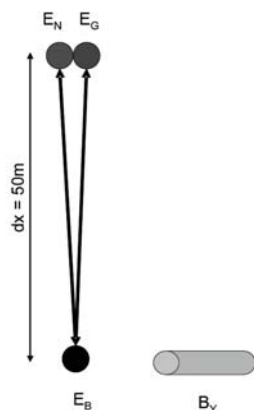


Abbildung 2: Gel-Elektroden Test: Schematischer Aufbau

Spannungsmessung zwischen: Gel-Elektrode (E_G) und Basis Elektrode (E_B), normalen Elektrode (E_N) und Basis Elektrode (E_B) mit einer Distanz in Nordrichtung $dx = 50m$.

Zusätzliche Messung der Magnetfeldkomponente B_Y .

Im Rahmen einer Diplomarbeit im Vogelsberg (Löwer 2009) wurde der Einfluss der Gel Elektroden auf die Messergebnisse gegenüber herkömmlichen Elektroden getestet. Der Testaufbau ist in Abbildung 2 dargestellt. Es wurde eine Gel Elektrode (E_G) und eine herkömmliche, Elektrode (E_N) in einem Loch vergraben und die Spannungen gegen eine gemeinsame Basis Elektrode (E_B) in 50m Entfernung in Nord-Süd Richtung mit der ADU07 (METRONIX) gemessen. Daraus wurden die elektrischen Felder E_{Gel} für die Gel Elektrode und E_{norm} für die herkömmliche Elektrode berechnet. Zusätzlich ist die Ost West Komponente (B_Y) des Magnetischen Feldes mit einer Induktionsspule aufgezeichnet worden. E_{Gel} , E_{norm} und B_Y kennzeichnen die gemessenen Felder im Frequenzbereich. In den folgenden Energiedichtespektren wurden die von künstlichem Noise gestörten Spektrallinien $16^{2/3}Hz$, $50Hz$ und deren Multiplen wegen ihrer großen Amplituden zur besseren Vergleichbarkeit der natürlichen Signale ausgeblendet. Die Frequenzachse ist zur Übersichtlichkeit linear dargestellt. Abbildung 3c zeigt das Energiedichtespektrum der Zeitreihe der Gel Elektrode (schwarz, durchgezogen) und der herkömmlichen Elektrode (rot, gestrichelt). Über den gesamten dargestellten Frequenzbereich zeigt sich eine hervorragende Übereinstimmung der Energiedichte beider Messungen. Die blaue Kurve stellt die Differenz zwischen der roten und der schwarzen Kurve dar und zeigt, dass der Unterschied zwischen den Spektren der herkömmlichen Elektrode und der Gel Elektrode nahezu zwei Dekaden kleiner als die Spektren selbst und damit sehr gering ist. In Abbildung 3d ist ein Ausschnitt aus Abbildung 3c von $0 - 250Hz$ zu sehen und zeigt neben den Spektren der E-Feld Messung noch zusätzlich in blau das Spektrum der B-Feld Messung und die frappierende Ähnlichkeit zwischen dem Energieinhalt der beiden Felder im Frequenzbereich.

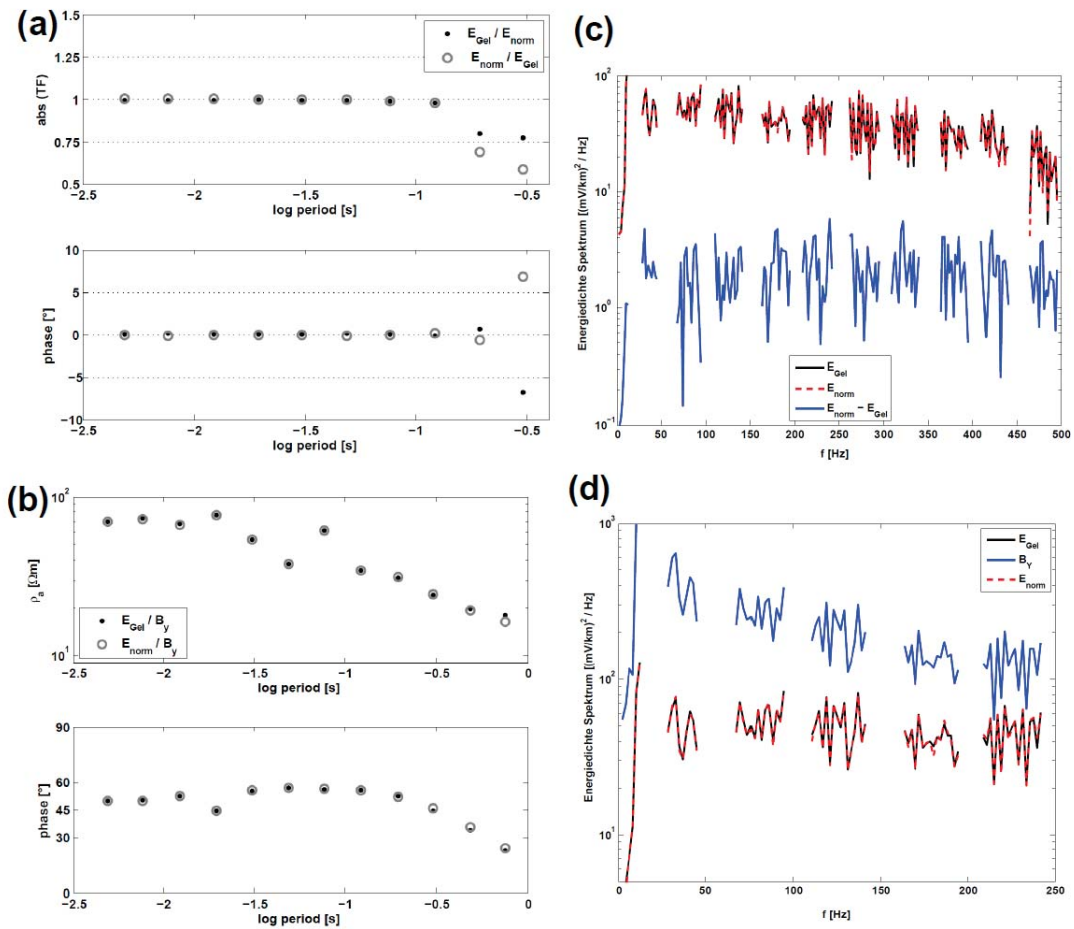


Abbildung 3: Spektren und Übertragungsfunktionen aus Gel-Elektroden Testmessungen
 (a) Absolutbetrag (oben) und Phase (unten) von univariaten Übertragungsfunktionen zwischen E_{Gel}/E_{norm} (schwarze Punkte) und E_{norm}/E_{Gel} (graue Kreise). (b) Absolutbetrag (oben) und Phase (unten) von univariaten Übertragungsfunktionen zwischen E_{Gel}/B_Y (schwarze Punkte) und E_{norm}/B_Y (graue Kreise), (c) Energiedichtespektren der Felder E_{Gel} (schwarz), E_{norm} (rot) und Differenz beider Spektren (blau) gegenüber der Frequenz aufgetragen. (d) Ausschnitt der Spektren von 0 – 250 Hz aus (a) mit Spektrum der Magnetfeldaufzeichnung (blau).

Zwischen E_{Gel} und E_{norm} wurden univariate Übertragungsfunktionen im Frequenzbereich berechnet und deren Betrag und Phase gegenüber der Periode aufgetragen:

$$T_{xy} = \frac{\langle XY^* \rangle}{\langle |Y| \rangle} \quad (1)$$

wobei X, Y stellvertretend E_{Gel}, E_{norm}, B_Y sein kann. Abbildung 3a zeigt die Übertragungsfunktionen, die einerseits aus dem Ansatz $E_{Gel} = T_{xy}E_{norm}$ (schwarze Punkte) und andererseits aus $E_{norm} = T_{xy}E_{Gel}$ (graue Kreise) berechnet wurden. Die Absolutbeträge

der schwarzen und grauen Kurve liegen bei eins und die Phasen bei Null von $204Hz$ bis $8Hz$. Für den länger periodischen Bereich wird die Übereinstimmung schlechter, was auf schwache natürliche Anregung in diesem Frequenzbereich (dead band) zurückgeführt werden kann und auch in der Arbeit von Löwer (2009) ähnliche Probleme verursacht hat.

Univariate Übertragungsfunktionen aus den Ansätzen $E_{Gel} = T_{xy}B_y$ und $E_{norm} = T_{xy}B_y$ zwischen elektrischen- und magnetischen Feldern wurden berechnet und in Abbildung 3b als ρ_a - und Phasen Werte gegenüber der Periode dargestellt. Die schwarze Kurve zeigt die Übertragungsfunktion E_{Gel}/B_Y und die graue Kurve E_{norm}/B_Y . Beide Kurven zeigen nur geringe Abweichungen von einander über den berechneten Frequenzbereich von $204Hz$ bis $1Hz$ und zeigen dass das Gel keinen Störeinfluss im Vergleich zu herkömmlichen Elektroden auf die Messergebnisse hat.

Fazit

Die Grund für das Auslaufen der Frankfurter Elektroden wird auf mechanische Probleme zurückgeführt. Die hier vorgestellte Methode zur Abdichtung von $Ag/AgCl/KCl(H_2O)$ Elektroden stellt eine preiswerte Alternative zum Bau bzw. Kauf neuer Elektroden dar. Das Gel in den Elektroden verhindert das Auslaufen und die Elektroden sind auf lange Sicht (2 Monate sind getestet) stabil. Das Gel beeinflusst die Aufzeichnungen der Elektroden nicht.

Literatur

- Löwer, A. (2009) Audiomagnetotellurik im Hohen Vogelsberg, Diplomarbeit
- Roßberg, R. (2007) GEOLORE: Migration from an Experiment to a versatile Instrument, 22 EMTF colloquium, 1.-5. October 2007, Děčín, Czech Republic, ISSN 0946-7467