

# Einfluss von rotierten Feldern auf das Processing von MT-Zeitreihen

Andre Jung\* Ute Weckmann†

## 1 Einleitung

Eine der zentralen Aufgaben in der Interpretation magnetotellurischer (MT) Daten ist die Bestimmung der Streichrichtungen von elektrischen Strukturen. Insbesondere für eine 2D-Modellierung müssen die Übertragungsfunktionen getrennt nach TE (tangential elektrisch) und TM (tangential magnetisch) vorliegen. Dies wird durch eine Rotation des Impedanztensors nach dem Datenprocessing erreicht. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass es unerheblich ist, ob die Daten schon beim Stationsaufbau in der Orientierung des elektrischen Streichens registriert werden, sie vor dem Processing rotiert werden oder die Impedanzen vor der Interpretation rotiert werden. Wir haben jedoch beobachtet, dass sich die Ergebnisse bei verschiedener Vorgehensweise unterscheiden. Dies legt nahe, die Daten von vornherein in einem geeigneten Koordinatensystem auszuwerten.

## 2 Rotation von Zeitreihen und Impedanztensor

Die Formeln für die Rotationsmatrix und transponierte Rotationsmatrix lauten

$$R = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix}; R^T = \begin{pmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi \\ -\sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix}$$

Aus den rotierten Feldern lässt sich (vor der Auswertung) ein Impedanztensor  $Z'$  berechnen.

$$\begin{aligned} E &= ZB \\ (RE) &= Z'(RB) \quad | \cdot R^T \\ (R^T R)E &= (R^T Z' R)B \\ E &= (R^T Z' R)B \\ Z &= R^T Z' R \end{aligned}$$

Eine Rotation des gemittelten Impedanztensors kann durch

$$R \cdot \begin{pmatrix} Z_{XX} & Z_{XY} \\ Z_{YX} & Z_{YY} \end{pmatrix} \cdot R^T = Z''$$

\*ajung@gfz-potsdam.de, GeoForschungsZentrum Potsdam, Telegraphenberg, 14473 Potsdam, Germany and Universität Potsdam, Karl-Liebknecht-Str. 24/25, 14476 Golm, Germany

†uweck@gfz-potsdam.de, GeoForschungsZentrum Potsdam, Telegraphenberg, 14473 Potsdam, Germany

berechnet werden. Man kann zeigen, dass

$$Z' = Z''$$

gilt. Das heißt, aus mathematischer Sicht ist der Zeitpunkt der Rotation unerheblich.

### 3 Beispiele

Zur Demonstration wurde Station 85 aus Namibia (Abb.1, [3, 5]) mit starken 3D-Effekten und Station 67 aus Südafrika (Abb.2, [6]) mit geringerem 3D-Einfluß ausgewählt. Die Daten wurden mit dem EMERALD-Processing [2, 4] mit einem Kohärenzkriterium von 95% bearbeitet, wobei Events aussortiert wurden, die nicht in den erwartenden Quadranten fallen (Phasenkriterium). Bei beiden Stationen wurden die Zeitreihen **vor** dem Processing in unterschiedliche Koordinatensysteme rotiert, und anschließend die Impedanzen wieder in das Ursprungskoordinatensystem zurück transformiert. Dem mathematischen Ansatz zufolge sollten die Kurven deckungsgleich sein. An beiden Stationen zeigt sich, dass eine Rotation vor dem Processing häufig andere Impedanzen liefert als die Rotation der Ergebnisse. Die Ergebnisse lassen gerade zu längeren Perioden hin sehr unterschiedliche Interpretationen der Leitfähigkeiten zu.

Das Problem besteht vermutlich darin, dass das für die Impedanzberechnung am besten geeignete Koordinatensystem vor der Rotation noch nicht bekannt ist, und bei anschließender Rotation Anteile schlecht aufgelöster, kleiner Hauptdiagonalelemente die TE- oder TM-Übertragungsfunktionen wieder verschlechtern.

### 4 Rotation der E- und B-Felder im Larsen Processing

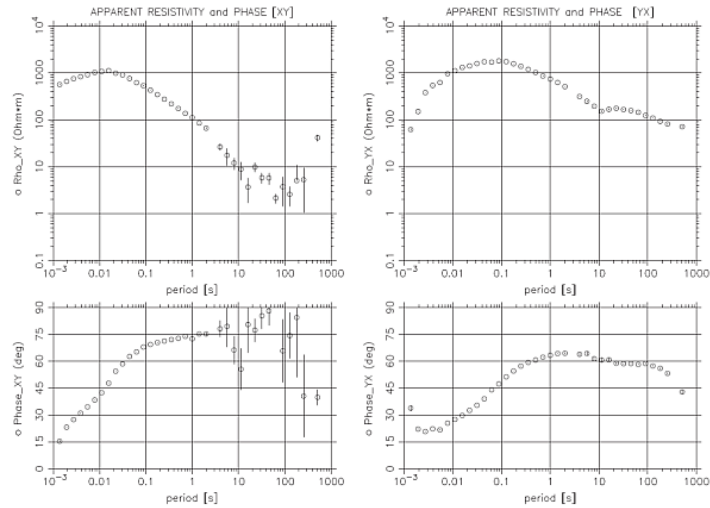
Larsen [1] schlägt vor die elektrischen Komponenten getrennt von den magnetischen Komponenten und **vor** der Impedanzberechnung zu rotieren. Die Maximierung einer E-Feldkomponente durch Rotation führt zu einer großen Komponente und einer kleinen Komponente. Anschließend werden die magnetischen Komponenten so rotiert, dass eine der magnetischen Komponenten maximale Kohärenz mit der elektrischen Hauptkomponente aufweist. Durch diese Methode der getrennten Rotation von E- und B-Feldern kann der Winkel zwischen E- und B-Feldern von  $90^\circ$  abweichen. Die Auswirkungen der getrennten Rotation auf die resultierenden Impedanzen sind bislang nicht tiefergehend untersucht.

### 5 Diskussion und Ausblick

Für die Unterschiede zwischen rotierten Daten und rotiertem Impedanztensor könnte die robuste Gewichtung der Tensorelemente während des Processings verantwortlich zu sein. Die Hauptdiagonalelemente sind häufig klein und schlecht aufgelöst. Die Rotation des Impedanztensors kann nachträglich zu einer Verschlechterung der größeren, besser bestimmten Nebendiagonalelemente führen.

In meiner Diplomarbeit möchte ich folgende Ansätze verfolgen:

## unrotierte Daten



## rotierte Daten

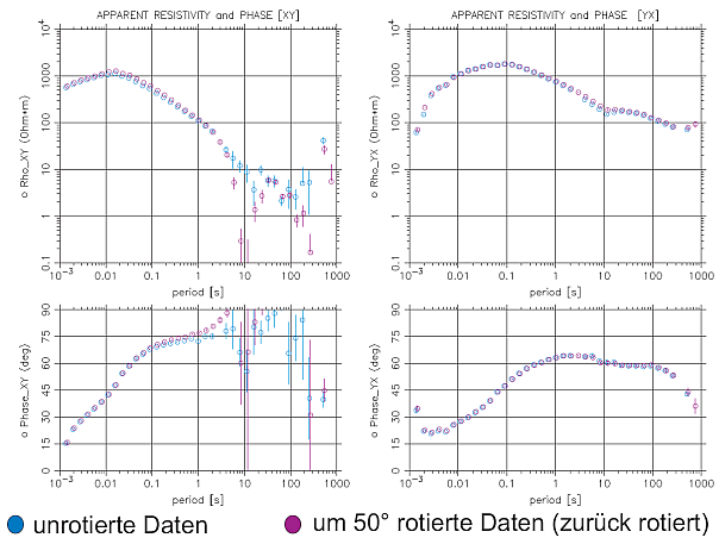
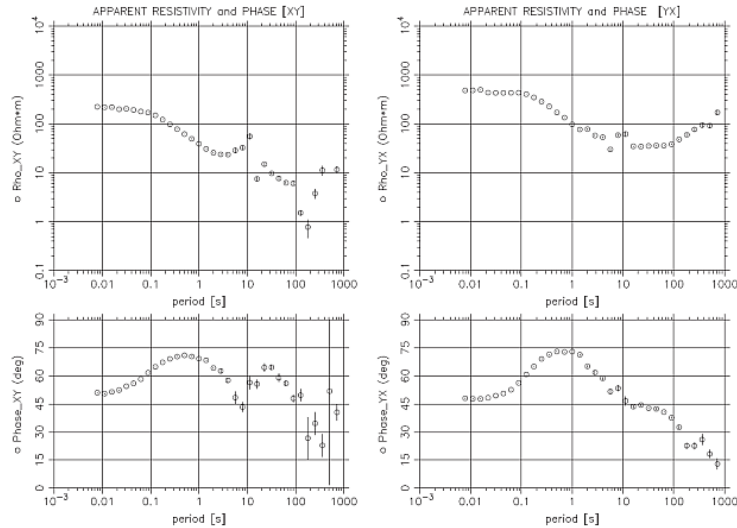


Abbildung 1: **Station 85, Namibia.** Eine Interpretation der XY-Komponente ist aufgrund von Rauschen ab 2s kaum möglich. Bei den Daten, die vor dem Processing um  $50^\circ$  rotiert wurden, und anschließend wieder zurück rotiert wurden, scheint die Phase bis 5s gut aufgelöst zu sein und deutet auf einen stetigen Verlauf der Phasen in den nächsten Quadranten hin. Dieser Verlauf scheint bei den unrotierten Daten nicht aufgelöst zu sein. Auch die Werte für den scheinbaren Widerstand liegen in wesentlich niedrigeren Bereichen als die der unrotierten. Die YX-Komponente ist in beiden Fällen sehr gut aufgelöst. In diesem Fall gibt es kaum Abweichungen zwischen unrotierten und rotierten Daten.

### unrotierte Daten



### rotierte Daten

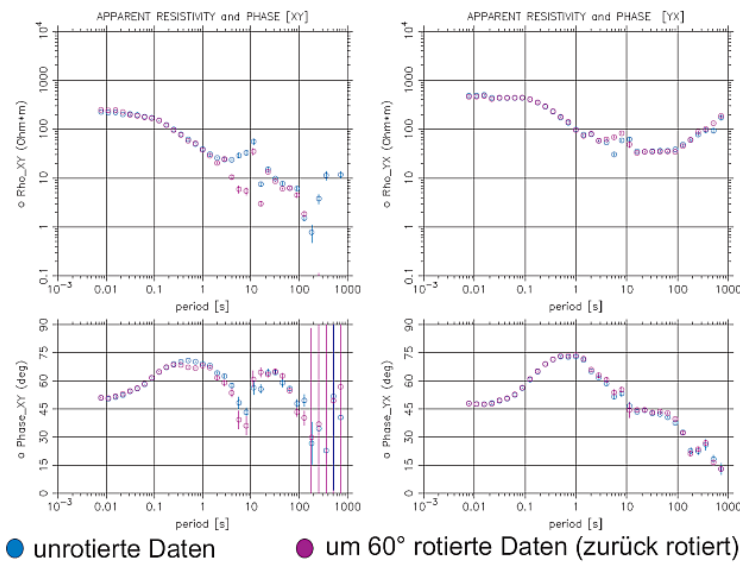


Abbildung 2: **Station 67, Südafrika.** Im unrotierten Zustand sind die scheinbaren Widerstands- und Phasekurven der XY-Komponente ab 10s sehr schlecht aufgelöst. Die schlechte Datenqualität wird bei den um 60° rotierten anhand der Phase noch deutlicher. Auch hier wurden die Daten vor dem Processing rotiert, und der resultierende Impedanztensor wieder zurück rotiert. Die YX-Komponente ist in beiden Fällen wesentlich besserer Qualität. Bei XY- und YX-Komponente deuten die Werte für  $\rho_a$  im Bereich von 2s bis 10s auf völlig andere Widerstandsveränderungen hin. In diesem Periodenbereich sind beide Komponenten gebiast. Allerdings ist in der XY-Komponente zwischen 0.2s und 1s ein anderer Phasenverlauf zu beobachten.

- Auswirkung von E- und B-Feldern, die in unterschiedliche Koordinatensysteme gedreht sind, auf die Impedanzen. Dies kann anhand einer Kreuzkorrelation vor dem Processing erreicht werden.
- Berechnung des Rotationswinkels anhand des Impedanztensors nach Methoden wie z.B. Swift, Bahr, Phasentensor, min/max Kohärenz. Anschließend werden die Daten bei einem 2. Durchlauf der Tensorberechnung unter Berücksichtigung dieses Winkels rotiert.

## Literatur

- [1] J.C. Larsen, R.L. Mackie, A. Manzella, A. Fiordelisi, and S. Rieven. Robust smooth magnetotelluric transfer functions. *Geophysical Journal International*, 124:801–819, 1996.
- [2] O. Ritter, A. Junge, and G.J.K. Dawes. New equipment and processing for magnetotelluric remote reference observations. *Geophysical Journal International*, 132:535–548, 1998.
- [3] O. Ritter, U. Weckmann, T. Viator, and V. Haak. A Magnetotelluric study of the Damara Belt in Namibia 1. Regional scale conductivity anomalies. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 138:71–90, 2003.
- [4] U. Weckmann, A. Magunia, and O. Ritter. Effective noise separation for magnetotelluric single site data processing using a frequency domain selection scheme. *Geophysical Journal International*, 162(3):000–000, 2005.
- [5] U. Weckmann, O. Ritter, and V. Haak. A magnetotelluric study of the Damara Belt in Namibia 2. MT phases over  $90^\circ$  reveal the internal structure of the Waterberg Fault / Omaruru Lineament. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 138:91–112, 2003.
- [6] U. Weckmann, O. Ritter, A. Jung, T. Branch, and M. deWit. Magnetotelluric measurements across the beattie magnetic anomaly and the southern cape conductive belt, south africa. *Journal of Geophysical Research*, 2006.