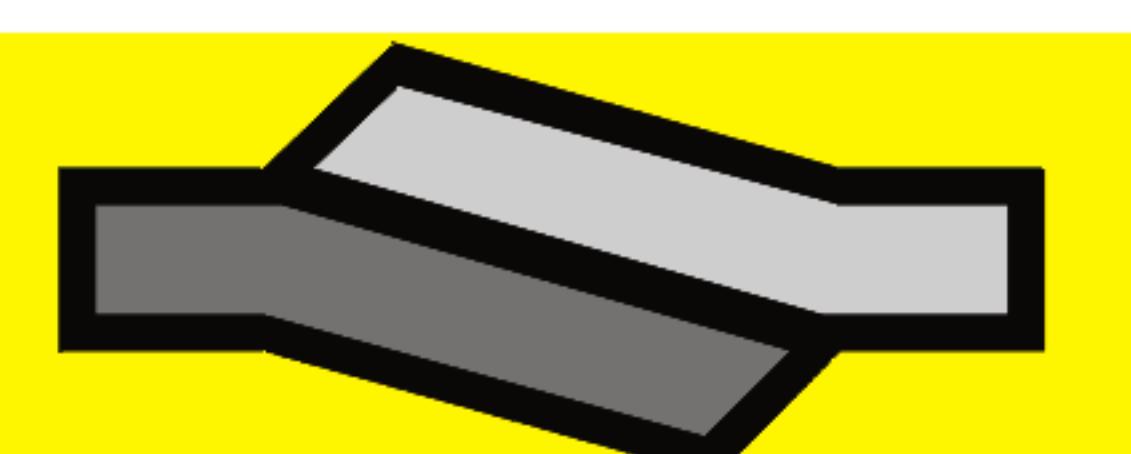


Teilprojekt B3

Magnetotellurik im Rahmen des ANCOP-Projekts



H. Brasse (*), S. Friedel (*), P. Lezaeta (*) & K. Schwalenberg (#)

* FR Geophysik, FU Berlin, Malteserstr. 74-100, 12249 Berlin

GFZ Potsdam, Telegrafenberg, 14473 Potsdam

Einleitung

Im Oktober/November 1997 wurden magnetotellurische Messungen auf dem bolivianischen Teil der Ancorp-Traverse durchgeführt. Das Profil reichte von der Westkordillere über den Altiplano bis zum Fuß der Ostkordillere. Darüber hinaus wurde das frühere chilenische "Pica-Profil" bei 20°S bis zum Salar de Uyuni verlängert (s. Abb. 1). Der Periodenbereich umfasste 10 s - 20.000 s.

Die Pseudo-Tiefensektionen (Abb. 2) zeigen die Westkordillere als schlechten elektrischen Leiter, wie es bereits früher für die Gebiete nördlich von etwa 22°S abgeleitet wurde (s. Poster 1). Für den Altiplano-Abschnitt sind die scheinbaren spezifischen Widerstände fast über den ganzen Frequenzbereich sehr niedrig, um zu langen Perioden noch weiter abzufallen. Auf einem guten Leiter in der Tiefe lässt sich auch aus den Phasensektionen schließen; die ρ_a -Kurven an einigen Stationen sind deutlich von "static shift" geprägt. Die hohen oberflächennahen Leitfähigkeiten sind eine Folge von Salaren, die sich entlang großer Abschnitte des Profils erstrecken. Sie führen zu einer erheblich verringerten Eindringtiefe der elektromagnetischen Wellen gegenüber den schlecht-leitenden Bereichen der Westkordillere.

An einigen Stationen und insbesondere auf einem Detailprofil über die Uyuni-Keniani-Störung wurden zusätzlich AMT-Variationen aufgezeichnet.

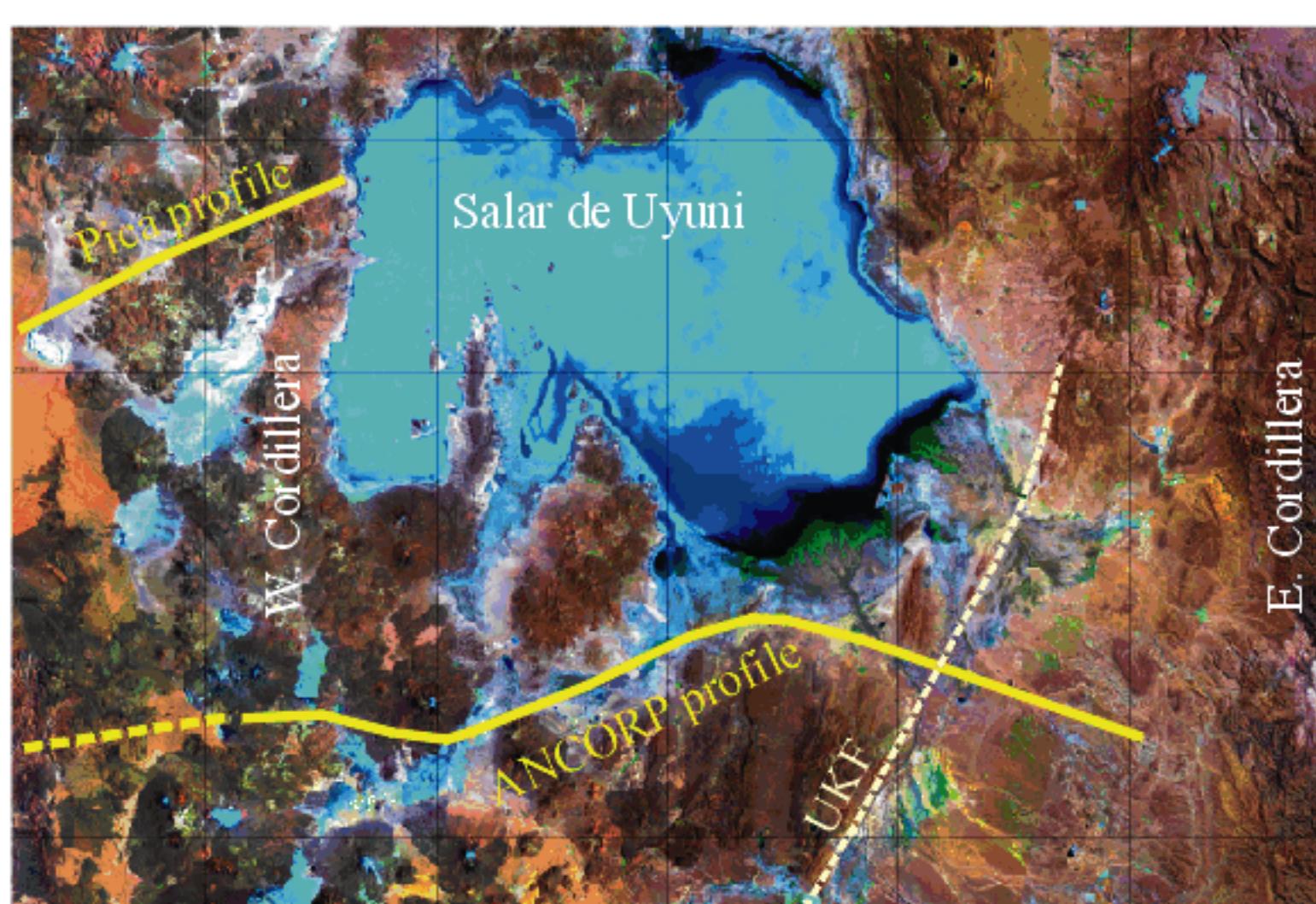


Abb. 1: Satellitenbild des Altiplano mit Lage der magnetotellurischen Profile (durchgezogene Linien; gestrichelte Linie: geplante Verlängerung 1998). Senkrecht zur Uyuni-Keniani Fault (UKF) wurde ein detaillierteres AMT-Profil vermessen.

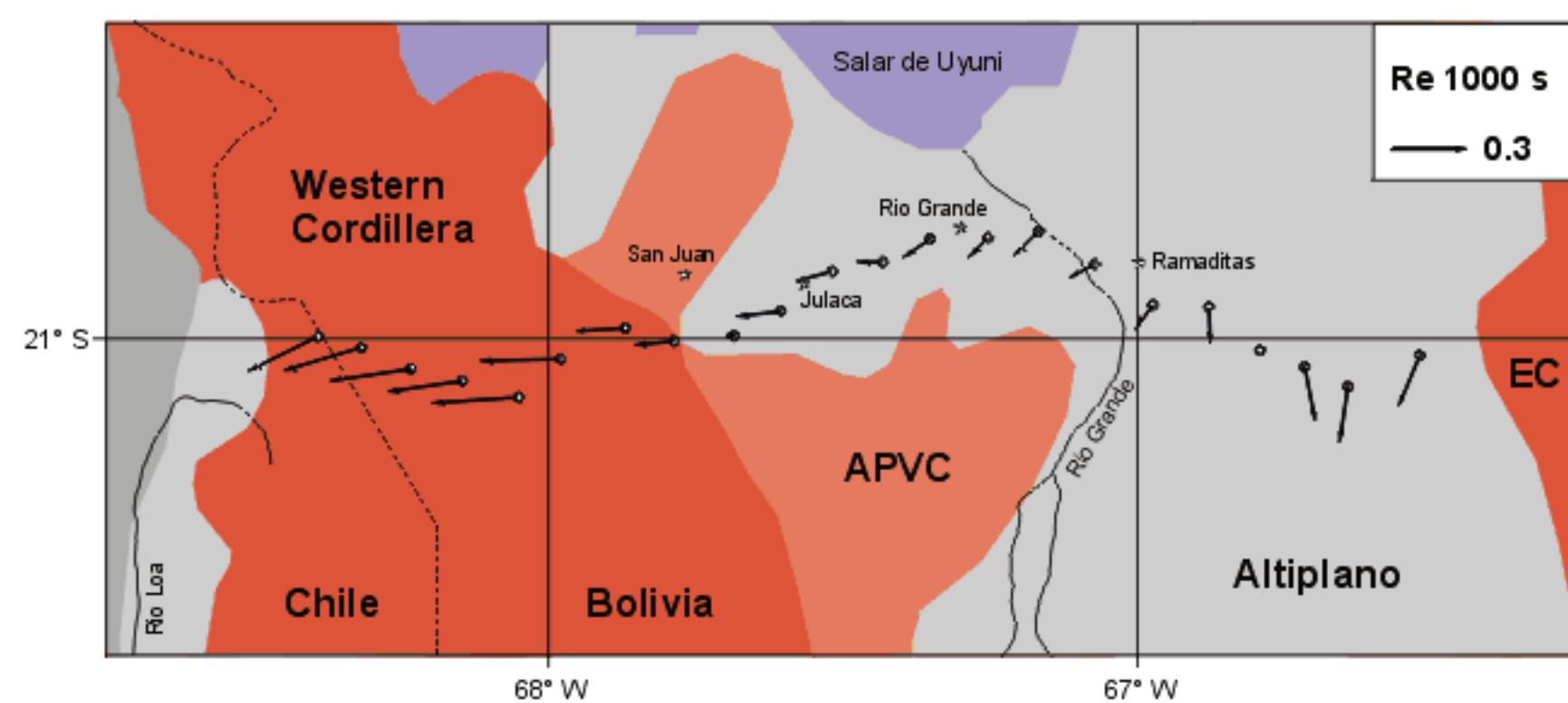


Abb. 3.: Induktionspfeile (Realteil) bei $T = 1.000$ s. Im Westteil des Profils zeigen die Pfeile nach Westen und deuten auf eine große Leitfähigkeitsanomalie unter dem zentralen Altiplano hin. Im Osten zeigen die Induktionspfeile dagegen nach Süden; dies ist ein Hinweis auf eine 3D-Struktur und - daraus folgend - ein möglicherweise inadäquater 2D-Modellansatz.

Dimensionsanalyse und Streichrichtung

Vor einer weiteren Modellierung ist zu prüfen, ob die Daten überhaupt zweidimensional auszuwerten sind. Fast alle Stationen zeigen für sehr kurze ($T < 100$ s) und sehr lange Perioden ($T > 5.000$ s) höhere Werte der Tensorschiefe als Indikation für eine 3D-Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit, während im mittleren Periodenband die Daten im westlichen und zentralen Teil des Profils als 2D angesehen werden können. Damit korrespondiert die Analyse der Streichrichtung, die hier zwischen 0° und -20° beträgt; im östlichen Teil des Profils können jedoch überhaupt keine stabilen Vorzugsrichtungen bestimmt werden.

Die Induktionspfeile liefern ein entsprechendes Bild (Abb. 3): Sie zeigen im westlichen und zentralen Teil des Profils nach Westen, im Osten jedoch nach Süden! Letzteres deutet auf eine Anomalie weiter im Norden hin; u.U. verläuft das Profil am südlichen Rand dieser Struktur vorbei.

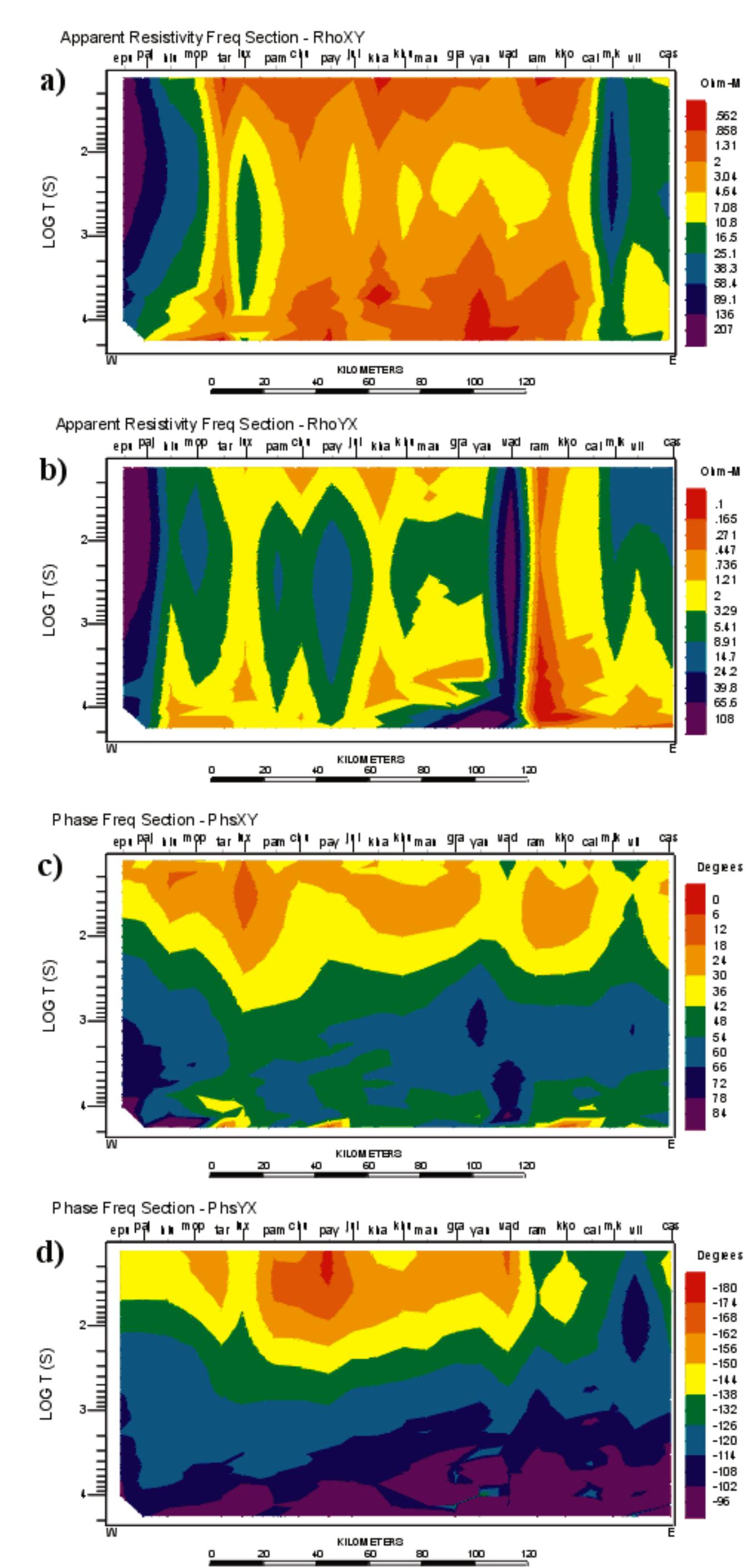


Abb. 2: Pseudosektionen des scheinbaren spezifischen Widerstands und der Phasen in ungedrehten Koordinaten. a) ρ_{xy} , b) ρ_{yx} , c) ϕ_{xy} und d) ϕ_{yx} . Die Widerstände sind häufig von "static shift" beeinflusst, während die Phasen einen guten Leiter bei langen Perioden, d.h. in großen Tiefen anzeigen.

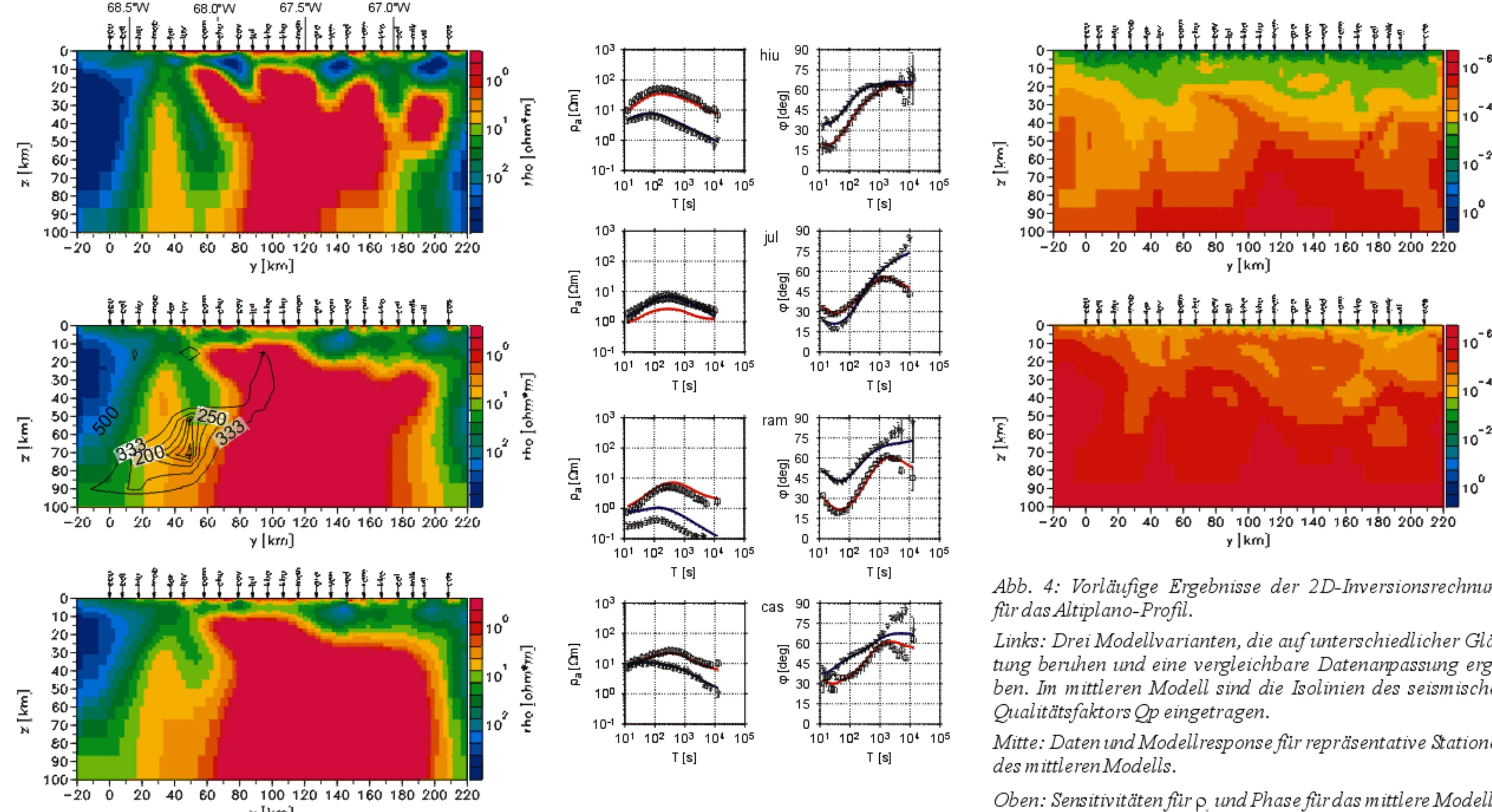


Abb. 4: Vorläufige Ergebnisse der 2D-Inversionsrechnung für das Altiplano-Profil.

Links: Drei Modellvarianten, die auf unterschiedlicher Glättung beruhen und eine vergleichbare Datenanpassung ergeben. Im mittleren Modell sind die Isolinien des seismischen Qualitätsfaktors Q_p eingetragen.

Mitte: Daten und Modellresponse für repräsentative Stationen des mittleren Modells.

Oben: Sensitivitäten für ρ und Phase für das mittlere Modell.

2D-Inversion

Zur 2D-Inversion wurde ein von Mackie et al. (1997) entwickeltes und von Rath (pers. Mitteilung) modifiziertes Programm verwendet. Als Streichrichtung wurde ein Winkel von 0° festgelegt; bzgl. der zuvor gemachten Einschränkungen hinsichtlich der Dimensionalität kann dieser Ansatz allerdings nur als vorläufig betrachtet werden. Dagegen wurde das Problem des "static shift" dadurch umgangen bzw. gelöst, daß die Fehler der beobachteten scheinbaren spez. Widerstände künstlich heraufgesetzt wurden; die Phasen werden entsprechend stärker gewichtet.

Einige Ergebnisse der Inversionsrechnung sind in Abb. 4 aufgetragen; die Datenanpassung kann (bis auf die östlichen Stationen und einen als unbedeutend erachteten shift in den ρ -Kurven) als sehr zufriedenstellend bezeichnet werden. Als wichtigste Struktur zeichnet sich (neben dem schlechtleitenden Untergrund der Westkordillere) ein sehr ausgedehnter und mächtiger guter Leiter unter dem Altiplano ab. Die Tiefenerstreckung dieser Anomalie kann allerdings nicht aufgelöst werden (vgl. die exemplarische Darstellung der Sensitivitätsmatrix in Abb. 4), insbesondere ist nicht zu klären, ob sie sich tatsächlich in den oberen Mantel fortsetzt, wie in Abb. 4 angedeutet.

Integration anderer geophysikalischer Daten

Auch wenn das Ergebnis der 2D-Inversion nur als vorläufig betrachtet werden kann, so wird eine verfeinerte Analyse der Daten nichts mehr an dem grundsätzlichen Resultat ändern: die mittlere und untere Kruste unterhalb des Altiplano ist weiträumig durch hohe elektrische Leitfähigkeiten gekennzeichnet.

Um Rückschlüsse auf die Ursache der erhöhten Leitfähigkeit ziehen zu können, müssen andere geophysikalische Parameter betrachtet werden. Zunächst ist die Wärmeflußdichte auf dem Altiplano mit Werten von etwa 100 mW/m² die höchste der ganzen zentralen Anden. Darüber hinaus korreliert die räumliche Lage der Leitfähigkeitsanomalie mit einer positiven Schwereanomalie von etwa 35-40 mgal (Abb. 5, s. TP D3).

Die vielleicht wichtigste Übereinstimmung betrifft die Absorption seismischer Wellen. Wenn auch der zentrale Bereich des Altiplano in der ANCOP-Seismologie nicht genügend für eine Inversion aufgelöst werden konnte, so existieren doch eindeutige Hinweise auf eine hohe Absorption (s. TP C4). Eine bemerkenswerte Korrelation besteht mit der Geschwindigkeit von Oberflächenwellen (Abb. 5), die unter dem Altiplano spektakulär um 25% verringert ist.

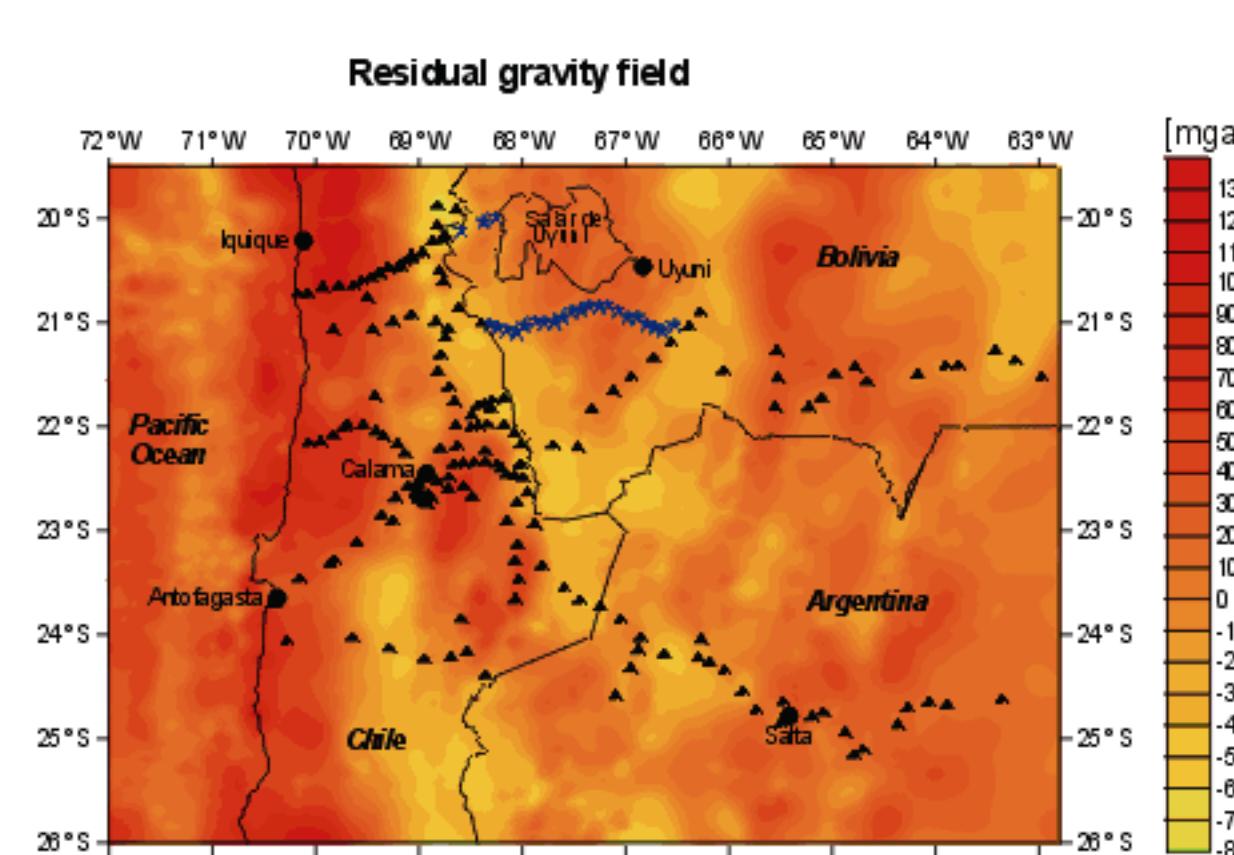


Abb. 5 (oben): Isostatisches Restfeld in mgal. Das MT Profil (blaue Sterne) quert ein Schwerehoch, dessen Lage mit der des guten Leiters unter dem Altiplano korreliert.

Rechts: Unter dem Altiplano befindet sich ein ausgeprägtes Minimum der Rayleigh-Wellengeschwindigkeit. Quelle: Internet-Seite der University of Colorado, Boulder.

