

Strukturuntersuchungen in den Ostalpen
anhand des teleseismischen
TRANSALP- Datensatzes

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades
am Fachbereich Geowissenschaften
der Freien Universität Berlin

Jörn Kummerow

im Januar 2003

Gutachter:

Prof. Dr. Rainer Kind (Freie Universität Berlin)

Prof. Dr. Serge Shapiro (Freie Universität Berlin)

Tag der Disputation: 04. Februar 2003

Zusammenfassung

Der Datensatz des passiven seismischen TRANSALP- Projektes, in drei Teilabschnitten in den Jahren 1998, 1999 und 2002 aufgezeichnet, bildet die Grundlage für eine detaillierte Untersuchung der Struktur von Kruste und Oberem Mantel in den Ostalpen mithilfe von zwei teleseismischen Verfahren.

(I) P nach S konvertierte Wellen werden benutzt, um die Tiefenlage der Kruste-Mantel-Grenze (*Moho*) zu bestimmen (*Receiver Functions- Methode*). Ein migrierter Nord-Süd-Schnitt, der die geologischen Haupteinheiten der Ostalpen auf einer Länge von über 200 km nahezu senkrecht zum Streichen schneidet, offenbart die Asymmetrie der Krustenstruktur: die *Europäische Moho* vertieft sich von etwa 36 km im Norden unterhalb der Molasse in Richtung Süden auf maximal $55 - 60\text{ km}$ und läßt sich bis ca. 20 km südlich der *Periadriatischen Linie* verfolgen. Der Übergang zur *Adriatischen Moho* ist steil, ein vertikaler Versatz von 15 km findet auf einer horizontalen Distanz von wenigen 10er Kilometern statt. Die *Adriatische Moho* liegt subhorizontal in etwa 40 km Tiefe. Dieser Wert ist in guter Übereinstimmung mit den Resultaten der parallel vermessenen TRANSALP- Steilwinkelseismik. Veröffentlichungen von früheren Weitwinklexperimenten postulieren eine Krustenmächtigkeit von nur $25 - 30\text{ km}$ in ungefähr demselben Bereich der Adriatischen Platte und finden erst östlich des TRANSALP- Profils Mohotiefen von mindestens 40 km . Ein Ansatz, um den scheinbaren Widerspruch der verschiedenen Ergebnisse aufzulösen, ist es, die bisher als flache Moho interpretierte Grenzfläche mit den tiefen Bereichen eines nach Nordwesten einfallenden Konverters und einem Band seismischer Reflexionen zu assoziieren. Die Natur dieser oberhalb der 40 km tiefen Adriatischen Moho gelegenen Struktur bleibt spekulativ. In Kombination mit der Seismik und unter bevorzugter Berücksichtigung der höheren Frequenzen des verfügbaren Spektrums ist es möglich, weitere innerkrustale Grenzflächen zu identifizieren und geologisch einzuordnen (z.B. den Übergang von Molasse zu Grundgebirge).

Synthetische Wellenformen, mit der *Finite Differenzen- Methode (FD)* berechnet, untermauern und ergänzen die Informationen, die aus der Inversion der Daten gewonnen werden. Sie ermöglichen u.a. die Identifikation der von Sedimenten am nördlichen Ende des Profils verursachten Multiplen und späterer kohärenter Phasen als Mohomultiple.

Die global existierenden Diskontinuitäten im Oberen Mantel in etwa 410 km und 660 km

Tiefe können auch mit den vorwiegend kurzperiodisch registrierten TRANSALP- Daten unter den Alpen abgebildet werden. Sie scheinen gegenüber den Werten im *IASP91*- Modell um ca. 20 km angehoben zu sein. Dieser relative Versatz läßt sich zum Teil auf die außergewöhnlich hohe Geschwindigkeit oberhalb der Diskontinuitäten ($< 400\text{ km}$ Tiefe) zurückführen.

(II) Die makroskopische Anisotropie im Oberen Mantel, aus der *SKS- Polarisationsanalyse* abgeleitet, läßt sich in guter Näherung durch ein horizontales 1-Schichtmodell beschreiben. Es wird ein Mehrkanalverfahren verwendet, das die *Splitting Parameter* (Verzögerungszeit, δt , und Orientierung der *schnellen Achse*, ϕ) robust bestimmt und auf einen im Vergleich zu Einzelmessungen erweiterten Datensatz anwendbar ist. Die Richtung der *schnellen Achse* ist sehr homogen entlang des Profils und beträgt ca. 65° N . Die Werte von δt sind weniger einheitlich ($0.5 - 2.4\text{ s}$), im Mittel aber hoch (1.2 s) und aus diesem Grund nur zu einem geringen Teil kristalen Einflüssen zuzuschreiben. Die Beobachtung, daß die gemessene Ausrichtung der *schnellen Achse* annähernd parallel zum Streichen der Alpen (in deren zentralem und östlichem Bereich) verläuft, ist auch aus anderen jungen Gebirgsregionen wie Tibet bekannt. Eine plausible Erklärung hierfür ist, daß sich die anisotropen Mantelminerale (vor allem Olivin) mit ihrer *schnellen Achse* bevorzugt parallel zum Fließen im Oberen Mantel orientieren und die Fließbewegungen dabei, verursacht durch die Einengung, seitlich, d.h. orogenparallel, gerichtet sind. In den Alpen wirkt(e) die Adriatische Mikroplatte als rigider Indenter, der eine laterale Extrusion nach Osten in Richtung der dünnen und geschwächten Lithosphäre des Pannonischen Beckens auslöste. Dieses von Meissner et al. [2002] anhand vergleichsweise weniger *SKS*- und *Pn*- Daten vorgestellte Konzept erweitert die besonders in den Ostalpen zuvor für die Kruste postulierte *escape tectonics* (Ratschbacher et al. [1991]) auf den Bereich des Oberen Mantels. Die konsistenten und genau bestimmten TRANSALP- Ergebnisse sind mit dieser Idee gut vereinbar.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Die Alpen	6
2.1	Die Entstehung der Alpen: ein Überblick	6
2.2	Die Alpen aus geophysikalischer Sicht	11
2.2.1	Krustenstruktur	11
2.2.2	Mantelstruktur	16
3	Das <i>TRANSALP</i>- Projekt	20
4	Methoden	29
4.1	Einführung	29
4.2	<i>Receiver Function</i> - Methode	29
4.2.1	Eigenschaften von <i>Receiver Functions</i>	32
4.2.2	<i>Receiver Functions Processing</i>	33
4.3	SKS- Polarisationsanalyse	38
5	Ergebnisse der <i>Receiver Function</i>-Methode	42
5.1	Kruste und Mantellithosphäre	42
5.1.1	Einzelstationen	42
5.1.2	Zeitschnitt entlang des <i>TRANSALP</i> - Profils	46
5.1.3	Teillösungen und Abhängigkeit der Lösung von der Wahl der Parameter	48
5.1.4	Migration	59

<i>INHALTSVERZEICHNIS</i>	2
5.1.5 Synthetische Modelle (2D)	64
5.2 Oberer Mantel	71
6 Ergebnisse der <i>SKS</i>- Polarisationsanalyse	76
6.1 Einzelereignisanalyse	79
6.2 <i>Multichannel Analysis</i>	80
6.2.1 Datenbeispiel	80
6.2.2 Anwendung auf <i>alle</i> TRANSALP- Stationen	82
7 Diskussion	92
7.1 Ursachen der gemessenen Anisotropie	92
7.2 Die seismische Struktur der Ostalpen	95
7.3 Ausblick	99
Literaturverzeichnis	101
A TRANSALP- Stationen (<i>TP5+TP6</i>)	114
B TRANSALP- Ereignisse	118