

Kapitel 1

Einleitung

Das Alpenorogen ist eines der geowissenschaftlich meistuntersuchtesten Gebiete der Erde. Geologische Aufzeichnungen von Falten in den Alpen reichen bis ins 18. Jahrhundert zurück. Die Erkenntnis, daß die Entstehung der Alpen mit großräumigen Massenbewegungen verbunden war, führte früh zu Konzepten wie der Deckentheorie (um 1900) und der Verschluckungstheorie (um 1930), mehr als 30 Jahre vor der Entwicklung der Plattentektonik (z.B. Truempy [2001] und Referenzen darin). Die Idee, daß sich bei der Kontinent-Kontinentkollision große Schuppen abscheren (*Flake tectonics*) und übereinanderschieben, wurde später erstmalig in den Alpen geäußert (Oxburgh [1972]).

Refraktionsseismische Experimente ab Mitte der 50er Jahre lieferten Informationen über die Geschwindigkeitsstruktur in Ober- und Unterkruste (z.B. Giese & Prodehl [1976] und Buness [1992]). Reflexionsseismische Messungen in den westlichen und zentralen Alpen (*ECORPS-CROP* und *EGT/NRP-20*) und ihre Auswertung während der 80er und 90er Jahre ergaben dort ein detaillierteres strukturelles Bild der Kruste und erforderten die Weiterentwicklung und Verfeinerung der tektonischen Modelle der Alpen (z.B. Pfiffner [1992], Schmid & Kissling [2000]).

Verlässliche Informationen über den Oberen Mantel unterhalb der Alpen sind bisher gering (s. Übersicht in Kissling [1993]). Sie stammen vorwiegend aus grobauflösenden Untersuchungen von Fernbeben. Tomographische Studien weisen positive Geschwindigkeitsanomalien bis in einige hundert Kilometer Tiefe auf, die als subduzierter *slab* oder Verdickung der Lithosphäre gedeutet werden (Spakman et al. [1993], Morelli & Piromallo [2000]).

Das 1998 und 1999 durchgeführte internationale TRANSALP-Projekt bietet das Potential, bisher offene Fragen zu beantworten. Die reflexionsseismische TRANSALP- Traverse sollte, ähnlich wie die *ECORPS*- und *EGT*- Profile weiter westlich, ein hochauflösendes Bild der Krustenstruktur in den Ostalpen liefern. Dieses Experiment begleitend, wurde ein dichtes, temporäres Netz von Seismometern installiert mit dem Ziel, Erdbeben aufzuzeichnen. Mithilfe verschiedener seismologischer Methoden wurden diese Daten analysiert, um

zusätzliche Informationen über den Oberen Mantel zu erhalten. Im wesentlichen wurden folgende drei Verfahren angewandt:

- (1) Regional- und teleseismische Tomographie zur Berechnung der 3D- Geschwindigkeitsverteilung,
- (2) Methode der *Receiver Funktionen (RF)* zur Kartierung von Geschwindigkeits- /Dichtekontrasten und
- (3) Polarisationsanalyse von *S*- Wellen zur Bestimmung der Anisotropieeigenschaften.

Die Auswertung mit den Methoden (2) und (3), erstmalig auf einen Datensatz in den Alpen angewandt, ist Thema der vorliegenden Arbeit.

Schwerpunkt bei der *Receiver Functions*- Methode ist die Bestimmung des Verlaufs der Kruste-Mantel- Grenze (Moho). Sie ist einerseits eine prominente, global auftretende Grenzfläche mit Geschwindigkeitskontrasten von bis zu 20 %, andererseits ist sie auch für geodynamische Modelle von großer Bedeutung. Das trifft hier besonders auf den zentralen Bereich der Alpen zu, wo die Europäische Platte und die südlich angrenzende Adriatische Mikroplatte aufeinanderprallen. Die Kenntnis der Mohogeometrie erlaubt es dabei, verschiedene Szenarien der tektonischen Entwicklung zu beurteilen. Ist z.B. die Moho in den Ostalpen asymmetrisch wie weiter westlich, wo die Europäische Unterkruste unter die Adriatische Platte geschoben wurde? Gibt es einen Bereich, wo sich die beiden Moho's überlagern? Oder ist die Mohogeometrie symmetrisch mit in Richtung des Alpeninneren zunehmender Krustenmächtigkeit, was u.a. auf vergleichbare Rigidität der beiden Krusten hindeuten würde?

Neben der Inversion der Daten, d.h. der Bestimmung der Tiefenstruktur per Migrationsverfahren, werden synthetische 2D- Modelle diskutiert. Die mit einem *Finite Differenzen (FD)*- Algorithmus berechneten Wellenfelder umfassen außer den direkten Konversionen auch multiple Energie wie die krustalen Reverberationen zwischen Moho und Oberfläche. Damit können zusätzliche in den Seismogrammen enthaltene Informationen genutzt und ein verbessertes Modell gefunden werden. Der Vergleich der synthetischen Daten mit den gemessenen ermöglicht auch eine detailliertere Untersuchung des Übergangsbereiches zwischen Europäischer und Adriatischer Moho.

Die aus den *RF*en abgeleiteten Erkenntnisse über den Krustenaufbau werden mit der migrierten reflexionsseismischen Tiefensektion und einem gravimetrischen Modell entlang der TRANSALP- Linie verglichen. Die Diskontinuitäten im Oberen Mantel einschließlich der Übergangszone werden im Zusammenhang mit dem aus der Tomographie abgeleiteten v_p - Modell erörtert.

Für verschiedene Orogene der Erde ist eine Korrelation zwischen im Mantel lokalisier-

tem Anisotropieverhalten und krustaler Deformation beobachtet worden (Silver [1996]). Dies impliziert, daß der Prozess der Gebirgsbildung nicht allein in der Kruste abläuft, sondern sich bis in größere Tiefen (Mantellithosphäre und Asthenosphäre) erstreckt. Die Anisotropie wird nach gängiger Meinung von anisotropen Mineralen wie Olivin hervorgerufen, die sich im Deformationsfeld ausrichten und eine makroskopisch sichtbare, bevorzugte Orientierung ergeben.

Die Kernphasen *SKS* und *SKKS* sind wegen ihrer Polarisationsseigenschaften besonders geeignet, großräumige Anisotropie, d.h. im Bereich einiger 10er Kilometer, anzuzeigen. Da sie sehr steil einfallen, ist die horizontale Auflösung besser als die vertikale.

Aus dem Phänomen der Aufspaltung der Scherwellen (*shear wave splitting*), das eine Funktion vom Backazimuth des Erdbebens ist, werden die *splitting parameter* für die Daten bestimmt. Mit dem *Multichannel*-Verfahren (Chevrot [2000]) steht ein robustes Verfahren zur Verfügung, *delay time* δt und Richtung der *schnellen Achse* ϕ herzuleiten. Es zeigt sich, daß die seismische Anisotropie im Oberen Mantel unter den Ostalpen beträchtlich ist. Der dominierende Anteil läßt sich dabei durch ein Modell mit relativ einfacher Geometrie erklären.