

# 1 Einführung

Die Alpen sind durch ihre Lage im Zentrum seit Beginn der geowissenschaftlichen Forschung einer der wichtigsten Schauorte und bilden das größte zusammenhängende Gebirge Europas, mit großen Unterschieden in Aufbau und Struktur zwischen West- und Ostalpen.

Seit Beginn der „modernen“ Geophysik und der Entwicklung der Plattentektonik wurden eine Reihe von Untersuchungen durchgeführt, welche es sich zur Aufgabe machten, die Kollision der adriatischen und europäischen Platte und die daraus resultierende Gebirgsbildung zu entschlüsseln.

Als Beispiel zu nennen sind unter anderem die seismischen Experimente SudALP1977 (Italian Explor. Seismol. Group, 1978; Italian Explor. Seismol. Group and Inst. of Geophys. (ETH) Zurich, 1981) und Alp'75 (Alpine Explosion Seismology Group, Reporter: H. Miller, 1976) oder das sehr dichte Schweremessnetz in Österreich, welches in Kooperation von Universitäten, dem Österreichischen Bundesamt für Eich- und Vermessungskunde und dem Bundesheer seit Beginn der 70er Jahre erstellt wurde.

Auch in der Arbeitsgruppe Gravimetrie der FU Berlin, in Fortführung der Arbeiten an der TU Clausthal, hat die Beschäftigung mit den Alpen eine lange Tradition. Schon Anfang der 60er Jahre wurden die erste Arbeiten, die sich mit der Messpunktaufnahme und der topographischen Reduktion beschäftigen, durchgeführt (z.B. Ehrismann *et al.*, 1966; Behle *et al.*, 1972). Diese entstanden in enger Kooperation mit italienischen und österreichischen Wissenschaftlern, welche in den 70er Jahren weiter intensiviert wurde (z.B. Ehrismann *et al.*, 1976; Schöler, 1976; Götze *et al.*, 1976).

Die Entwicklung technischer Hilfsmittel (Computer) und verbesserter Analysetechniken ermöglichte in den 80er Jahren erste Arbeiten, welche weit über die Messpunktaufnahme und topographische Reduktion hinausgingen (Schmidt, 1985; Müller, 1987; Götze *et al.*, 1991) und sich nun intensiv mit der Struktur und den isostatischen Verhältnissen der Alpen auseinandersetzten. Hierbei dienten die Alpen einerseits als Testgebiet für die Entwicklung und Anwendung neuer geophysikalischer Verfahren, andererseits lieferten die Experimente eine Fülle von Ergebnissen über den strukturellen Aufbau der Alpen. Die meisten dieser Arbeiten beschränkten sich dabei auf Teilgebiete der Alpen.

In den Westalpen wurden über die letzten 15 Jahre durch interdisziplinäre Projekte wie die EuropeanGeoTraverse (EGT, Blundell *et al.*, 1992) oder das Schweizer Nationale Forschungsprogramm NFP20 (Pfiffner *et al.*, 1997) eine Reihe von Erkenntnissen über das Gesamtbild der Lithosphärenstruktur gewonnen. So wurde zum einen eine klare Trennung der penninischen und helvetischen Sedimente der Oberkruste von dem darunter liegenden Basement beobachtet, zum anderen aber auch die Trennung von Süd- und Westalpen entlang der Periadriatischen, die in den Westalpen die

Hauptstörungszone darstellt. Besonders bemerkenswert ist, dass das Einfallen der europäischen Unterkruste und der Krusten-Mantel-Grenze bis weit unter die adriatische Kruste detektiert werden konnte, wodurch die Subduktion der europäischen Kruste belegt wurde (Pfiffner, 1992).

Für die Ostalpen gab es bis Mitte der 90er Jahre kein vergleichbares Forschungsprogramm. Durch die guten Ergebnisse und neuen Erkenntnisse aus den Westalpen angeregt, wurde 1995 auch für die Ostalpen ein Forschungsvorhaben initiiert: TRANSALP - The East Alpine Seismic Reflection Profile.

Das Kernprojekt von TRANSALP bildet ein über 340 km langes seismisches Reflexionsprofil, das von Freising in Deutschland quer durch die Ostalpen bis nach Treviso in Italien führt. Die Hauptexperimente an diesem Profil wurden in den Jahren 1998 und 1999 von Forschergruppen aus Italien, der Schweiz, Österreich und Deutschland durchgeführt (TRANSALP Working Group, 2001). Das Ziel dieses internationalen Experiments ist es, die Struktur der Lithosphäre zu entschlüsseln und dabei Fragestellungen wie den Übergang von der europäischen zur adriatischen Kruste oder den Verlauf der Krusten-Mantel-Grenze aufzulösen. Neben dem seismischen Reflexionsprofil wurden zugleich eine Reihe von Begleitprojekten aus vielen Bereichen der Geowissenschaften, wie der Seismologie, Strukturgeologie oder auch Gravimetrie initialisiert.

Ziel der gravimetrischen Untersuchungen ist es, unter Berücksichtigung der Ergebnisse früherer Arbeiten und des TRANSALP-Experiments, ein 3D-Dichtemodell der ostalpinen Lithosphäre zu erstellen. Diese Untersuchung der Dichteverteilung bietet hierbei die Möglichkeit einer Überprüfung der Ergebnisse der anderen Projekte, erlaubt aber auch die Gewinnung weiterer Erkenntnisse, wie über elastische Parameter. Bei der Ermittlung der Dichteverteilung der ostalpinen Lithosphäre wird ein besonderer Schwerpunkt auf die Kruste gelegt, da hierfür die meisten Informationen aus den benachbarten Disziplinen zur Verfügung stehen. Bei der Modellierung der Dichtestruktur wurden gleichzeitig die Modellschwerefelder an die gemessene Bougueranomalie und das beobachtete Geoid angepasst. Dies bietet den Vorteil, dass aufgrund der unterschiedlichen spektralen Abhängigkeiten, verschiedene Lithosphärenstrukturen unterschiedlich stark in die Felder eingehen. Neben der Modellierung der Dichtestruktur wird das Schwerefeld auch mit Hilfe von Inversionsmethoden (z. B. Euler-Dekonvolution oder Wellenlängenfilterung) analysiert. Das Ziel ist nicht nur die Untersuchung der Struktur der Ostalpen, sondern auch der Test der Anwendbarkeit der Verfahren in Regionen mit stark variierender Topographie.

Diese Untersuchungen sind der Ausgangspunkt, um das isostatische Verhalten und die Verteilung von Spannungen in der alpinen Lithosphäre zu untersuchen. Hierbei wird das isostatische Verhalten im Sinne von lokalen (Airy) und regionalen (Vening-Meinesz) isostatischen Modellen analysiert. Die regionalen isostatischen Modelle, die Flexurmodelle, dienen zur Bestimmung der Biegesteifigkeit (der flexurellen Rigidität) der Lithosphärenplatte. Die flexurellen Rigiditäten werden mit der Konvolutionsmethode nach Braitenberg *et al.* (2002) berechnet, bei der es sich um eine Weiterentwicklung der klassischen Analysemethoden (Admittanz-, Kohärenzmethode) handelt. Mittels der Analyse der Krümmung horizontaler Grenzschichten wird im Anschluss eine quantitative Bestimmung der Spannungsverteilungen in der Kruste durchgeführt. Im Vergleich mit einfachen Finite-Elemente-Modellen werden diese Ergebnisse zum Abschluss qualitativ eingeordnet.

Bemerkung:

Das Modellierprogramm IGMAS verwendet für die Schwere und Dichtewerte von den SI-Einheiten, die im Normalfall verwendet werden, abweichende Einheiten, die deshalb auch in einigen Abbildungen auftreten.

Für die Schwere wird die klassische Einheit mGal benutzt, mit

$$1mGal = 10^{-5}m/s^2.$$

Die Gesteinsdichten werden in IGMAS im cgs-System angegeben. Die Umrechnung in SI-Einheiten lautet:

$$1g/cm^3 = 1000kg/m^3$$