

Heinz Miltzer

## **Einige Ergebnisse aus tiefenseismischen Untersuchungen im Rahmen des UMP**

Mit meinem Glückwunsch an den Jubilar möchte ich eine kurze historische Reminiszenz an wissenschaftliche Aktivitäten und Ergebnisse verbinden, die Ende der 50er Jahre die Fachwelt bewegten und bis in die 70er Jahre hinein unsere Vorstellungen über den Aufbau von Kruste und oberem Mantel mit bestimmten. In den Folgejahren fanden sie durch unseren Jubilar selbst und Mitarbeiter seines Wirkungsbereiches ihre Fortsetzung.

Hinweisen möchte ich auf die ersten Ergebnisse tiefenseismischer Untersuchungen, die anfangs sporadisch und mit großem Aufwand im Rahmen des UMP – des internationalen Upper-Mantle-Projects – zusammengetragen wurden und die zu ersten wichtigen Veränderungen unserer damaligen Vorstellungen über den Aufbau, Zustand und die Dynamik unseres Planeten Erde geführt haben.

Es darf daran erinnert werden, daß auf Beschluß des Internationalen Geophysikalischen Komitees das IGJ (1957/58) – das Internationale Geophysikalische Jahr – als internationale Geophysikalische Kooperation (IGC) fortgeführt wurde. Der erwartete Arbeitsumfang und wissenschaftlich regionale Besonderheiten geophysikalischer Forschungen veranlaßten damals die IUGG (Internationale Union für Geodäsie und Geophysik) die IGC in Regionen zu gliedern. Die DDR gehörte zur Europäisch-Asiatischen Region.

Als internationale Forschungsprojekte wurden festgelegt:

- das Projekt „Oberer Erdmantel (UMP)“,
- das „Internationale Jahr der ruhigen Sonne (IQSY)“ und
- das „Internationale Hydrologische Dezennium (IHD)“.

Bezüglich des Projektes „Oberer Erdmantel“ standen anfangs die verschiedenen kontinentalen und ozeanischen Tiefenstrukturen, die Wechselbeziehungen zwischen Kruste und Mantel sowie ihre Bedeutung für oberflächennahe geologische Situationen und Erscheinungen im Vordergrund; das Studium der Rheologie des oberen Mantels, des Welttriftsystems,

der Kontinentalränder und Inselbögen und die Frage nach der Kontinentaldrift waren weltweit von Bedeutung.

Anfangs wurden unsere Vorstellungen über den Krustenbau noch vornehmlich durch Berechnungen unter Verwendung seismologischer Daten und an der Erdoberfläche gemessener Bouguer-Anomalien der Schwere gestützt; die Krustenunterkante wurde im klassischen Sinne mit der Moho-Diskontinuität gleichgesetzt (Abb.1).

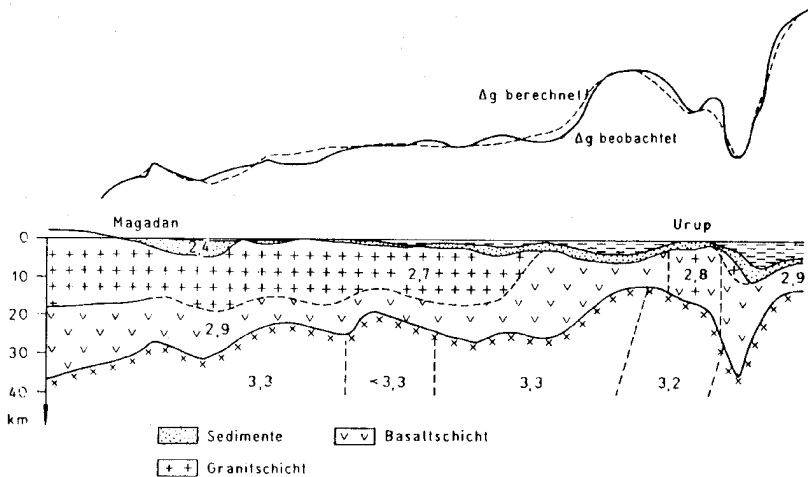


Abb. 1: Vergleich der Krustenmächtigkeit und -struktur mit Bouguer-Anomalien (umgezeichnet nach Gainanow, Kosminskaja u.a.) [2]

Bereits im Ergebnis erster tiefenseismischer Untersuchungen im Rahmen des UMP jedoch – das waren die Aufnahme und Auswertung großer Steinbruchsprengungen, die Helgoland-Sprengung, die Haslach- und andere Sprengungen – mußten die damaligen Vorstellungen über ein einfaches, dreigliedriges, radialsymmetrisches Krustenmodell der oberen 100 km unserer Erde grundsätzlich revidiert werden.

Speziell aus der Analyse seismischer Wellenfelder traten an ihre Stelle Hinweise über eine ungleichartig dünngeschichtete Kruste mit kilometermächtigen Übergangszonen und tiefen Brüchen, welche die gesamte Kruste durchsetzen, bis in den Bereich der Moho reichen und Verwerfungen der einzelnen Schichtenkomplexe bis zu 20 km und mehr bewirken [2].

Grundsätzlich neue Erkenntnisse mit z.T. anfangs scheinbar widersprüchlichen Annahmen ergaben sich aus der nachgewiesenen Schwankungsbreite

der Tiefenlage der Moho, der Nachweis von Wurzelstrukturen unter den meisten Faltengebirgen, vor allem aber auch die Existenz von „Antiwurzeln“ in Gebieten, in denen Erhebungen der Erdoberfläche keine oder nicht entsprechend ausgeprägte Tiefenstrukturen besitzen – so im Bereich des Balkans und der südlichen Karpaten. In diesen Gebieten verlangte einerseits die Isostasie eine Abnahme der Dichte im Mantel, wie normalerweise Depressionsgebiete der Erdoberfläche mit Aufwölbungen der Moho verbunden sind; andererseits mußten aber auch Depressionsgebiete ausgegliedert werden, die offenbar keine Antiwurzeln besitzen. In solchen Gebieten der Erdkruste wurden oft Vertikalbewegungen mit antiisostatischem Charakter beobachtet, d.h. daß nach dem Verlauf der isostatischen Anomalien an Stelle von Hebungen tatsächlich Senkungen auftreten (Ferghanabecken).

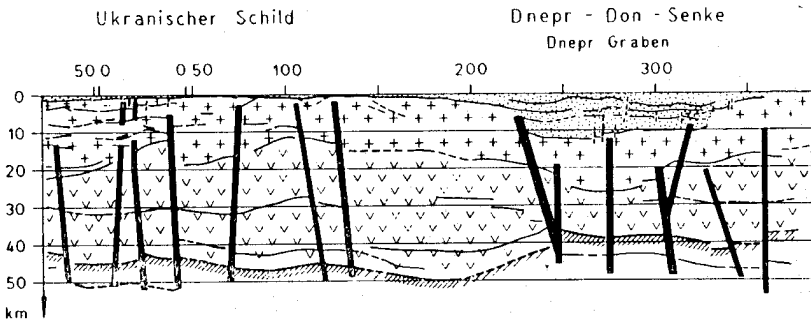


Abb. 2: Krustenprofil über dem ukrainischen Schild und das Dnepr-Don-Becken (umgezeichnet nach Sollugub [2], [3])

Aus der Frequenzanalyse an der Moho refraktierter seismischer Wellen sowie aus der Schärfe von Reflexionseinsätzen ließ sich ableiten, daß in stabilen Gebieten – unter den alten Schilden und tiefen Ozeanbecken – der Übergangsbereich Kruste/Mantel kaum mächtiger als  $\frac{1}{2}$  km ist; in Geosynklinalgebieten, in Gebieten mit alpinotyper Tektonik oder in Gebieten der großen Inselbögen dagegen erschien dieser Übergang viel weniger scharf.

Eines der interessantesten Ergebnisse tiefenseismischer Untersuchungen war die in einigen Bereichen nachgewiesene Mehrgliedrigkeit der Moho-Diskontinuität. Das Vorhandensein von zwei oder mehr Moho-Diskontinuitäten wurde speziell im Bereich der Karpaten bis in den angrenzenden Randteil der osteuropäischen Plattform festgestellt, insbesondere in Gebieten der altproteozoischen geosynklinalen Zonen des Ukrainischen Schildes und ihrer Fortsetzung in das Dnjepr-Becken.

In der gemeinsamen Monographie „Die Struktur der Erdkruste Mittel- und Südosteuropas nach Angaben der Tiefenseismik“ [1] und der vorausgegangenen Diskussion vor allem mit Sollugub, Prosen u.a. wurde dazu ausgeführt, daß diese Mehrgliedrigkeit mit entsprechenden Gebirgsbildungen in Verbindung zu bringen ist und daß die „Moho-Duplikate“ Flächen darstellen, die zu unterschiedlichen Zeiten eine unterschiedliche Tiefenlage besessen haben müssen. Nahe liegt, daß diese Flächen im Profil der Lithosphäre sprunghaft verschoben wurden, wobei die frühere Lage dieser Flächen als Grenze physikalischer Eigenschaften erhalten geblieben ist. – Diese Vorstellung konnte nicht mehr nur mit der Moho-Grenzflächenhypothese oder mit Hilfe elementarer Phasenübergänge Kruste/Mantel erklärt werden, sondern erforderte die Analyse komplizierter Prozesse, die in der Übergangszone Kruste/Mantel wirken und in ihrer Ursache tief bis in den Mantel reichen [3].

Nunmehr wurde der Schluß plausibel, daß die Moho nicht die untere Grenze der Lithosphäre darstellt, sondern vielmehr innerhalb des Mantels liegen müsse. Möglicherweise liegt ein Wechsel in den mechanischen Eigenschaften erst in Bereichen, die sich etwa mit der oberen Begrenzung der low-velocity-Zone im Mantel decken.

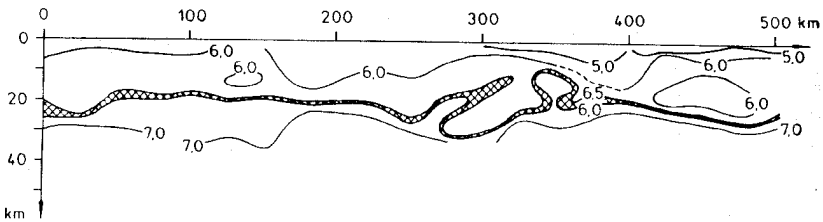


Abb. 3: Tiefenseismisches Profil VI (Debreceen-Brno-Praha-Weimar) – Teilabschnitt Tschechien – unter besonderer Kennzeichnung eines low-velocity-Kanals (umgezeichnet nach Beranek) [2], [4]

Bei tiefenseismischen Untersuchungen längs des internationalen Profils VI konnten seinerzeit z.B. Beranek u.a. Kanäle niedriger Geschwindigkeit im Raum der Donausenke und des Böhmisches Massivs in Tiefen zwischen 15–30 km nachweisen. Die Autoren brachten sie mit einer partiellen Anatexis in Verbindung [4]. Porstendorfer u.a. bestätigten diese Geschwindigkeitsanomalien mittels magnetotellurischer Tiefensonierungen auch als Bereiche anomaler elektrischer Leitfähigkeiten.

Global schwankten Angaben über die Tiefenlage der low-velocity-Zone zwischen 100 bis nahezu 250 km unter den Kontinenten und zwischen 50 bis

mitunter 400 km unter den Ozeanen. Es gab Hinweise, daß die low-velocity-Zone unter den kristallinen Schilden nur schwach ausgeprägt ist und an einigen Stellen ganz zu fehlen scheint. Im Bereich tektonisch aktiver Gebiete nimmt sie wahrscheinlich an Mächtigkeit zu und kann auch die Basis der Kruste erreichen. Diese Annahme gilt für Gebiete im nordatlantischen Ozean, in Island und Japan, im Bereich des Kurilenbogens und in westlichen Gebieten der USA.

Beloussow – einer der damals führenden Analytiker geologisch-geophysikalischer Ergebnisse – setzte sich in diesem Zusammenhang mit der Frage auseinander, weshalb es Bereiche gibt, in denen eine low-velocity-Zone nur für Transversalwellen zu existieren scheint, und ob der low-velocity-Kanal als ein Bereich chemischer Änderungen oder als Intervall mit Phasenübergängen aufzufassen ist.

Vom Standpunkt der Wechselwirkung zwischen oberem Mantel und Kruste war von Bedeutung, ob die mittlere Dichte des Materials im low-velocity-Kanal geringer ist als die Dichte in den Schichten zwischen dem Kanal und der Krustenbasis. Läge eine solche Dichteinversion vor, müsse eine mechanische Instabilität im oberen Bereich des Kanals angenommen werden. Auf der Grundlage eines solch hypothetischen Mechanismus ließ sich ein abgerundetes Schema von Tiefenprozessen herleiten, in dem prinzipielle Möglichkeiten über die Entwicklung vertikaler Krustenbewegungen, des Geosynklinalmagmatismus und eine Reihe anderer Bildungsbedingungen der Kruste sinnvoll eingegliedert werden konnten [5].

Zwischenzeitlich sind diese damals rein hypothetischen Vorstellungen durch einen enormen weltweiten Erkenntniszuwachs in der ganzen Breite aller geowissenschaftlichen Disziplinen bestätigt, konkretisiert oder auch revidiert worden.

Die Krustenschnitte aus Profilbeobachtungen wurden noch in den 70er Jahren unter der Federführung der KAPG (Kommission der Akademien sozialistischer Länder „Planetare Geophysik“) durch komplexgeophysikalische Ergebnisdarstellungen entlang kilometerbreiter Geotraversen erweitert; sie lieferten wesentliche Beiträge über krustenbildende und krustenverändernde Prozesse im Bereich der Territorien von Mittel- und Südosteuropa; in den westlichen Ländern wurde die Tiefenreflexionsseismik systematisch zur Analyse des Zustandes sowie der tektonischen Entwicklung von Erdkruste und Teilen des oberen Mantels eingesetzt (z.B. DEKORP – Deutsches Kontinentales Reflexionsseismisches Programm). Das EUROPROBE – ein neueres geowissenschaftliches Großforschungsprojekt hat sich nun zum Ziel

gesetzt, die Entwicklung des europäischen Kontinents vom Atlantik bis zum Ural in internationaler und interdisziplinärer Arbeitsteilung zu analysieren und schwerpunktmäßig Teilprobleme zu bearbeiten wie: Tiefes Europa – Gräben und sedimentäre Becken – Transeuropäische Suturezone – Ural und Varisziden [6].

Bleibt uns die Feststellung, daß auch in der DDR schon im Rahmen des UMP wichtige Erkenntnisse über den Tiefenbau unseres Territoriums, über den Verlauf der Moho und die Existenz möglicher Inversionszonen in der Tektonosphäre als Beitrag zur Entwicklung eines modernen Weltbildes gesammelt werden konnten.

Zu Ehren des Jubilars habe ich versucht, ein Streiflicht dieser Entwicklung zu vermitteln.

## Literatur

- [1] Sollogub, V.B., Militzer, H., Prosen, C.: Die Struktur der Erdkruste Mittel- und Südosteuropas nach Angaben der Tiefenseismik. *Geodät. u. Geophys. Veröffentl. Hrsrg. v. NKGG d. DDR, Reihe III, H.27(1972), 186 S.*
- [2] Militzer, H.: Einige Ergebnisse des UMP als Beitrag zur Lösung tektonophysikalischer Probleme – *Ergebnisse und Probleme der Geo- und Kosmoswissenschaften. Sitzungsberichte der AdW der DDR. Math. Naturw. Techn., Akad. Verl. Bln 1N(1975), S. 93–116*
- [3] Checunov, A.V., Sollogub, V.B. u.a.: Beitrag in „Die Struktur der Erdkruste Mittel- und Südosteuropas“. *KAPG. Naukova Dumka 1971*
- [4] Beranek, B., Praus, O.: Die bisherigen Ergebnisse der Untersuchung des tiefen Aufbaus der Erdkruste auf dem Gebiet der ČSSR. *Sonderdruck des Instituts für Angew. Geophysik, Brünn, und des Geophys. Inst. d. Akad. d. Wiss., Prag, 1972*
- [5] Belousov, V. V.: Interactions between the earth's crust and upper mantle. *The Earth's Crust and Upper Mantle. Am. Geophys. Union. 1969 (Geophys. Monogr. 13)*
- [6] Fuchs, K.: EUROPROBE – auf den Spuren der Geologie des werdenden Europas. *DGG-Mittlg. 4/1992, S. 6–12*