

## Zusammenfassung

### *Paläotektonische Strukturen in Mitteleuropa im Übergangsbereich von Kontinent zu Ozean*

Bei fortschreitender Erkenntnis der Zusammenhänge im Aufbau und in der Entwicklung der Erdkruste zeigt es sich, daß viele neue Daten in der fixistischen Theorie nicht unterzubringen sind. Dagegen erweisen sich mobilistische Vorstellungen elastischer und entwicklungs-fähiger, u. a. für die Entwicklung der Gebirge. Als bedeutendste Ereignisse der varistischen Ära werden von den Mobilisten das Schließen eines Mitteleuropäischen Ozeans und eine daraus resultierende Kollision gesehen, durch die Mitteleuropa zu einer zusammenhängenden Kontinentalmasse wurde. Für die Erforschung und Klärung regionaler Probleme ist es notwendig, verbunden mit einer Revision der Vorstellungen über die Geosynklinale, eine Annäherung fixistischer und mobilistischer Gedanken zu versuchen und mit einer Parallelisierung der Vorstellungen zu beginnen, die sich mit der Bildung von Orogenen befassen. Von tiefengeophysikalischer Seite wird auf das Problem der sauren und basischen Gebirgswurzeln eingegangen und die Unmöglichkeit gezeigt, die alten Anschauungen eines einheitlichen Gebirgsschemas beizubehalten. Mit Hilfe komplexer Interpretation erscheint es möglich, den unterschiedlichen Tiefenbau aus den relativen Bewegungsformen von Lithosphäreschollen abzuleiten. Die Wirkungsform unterschiedlich alter tektonischer Aktivitäten in einem Untersuchungsgebiet läßt sich wahrscheinlich aus der Situation mehrerer Kruste-Mantel-Grenzen (Paläolagen der Mohorovičić-Diskontinuitäten) rekonstruieren. Es ist ratsam, regionale Resultate geophysikalisch-geologischer Erkundungszentren zu vergleichen.

## Summary

### *Paleotectonic structures in Central Europe in the transition zone from continent to ocean*

Increasing knowledge of the interrelations evident in the structure and the development of the terrestrial crust leads to the conclusion that many new data are at variance with fixistic theory. In contrast, mobilistic conceptions are proving more flexible and developable, e. g. with regard to orogenesis. — Mobilists see the shutting-in of a Central European ocean and a resulting collision, which turned Central Europe into an integral continental mass, as the significant events of the Variscan era. For the purpose of investigating and settling regional prob-

<sup>1</sup> Herrn Prof. (em.) Dr. RUDOLF HOHL zum 70. Geburtstag gewidmet.

# Paläotektonische Strukturen in Mitteleuropa im Übergangsbereich von Kontinent zu Ozean<sup>1</sup>

*Mit 5 Abbildungen im Text*

## Autoren:

Prof. Dr. sc. GERD OLSZAK  
Dozent Dr. sc. HELMUT THIERBACH  
Karl-Marx-Universität Leipzig,  
Sektion Physik, Fachbereich Geophysik  
701 Leipzig  
Talstraße 35

---

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd 2

Seite 1...8

VEB H. Haack Gotha/Leipzig 1977

lems it is necessary to attempt an approximation of fixistic and mobilistic trains of thought and begin with a parallelization of conceptions that concern the formation of orogenes, at the same time revising the ideas concerning the geosyncline. The problem of the acidic and basic orogenic roots is dealt with in terms of subsurface geophysical considerations, and the impossibility of retaining the conventional view of a coherent orogenic pattern is pointed out. — With the aid of complex interpretation it seems possible to deduce the varying subsurface structure from the relative movements of lithosphere massifs. The effects of tectonic activities at varying times within one investigated region can probably be reconstructed from the situation of several crust-mantle boundaries (paleostrata of the Mohorovičić discontinuities). It is advisable to compare regional findings by geophysical-geologic exploration centres.

## Резюме

### *Палеотектонические структуры в центральной Европе в переходной зоне от материка к океану*

При прогрессирующем познании взаимосвязей в строении и развитии земной коры выявляется, что многие новые информации не подчиняются фиксистской теории. По сравнению с ней мобилистские представления кажутся более гибкими и перспективными, напр. и для развития гор. Самыми значительными событиями варисцийской эры мобилисты считают образование центрально-европейского океана и вытекающая из этого коллизия, благодаря которой центральная Европа стала связанной материковой массой. Для исследовательских работ и для выяснения региональных проблем наряду с пересмотром представлений о геосинклинале необходима попытка сближения фиксистских и мобилистских мыслей, начиная с параллелизации представлений, занимающихся образованием орогенов. С точки зрения геофизики глубин указывается на проблему кислотных и щелочных корней гор и на невозможность старых представлений об единой горной схеме. С помощью комплексной интерпретации из относительных форм движения массивов литосферы представляется возможным, выявить различия в глубинном строении. Форма действия тектонической активности различного возраста в районе исследований вероятно удастся восстанавливать из ситуации нескольких границ между корой и мантией (палеонтологическое положение разрыва Мохоровичица). Целесообразным является сравнение региональных результатов центров геофизико-геологических изысканий.

Durch die Kartierungen geologischer Landesanstalten gegen Ende des 19. und um die Wende zum 20. Jh. wurden regionale Kenntnisse gewonnen, die sich auf eine sichere stratigraphische Basis gründeten. Der erste Vergleich regionaler Einheiten brachte eine tektonische Hypothese für mittelgroße Räume. Durch Forschungsarbeiten, die über mehrere Jahrzehnte liefen, wurde in subtiler Kleinarbeit die erste tektonische Synthese ausgebaut und im Laufe der Zeit auf Gesamt-europa ausgedehnt. In Anbetracht der geringen Tiefenreichweite der Untersuchungen (Übertageaufschlüsse, Bohrungen, Bergbauprofile) waren die Pionierarbeiten regionaler Tektonik auf eine Abfolge von Geosynklinale, Orogen, Heraushebung des Gebirges und Abtragung bis zur Einebnung orientiert unter Verwertung der Vorstellungen, die auf nordamerikanischer Seite über Geosynklinale gewonnen worden waren. Der Vergleich des varistischen Gebirges mit jüngeren Kettengebirgen vom Typ der Alpen führte zu der Ansicht, daß alle Gebirge nach einem gleichen Schema gebaut sein müssen und unabhängig von ihrem Alter einem geotektonischen Zyklus (STILLE) unterworfen sind, wobei auf eine Untergliederung der tektonogenen Entwicklung durch weltweit wirksame, synchrone Phasen entscheidender Wert gelegt wurde. Es trifft aber nicht zu, daß orogene Phasen in aller Welt zu gleicher Zeit wirksam waren, auch nicht, daß die Gebirge nach einem Schema gebaut worden sind; d. h. die von fixistischer Seite postulierte Abfolge ist nicht allgemein gültig und die Geosynklinale nicht das dominierende Element bei der Einschätzung des gesamttektonischen Geschehens. Das bedeutet, daß im Interesse weiterer konzentrierter geotektonischer Forschungen eine Revision des gesamten Geosynklijalprozesses dringend erforderlich ist (HOHL 1974).

Die bisherige fixistische Deutung der varistischen Gebirgsentwicklung ist durch eine Vielzahl neuer Daten, die in der bisherigen Theorie nicht unterzubringen sind, unsicher geworden. Das zwingt die Interpreten zu vorsichtigen Aussagen (SCHROEDER 1968). Der Vergleich mit anderen Orogenesen ist auf Grund des unterschiedlichen Milieus, in dem der Gebirgsbildungsprozeß ablief, sehr schwierig, besonders die Vorstellung, daß alle Orogene den gleichen Bauplan besitzen könnten.

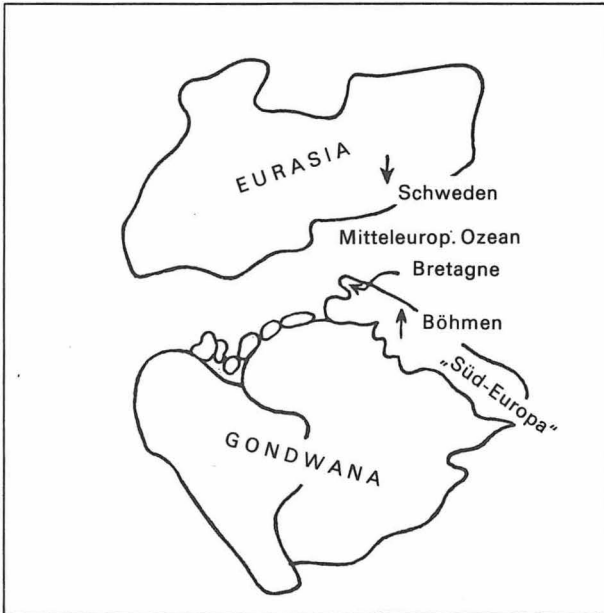


Abbildung 1  
Globale tektonische Situation im Mitteldevon nach  
C. F. BURRETT (1972)

Wenn auch von einigen namhaften Tektonikern z. T. berechtigte Kritiken an mobilistischen Vorstellungen vorgebracht werden, haben diese jüngeren Theorien doch den großen Vorzug, daß sie elastischer und entwicklungsfähiger sind. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die mobilistischen Methoden grundsätzlich den Strukturbaue und die Prozesse größerer Erdtiefen in der Interpretation erfassen.

Es ist verwunderlich, daß die ersten mobilistisch argumentierenden Interpreten Mitteleuropas von außerhalb kamen und den Bereich dieses Forschungsraumes kaum aus eigener Anschauung kannten. Auf der anderen Seite ist anzuerkennen, daß hier keine Spekulanten am Werke waren, sondern versierte Geologen, von denen eine Tektonik nur auf sicherer paläontologisch belegter stratigraphischer Basis abgehandelt werden konnte. So ist z. B. die Einbeziehung der Kenntnisse frühpaläozoischer Faunenprovinzen (Trilobiten in Schelfzonen) in die Überlegungen zur Deutung prävaristischer tektonischer Situationen sehr positiv zu bewerten. Da wird z. B. verständlich, daß die Faunenbereiche Schwedens und Nordamerikas auf der einen, der Bretagne, Mt. Noire und Böhmens auf der anderen Seite Charakteristika der Uferzonen damals weit auseinander liegender Kontinente waren und Konstruktionen einer in keinem Punkt belegbaren Pompeckj'schen

Schwelle im nördlichen Mitteleuropa als Faunenscheider völlig überflüssig sind.

Diese Situation ist auf Abbildung 1 festgehalten. In der Konzeption von BURRETT (1972) bildet das nördliche Europa im mittleren Devon zusammen mit Nordamerika den Großkontinent Eurasia, ein Produkt der kaledonischen Kollision. Auf der Gegenseite des mitteleuropäischen Ozeans ist an die eng verschmolzenen Gondwanakontinente Südamerika und Afrika ein „Südeuropa“ angegliedert, zu dem alle Gebiete Europas gehören, die im Sinne von BRAUSE (1970) südlich bzw. westlich der „Mitteldeutschen Scheitelzone“, d. h. dem Grenzbereich von Rhenohertzynikum zu Saxothuringikum KOSSMATS gelegen sind. In diesem Bereich liegt nach BURRETT die Narbe der varistischen Kollision, die als Produkt der asturischen Epoche angesehen wird (Abbildung 2).

Natürlich ist es bei unserem heutigen Kenntnisstand noch schwer, über den Schließungsprozeß des mitteleuropäischen Ozeans endgültige Aussagen zu machen. Eine Klärung wird vielleicht erleichtert, wenn man versucht, die beiden vielfach diametral entgegengesetzt scheinenden Interpretationsmethoden einander näher zu bringen und mit der Parallelisierung des geotektonischen und des WILSON-Zyklus beginnt.

Abbildung 3 zeigt neben dem Ablauf des WILSON-Zyklus Daten der Geosynklinale – Orogen – Tafel – Entwicklung. Über die Gleich-

Abbildung 2  
Tektonische Leitlinien und Struktureinheiten  
Mitteleuropas nach H. BRAUSE u.a. (1970)



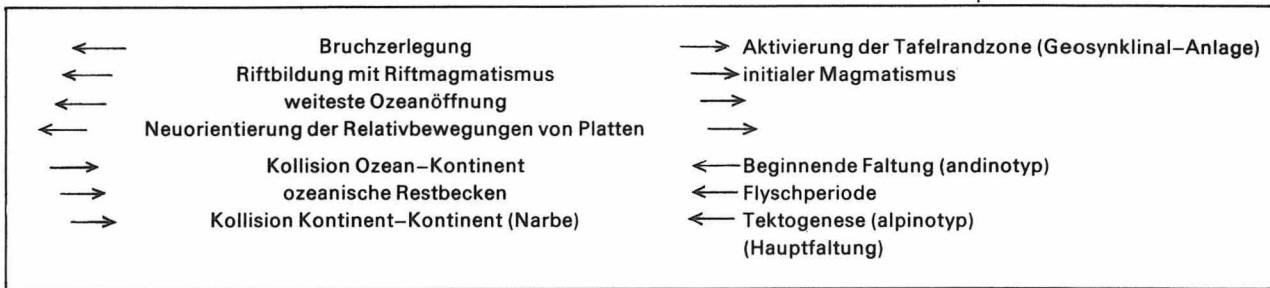


Abbildung 3  
Versuch einer Annäherung des WILSON-Zyklus und des klassischen geotektonischen Zyklus

setzung von Kontinent-Kontinent-Kollision und alpinotyper Hauptfaltung besteht vielfach Übereinstimmung. Inwieweit ein Vergleich von Ozean-Kontinent-Kollision und „beginnender Faltung“ denkbar ist, kann noch nicht entschieden werden. Doch gibt es auf Grund petrophysikalischer Untersuchungen mehrfach Hinweise, daß die basischen Magmen des initialen Vulkanismus und des Riftmagmatismus sich öffnender Ozeane weitgehende Übereinstimmung zeigen. Nach dieser Parallelsierung ist es vertretbar, eine Verbindung zwischen der Bruchzerlegung im WILSON-Schema und der Anlage der Geosynklinalen herzustellen.

Bei der Analyse von Vorgängen, die zur Gestaltung eines Orogens führen, ist bisher einer Erscheinung nur ungenügend gedacht worden, daß nämlich viele tektonische Prozesse unvollkommen bzw. in ihrer Entwicklung aufgehalten worden sind. Das trifft für Aulakogene und Sphenochasmen genauso wie für Dreispaltenstrukturen zu (OLSZAK; THIERBACH, im Druck). Es ist verständlich, daß solche „steckengebliebene“ Einheiten bei erneuter tektonischer Beanspruchung eine auffällige, eigenständige Entwicklung nehmen.

Es kann z. B. eine Großgrabenstruktur nur soweit gedehnt sein, daß in ihrem Untergrund die Granitschicht noch zusammenhängend vorhanden ist (Abbildung 4, 1 a). Wenn im Sinne der Aktivierungstheorie dann durch eine einengende Gegenbewegung eine Krustenstauchung bzw. durch Heraushebung ein Gebirge entsteht (Abbildung 4, 1 b), sind an dessen Aufbau fast ausschließlich Einheiten der Granitschicht beteiligt.

Im Gegensatz dazu resultieren aus einer Grabenstruktur, in deren axialer Zone direkt oder unter mäßig mächtiger Sedimentfolge ein Mantelmaterial zutage tritt (Abbildung 4, 2 a), vollkommen andere Gebirge. In Übereinstimmung mit

der Abfolge im WILSON-Zyklus lassen sich zwei Typen der Tektogenese ableiten, die beide durch die Beteiligung von Mantelmaterial und bedeutende Überschiebungsprozesse gekennzeichnet sind (Abbildung 4, 2 b und 2 c). Im Falle einer Ozean-Kontinent-Kollision ist eine aktive Subduktionszone vorhanden, an der sich die kontinentale Scholle über die ozeanische vorschiebt; hohe Seismizität und intensiver Magmatismus charakterisieren diesen Prozeß „andinotyper“ Tektogenese. Das Orogen entsteht an der Stirn der vorrückenden kontinentalen Scholle (Abbildung 4, 2 b).

Durch das Zusammentreffen zweier Kontinentalschollen – nach völliger Ausschaltung zwischengelegener Räume mit ozeanischer Kruste – entsteht in mehreren Etappen das Gebirge vom Kontinent-Typ (Abbildung 4, 2). Ihm fehlt die aktive Subduktionszone; Material der ozeanischen Kruste (Ophiolithe) erscheint vielfach in den durch Überschiebungsbau und Vergenzen (komplizierten Kollisionsbau eingeklemmt bzw. linsenförmig ausgequetscht).

Während sich eine Ozean-Kontinent-Situation über beträchtliche Zeiten hin zu einer Kontinent-Kontinent-Kollision fortentwickeln kann und sich damit als ein sehr bedeutendes Stadium im WILSON-Zyklus erweist, entscheidet es sich am Ende dieses großtektonischen Zyklus im Narbenstadium, ob in dem betroffenen Gebiet die Bewegung der Schollen zur Ruhe kommt oder ob durch erneutes Aufreißen der Kruste (reopening) ein weiterer WILSON-Zyklus eingeleitet wird. In Mitteleuropa traf am Ende der varistischen Ära das erstere zu.

Die morphologisch und im oberflächennahen geologisch-tektonischen Bereich erkennbaren strukturellen Formen des Gebirges finden ihre

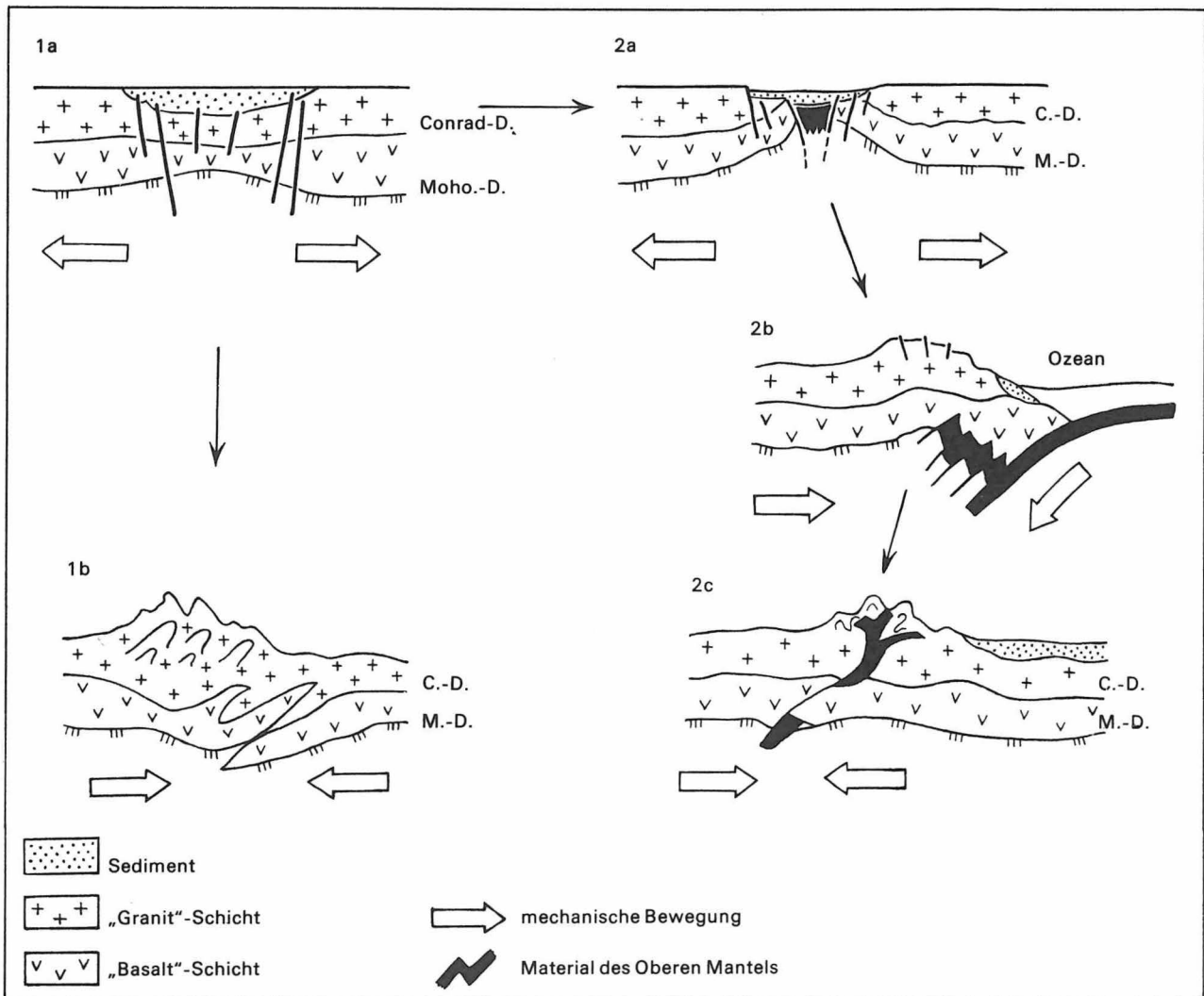


Abbildung 4  
 Verschiedene Typen von Kollisionsgebirgen, die auf eine unvollkommene Öffnung der Lithosphäre (1a) bzw. auf einen Riftzustand (völlige Öffnung) der Lithosphäre (2a) zurückgehen; in der Reversion des letzteren Falles kommt es zunächst zur Kollision Kontinent-Ozean (2b); später zur Kollision Kontinent-Kontinent (2c)

Widerspiegelung im tiefegeophysikalischen, speziell seismischen und gravimetrischen Bild. Da dieser gesetzmäßige Zusammenhang nicht nur jüngere Bildungen, z. B. der alpidischen Ära, betrifft, bieten sich daraus vielfältige Aussagequellen für die „Rekonstruktion“ älterer, im Oberflächenrelief nicht mehr erfaßbarer Gebirgszüge an. Mit der sicheren und detaillierteren Lösung dieser Aufgabe verbinden sich unmittelbar die Aussagen zur Metallogenie dieser Strukturen, die insbesondere bei der Bedeckung durch mächtige sedimentäre Ablagerungen von entscheidender Bedeutung sind.

Über mehrere Jahrzehnte herrschte die Auffassung, die bereits vor der Nutzung seismischer Informationen gebildet wurde, daß jedes Gebirge

eine saure und leichte Wurzel besitzt. Diese Erkenntnis wurde speziell durch Schweremessungen genährt, die über mehreren Gebirgszügen markante Schwereminima konstatierten. Die nach dem zweiten Weltkrieg intensiv einsetzenden tiefeiseismischen Untersuchungen bestätigten diese Situation speziell am Beispiel der Alpen. Eine stark erhöhte krustale Mächtigkeit von 55...65 km, die besonders durch den Anteil saurer Gesteine gebildet wurde, fand ihren Ausdruck in einem ausgedehnten gravimetrischen Minimum von über hundert Milligal.

Weniger intensive tiefeiseismische Messungen in varistisch beanspruchten Gebieten zeigten ebenfalls krustale „Wurzeln“, allerdings von geringerer Tiefenreichweite. Die stetige Datenansammlung

fürte zum Aufbau statistischer korrelativer Bindungen zwischen dem Relief der Erdoberfläche und der Mächtigkeit der Erdkruste. Das speziell über dem Erzgebirge der DDR erfaßte Schwere-minimum wurde jedoch bald als durch granitische Intrusion bedingt interpretiert.

Umfangreiche geophysikalische Untersuchungen, die besonders in den 60er Jahren weltweit ausgeführt wurden, zerstörten diese „eindeutigen Gesetzmäßigkeiten“. Angefangen von basischen Komplexen (Schweremaxima), z. B. dem Ivrea-Komplex der Alpen, in vorwiegend aus „granitischen“ Gesteinen aufgebauten Gebirgen, führte die Erkenntniskette bis zum Gebirge mit dominierender, basischer Wurzel. Beispiele dafür finden wir u. a. im Ural und im südlichen Tienschan. Eine plausible Interpretation dieser vielfältigen Erscheinungsformen erscheint nur auf der Grundlage der Plattentektonik, bei deren gleichzeitiger Weiterentwicklung, möglich, wo bei den verschiedenen Formen der Kollision von Platten basische Materialien des oberen Mantels in die Kruste eingepreßt werden. So weist beispielsweise der Ural ein Schweremaximum von 80...100 km Breite und mehr als 200 km Länge auf, das von globalen Tiefenbrüchen begrenzt und von CHALEVIN (1971) als „Rift“ angesprochen wird. Dieses Grundbild wird durch streifenförmige Schwereminima aufgelockert, die an Zonen granitischer Formationen auftreten. In Verbindung mit dem magnetischen Feld wird von ANAN'EVA u. a. (1971) eine detaillierte metallogenetische Rayonierung des mittleren Urals durchgeführt.

Sehr wertvolle und für die weiteren tiefengeophysikalischen Untersuchungen richtungweisende Erkenntnisse zeigen die von SOLLOGUB; ČEKUNOV (1975) bei Untersuchungen in der Ukraine erfolgten Interpretationsergebnisse auf, wobei zwei Diskontinuitäten als Mohorovičić-Grenzflächen angesprochen werden (Abbildung 5).

Eine tiefere Mohorovičić-Diskontinuität (45 bis 50 km), die ein Ondulationsrelief mit N-S-Streichen zeigt, wird einer frühproterozoischen „geosynklinalen“ Zone zugeordnet. Während die ehemaligen Gebirgsketten eine größere Tiefenlage dieser Mohorovičić-Grenzfläche besitzen, liegt unter den Plattform- und Innenmassiven eine relative Hochlage vor. Die Schwankung in der Tiefe der Mohorovičić-Grenzfläche beträgt hier bei ca. 10 km. Eine höhere Mohorovičić-Diskontinuität wird

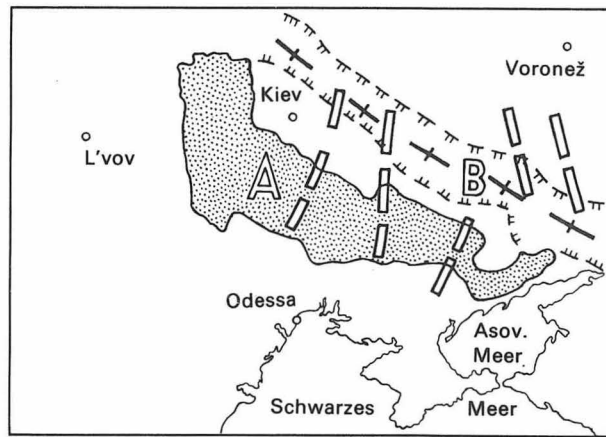


Abbildung 5  
Zusammenhänge zwischen dem regionalen tektonischen Bau und dem der tieferen Kruste in der Ukraine

- A** Ukrainischer Schild
- B** Dnepr-Donetz-Becken
- ▭ Depressionen einer älteren, tieferen Moho-Diskontinuität entsprechend einer frühproterozoischen „geosynklinalen“ Zone
- ⊕ Hochlage der jüngeren, weniger tiefen Moho-Diskontinuität im Dnepr-Donetz-Becken

als jüngere Bildung eingeordnet. Mit WNW-OSO-Streichen spiegeln sie u. a. die Konturen des Ukrainischen Schildes und des Dnepr-Donetz-Beckens (stärkere Krustenausdünnung) wider.

Diese wertvollen Resultate, die eine grundlegend neue Qualität von Erkenntnissen über die Beziehungen zwischen oberflächennahen und Tiefenbau darstellen, besitzen auch für die weiteren tiefengeophysikalischen Untersuchungen in der DDR und ihre geologische Interpretation eine außerordentlich hohe Bedeutung. Über die Rekonstruktion paläotektonischer Gebirgsketten sowie deren Verlauf unter größerer sedimentärer Abdeckung führt ein direkter und konkreter Weg zur metallogenetischen Rayonierung und Lagerstättenuche. Ungeachtet der heute noch zahlreichen ungelösten Probleme zu methodischen und theoretischen Fragen der Geologie und Tiefengeophysik – insbesondere der Wechselbeziehungen – bestärken die in den letzten Jahren erzielten Erfolge die systematische Weiterführung dieser Untersuchungen. Der wissenschaftliche Fortschritt wird hierbei in hohem Maße von der engen Zusammenarbeit von theoretischer Forschung und angewandter Erkundungstätigkeit bestimmt.

## Literatur

ANAN'EVA, E. M. u. a.

Fizičeskie polja nad metallogeničeskimi zonami Srednogo Urala i svjaž ich s glubinnym stroeniem. [Die physikalischen Felder über den metallogenetischen Zonen des mittleren Urals und ihre Verbindungen mit dem Tiefenbau.] In: Svjaž poverchnostnych struktur zemnoj kory s glubinnymi. Kiev 1971.

BRAUSE, H.

Ureuropa und das gefaltete sächsische Paläozoikum. Ber. deutsch. Ges. f. geol. Wiss., R. A, 15, 1970, S. 327...367.

BURRETT, C. F.

Plate tectonics and the Hercynian Orogeny. Nature, 239, 1972, S. 155...157.

CHALEVIN, N. J.

Elementy glubinnogo stroenija Urala. [Elemente des Tiefenbaus des Urals.] In: Svjaž poverchnostnych struktur zemnoj kory s glubinnymi. Kiev 1971.

HOHL, R.

Unsere Erde, eine moderne Geologie. Leipzig 1974.

OLSZAK, G.; H. THIERBACH

Zur Entwicklung regionaler tektonischer Senkungseinheiten im Kreuzungsbereich kontinentaler Scherungszonen, spez. in Mitteleuropa (im Druck).

SCHROEDER, E.

Variszische Gebirgsbildung. In: Grundriß der Geologie der Deutschen Demokratischen Republik. Berlin 1968, S. 238...261.

SOLLOGUB, V. B.; A. B. ČEKUNOV

Struktura litosfery i tektogenez. [Struktur der Lithosphäre und Tektogenese.] In: Problemy fiziki zemli na Ukraine. Kiev 1975.

WILSON, J. T.

Static or Mobile Earth; the current scientific revolution. Tectonophysics, 7, 1969, 5/6, S. 600...601.

