

Geologische Untersuchungen im KTB-Umfeld - Probleme und Konzepte der KTB ARGE 2

W. Franke (Gießen)

Die Voruntersuchungen der KTB-Lokation Oberpfalz haben ein Modell für die Struktur der Kruste geliefert, welches dieses Gebiet als lohnendes Ziel für eine übertiefe Bohrung ausweist. Geologische, petrologische, geochronologische und geophysikalische Befunde deuten auf eine Suturzone in der nördlichen Oberpfalz hin, in der Moldanubische Kruste nach Norden auf das Saxothuringikum überschoben worden ist.

Es liegt auf der Hand, daß während der Vorerkundungsphase bei weitem nicht alle wichtigen Fragen beantwortet werden konnten. Da die Vorerkundung von Norden nach Süden vorangeschritten ist, bereitet vor allem die Einbindung der Bohrung in ihr südliches Umfeld (moldanubische Region) einige Schwierigkeiten (siehe Abschnitt 2). Außerdem muß die engere Umgebung des ausgewählten Bohrplatzes strukturgeologisch, petrologisch und geophysikalisch noch detaillierter bearbeitet werden (Abschnitt 1). Neue Arbeitsansätze werden in Abschnitt 3 behandelt.

1. Probleme in der engeren Umgebung der Bohrung

Details der Krustenstruktur in der engeren Umgebung der Bohrung sollen durch das Projekt "Integrierte Seismik KTB Oberpfalz" erkundet werden. In diesem Raum werden zusätzlich zur Tiefenseismik geophysikalische Basisdaten ermittelt (Widerstandsmessungen, Schwere, Magnetik, Seismologie).

Die geologischen Details werden durch eine Karten-Kompilation bzw. Neukartierung im Maßstab 1:10000 erfaßt; eine genaue Karte des engeren Umfeldes als Basis für die Interpretation der geophysikalischen Daten soll bis 1989 fertiggestellt sein.

Ein besonderes Problem im Lokationsgebiet sind junge (d.h., spät- bis postvariscische) Störungszonen mit zum Teil bedeutender kataklastischer Deformation, die auch bohrtechnische Schwierigkeiten verursachen. Diese Störungszonen streichen N-S und NW-SE; sie sind im Oberkarbon oder Perm angelegt worden und wahrscheinlich - wie auch die Fränkische Linie als Haupt-Randstörung der Böhmisches Masse - bis in das Quartär hinein wiederholt aktiv gewesen (siehe z.B. Schröder 1987). Dabei überlagern sich Blattverschiebungs-, Kompressions- und Dehnungsprozesse zu einem komplizierten, bisher nicht verstandenen Gesamtmuster. Diese Störungen haben wahrscheinlich an den Lagerungsverhältnissen im Bohrprofil und an der heutigen Begrenzung der tektonischen Einheiten einen größeren Anteil als bisher vermutet und müssen daher verstärkt in die Untersuchung einbezogen werden.

Jüngere Querstörungen und (ältere) Deckengrenzen in der Nachbarschaft der Bohrung sollen außerdem durch Schürfe und Flachbohrungen erschlossen werden, um die Interpretation des Kartenbildes abzusichern und den direkten Vergleich mit in der Bohrung angetroffenen tektonischen Grenzflächen zu ermöglichen.

2. KTB und die Krustenstruktur der Böhmisches Masse

Ebenso wie die Geophysik zur Erfassung tieferer Horizonte eine größere Auslage an der Oberfläche benötigt, müssen auch die geologischen Arbeiten über die unmittelbare Nachbarschaft der Bohrung hinausgehen, damit das KTB-Profil in den strukturellen Rahmen der Böhmisches Masse integriert werden kann. Die Struktur der variscischen Kruste und ihre geotektonische Herleitung sind ein wesentliches Teilziel des Gesamtprojektes (Emmermann 1986). Einige der wesentlichen ungelösten Probleme sind im folgenden kurz skizziert.

Die Voruntersuchungen haben das strukturgeologische Grundkonzept von Behr et al. (1982) und Franke (1984) für das Saxothuringikum erhärtet, wonach die metamorphen Serien der Münchberger Masse und begleitende Einheiten als Decken über den Raume des späteren Fichtelgebirges hinweg nach NW verfrachtet worden sind. Für das Deckenkonzept sprechen u.a. die neuen geoelektrischen Befunde (Haak & Blümecke in KTB 1986) und die reflexionsseismischen Daten (DEKORP 1988). Zusätzlich hat sich herausgestellt, daß das Münchberger Kristallin nach seiner metamorphen Fazies (Blümel et al., in Vorber.), dem Metamorphose-Alter (Teufel 1988, Hansen et al., in Vorber., Schüssler et al. 1986) und dem Stoffbestand der unterlagernden Grünschiefer (Schüssler et al. 1986) den metamorphen Serien der Zone Erbdorf-Vohenstrauß entspricht. Unterschiede im Stoffbestand der höhermetamorphen Basite (Okrusch et al. in Vorber.) sollten angesichts dieser generellen Übereinstimmung nicht überbewertet werden, da der geochemische Charakter der Basite auch innerhalb der ZEV-äquivalenten Serie von Teplataus (ZTT) sehr heterogen ist (Jakes & Waldhauserova 1987). Der Deckenbau ist durch großräumige Falten überprägt, die das heutige Verteilungsbild der tektonischen Haupteinheiten bestimmen (Franke 1984, Stein 1988). Die reflexionsseismischen Profile haben diese Verhältnisse bestätigt (Abb. 1). Als wichtigstes neues Element in der Tiefe ist der "Erbdorf-Körper" mit seiner erhöhten Reflektivitäten und höheren Wellengeschwindigkeiten hinzugekommen (Schmoll et al., Gebrande et al. in Vorber.).

Über die Großstruktur des Saxothuringikums besteht relative Einigkeit. Stark umstritten ist dagegen die geotektonische Herleitung des gegenwärtigen Bildes, vor allem hinsichtlich der Beziehung zwischen der ZEV/ZTT und dem Moldanubikum im engeren Sinne:

ZEV - Decke?

Aufgrund starker Kontraste im Stoffbestand und in der metamorphen Fazies wird vermutet (Blümel et al. in Vorb.) daß die ZEV/ZTT als Decke dem Moldanubikum aufliegt. Diese Argumentation ist plausibel, aber nicht zwingend. Ein klarer Hinweis auf die Deckennatur der ZEV/ZTT hat sich erst durch die Funde paläozoischer Mikrofloren im Moldanubikum ergeben (Pflug & Reitz 1987) : da die überlagernde ZTT in der CSSR proterozoische Anteile enthält, kann die heutige Profil-Abfolge nur eine tektonische sein. Diese bisher noch vereinzelt Befunde müssen unbedingt kontrolliert werden, vor allem auch in der näheren Umgebung der Bohrung. Da der Metamorphosegrad der Gesteine dort keine palynologischen Untersuchungen mehr zuläßt, sind geochronologische Untersuchungen (U/Pb, Sm/Nd) zum Eduktalter der Metabasite notwendig, bei denen - im Gegensatz zu Metasedimenten - die Gefahr der Kontamination durch älteren Detritus relativ

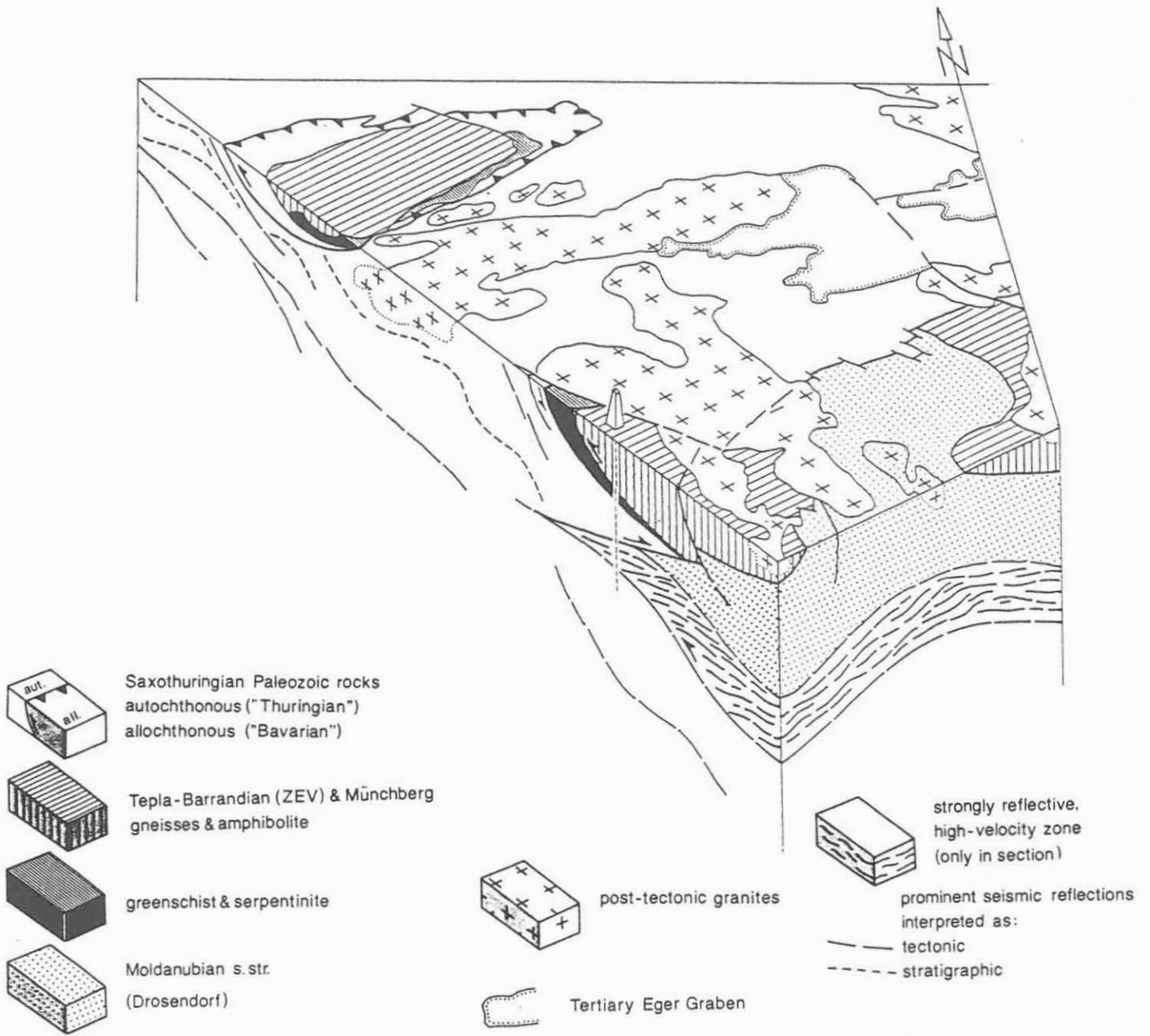


Abb. 1: Blockbild der Krustenstruktur für die Umgebung der Bohr-
lokation

gering ist.

ZEV - Transportrichtung?

Bis vor kurzem ist von einigen Autoren angenommen worden, daß die ZEV/ZTT nicht nur das Saxothuringikum nach NW überfahren hat, sondern daß auch der Kontakt ZEV/Moldanubikum zu diesem N-gerichteten Überschiebungssystem gehört (Weber in KTB 1986, Heinicke 1987). Die wenigen bisher vorliegenden Daten können jedoch auch im Sinne eines S-gerichteten Transportes gedeutet werden (Heinicke, mdl. Mitt., Weber & Vollbrecht in Vorber., Franke in Vorber.). Hier besteht offenbar eine fundamentale Kenntnislücke, die nur durch tektonische und gefügekundliche Untersuchungen in den Randbereichen der ZEV und der ZTT gedeutet werden kann.

ZEV-Überschiebung - wann?

Nach Weber (in KTB 1986) und Weber & Vollbrecht (in Vorber.) ist die Überschiebung der mitteldruckmetamorphen ZEV/ZTT-Einheit nach dem Höhepunkt der Niederdruck-Metamorphose erfolgt. Dieser ist nach Stein (1988) und Blümel et al. (in Vorber.) synchron mit der D3-Deformation im Moldanubikum und synchron mit der D2-Deformation im Fichtelgebirge; der Deckentransport wäre demnach einem späten Stadium der Deformationsgeschichte zuzuordnen. Dies steht in Widerspruch zu den Befunden von Franke (1984), wonach die Deckenüberschiebungen zu den ältesten tektonischen Elementen zählen. Die Annahme eines späten Deckentransportes beruht darauf, daß bisher in der ZEV/ZTT keine klaren Hinweise auf eine Niederdruck-Temperatur gefunden worden sind - was zu fordern ist, falls der Deckentransport älter wäre als die Niederdruck-Metamorphose. Ein möglicher Hinweis auf die geforderte Temperatur ist die Verjüngung der K/Ar-Hornblende-Alter im SE-Teil der ZEV (Schüssler et al. 1986), die aber auch durch die post-tektonischen Granite bedingt sein kann. Es sind hier unbedingt petrologische Untersuchungen in randlichen, d.h. tiefen Teilen der ZEV/ZTT erforderlich (Tagesoberfläche und Bohrung).

Die ZEV als Teil der zentralvariscischen Scheitelungszone

Unabhängig vom Verhältnis ZEV/Moldanubikum in der Nachbarschaft des KTB kann festgestellt werden, daß der S-Teil des Tepla-Barrandiums (zu dem ZEV und ZTT gehören) in S-vergente Bewegungen einbezogen worden ist (Tollmann 1982, Matte et al. 1985), die im gesamten Südflügel des Variscikums dominieren (s. Abb.2). Der N-Rand des Tepla-Barrandiums sowie das Saxothuringikum gehören dagegen zum (N-vergenten) N-Flügel des Orogens. Das Tepla-Barrandium liegt also in der Scheitelungszone des variscischen Orogens, die sich über den Zentralschwarzwald und die Vogesen bis in das Armorikanische Massiv und letztlich nach Zentral-Iberien verfolgen läßt. Ähnliche Symmetrieverhältnisse existieren in den Alpen und in den Appalachen. Das Verständnis dieser bilateralen Kinematik im KTB-Umfeld wäre ein wichtiger Beitrag zum Verständnis der genannten Orogene.

Denkbar wäre - zumindest für das engere KTB-Umfeld - ein Materialrückstau bei generell NW-gerichtetem Transport ("backthrusting" über einem moldanubischen Krustenkeil, im Sinne von Weber in KTB 1986). Möglich erscheint auch eine generelle Umkehrung der Überschiebungsrichtung (Franke 1988 und in Vorber.). Dafür spricht, daß die bisher vorliegenden Daten relativ junge (ausschließlich unterkarbonische) Alter für die südvergenten Bewegungen anzeigen, während die nordgerichteten Transporte bereits im Devon im Gange waren (Franke 1984). Für die Arbeiten in KTB ergibt sich die Notwendigkeit, alle untersuchten Scherzonen nach Möglichkeit auch geochronologisch zu fixieren (Rb/Sr Kleinbereich; Mineralalter an syntektonischen Phasen).

Für die Einbindung von KTB in die Böhmisches Masse ist es mittelfristig auch wünschenswert, die vorhandenen seismischen Profile zu ergänzen, vor allem durch SW/NE-Profile bis in die CSSR und NW/SE-Profile durch den Südrand der Böhmisches Masse. Dazu sollten sobald wie möglich die Kontakte zu den Kollegen in Österreich und in den Ostblockländern intensiviert werden.

3. "Verlängerung der Bohrung nach oben"

Die Umgebung der KTB-Lokation stellt einen tiefen Anschnitt der variscischen Kruste dar. Informationen über die bereits abgetragenen Einheiten wären eine wesentliche Stütze für das Strukturkonzept. Daher sind Untersuchungen an klastischen Sedimenten des KTB-Umfeldes geplant bzw. bereits im Gange.

Die Analyse paläozoischer Klastika liefert Hinweise auf die Vorgeschichte und die Akkretionsgeschichte der beteiligten Einheiten. Detritische Zirkone und Glimmer aus kambrischen Sandsteinen des Frankenwaldes (ca. 550 ma, Dörr unveröff. bzw. ca. 620 ma, Ahrendt et al. unveröff.) belegen die cadomische Vorgeschichte des Liefergebietes (Tepla-Barrandium), die in den Gesteinen des Herkunftsgebietes durch die variscische Überprägung gelöscht ist. Die Datierung von Granit- u. Gneisgeröllen aus devonischen und karbonischen Konglomeraten ist im Gange; eine umfassende Studie an detritischen Glimmern ist geplant. Diese Arbeiten sollen cadomische und ältere Ereignisse im Kern der Böhmisches Masse fixieren (siehe hierzu auch Kröner et al. 1988, Gebauer 1987) und weitere Hinweise auf die Existenz eines umstrittenen "kaledonischen" Ereignisses im zentralen Variscikum liefern. Außerdem soll geprüft werden, wann die ersten frühvariscischen Metamorphite (Hoch- u. Mitteldruck-Gesteine) in den Abtragungsbereich gehoben worden sind. Petrographische Untersuchungen der devonisch-karbonischen Flyschsedimente (Geröllbestand, Feldspatgehalte, Schwermineralspektren) und Vergleiche mit den bekannten Deckeneinheiten sollen den jüngeren Abschnitt der orogentektonischen Entwicklung klären helfen.

Diese Arbeiten (größtenteils außerhalb des KTB finanziert) ermöglichen eine direkte Kontrolle und Ergänzung der radiometrisch ermittelten Abkühlungs-Alter (d.h., Hebungs-Alter). Aus diesen Daten, kombiniert mit den petrologisch ermittelten P/T-Pfaden, tektonischen Daten und der Geochronologie sollte es mittelfristig möglich sein, ein verbessertes geotektonisches Entwicklungsmodell abzuleiten.

Auch die postorogene Bewegungsgeschichte ist in klastischen Sedimenten dokumentiert - so deutet z.B. die weite Verbreitung von Disthen in den mesozoischen Sedimenten des Vorlandes darauf hin, daß mitteldruckmetamorphe Einheiten vom Typ der MM/ZEV/ZTT ursprünglich größere Flächen im Hangenden des Saxothuringikums und Moldanubikums eingenommen haben. Neben Schwermineral-Analysen sind vergleichende Kathodenlumineszenz-Untersuchungen detritischer Quarze und K/Ar-Datierungen detritischer Glimmer geplant. Für die zeitliche Auflösung der Hebungsgeschichte stehen Klastika des Permokarbons, der Trias, der Kreide und des Tertiärs zur Verfügung.

Auch hier ist eine wechselseitige Kontrolle mit andern methodischen Ansätzen möglich: Spaltspuren-Untersuchungen an

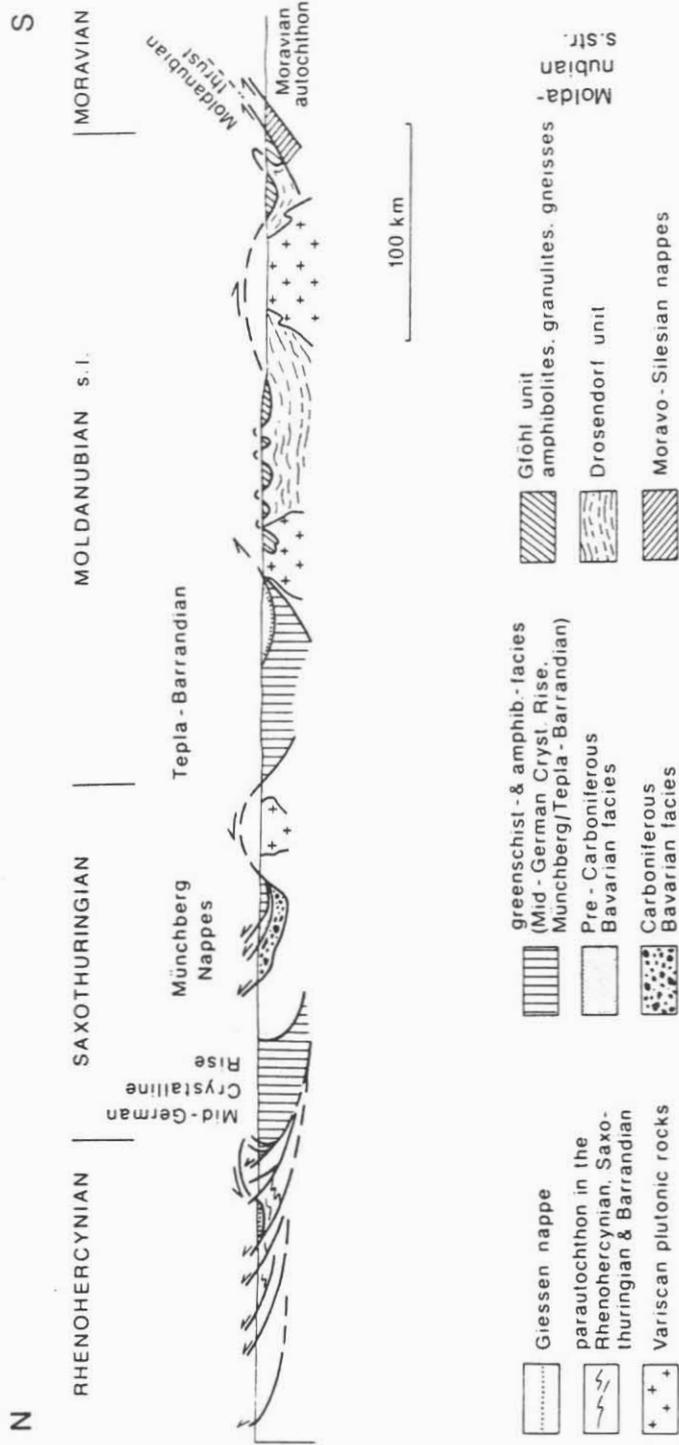


Abb. 2: Schematisches Querprofil durch das mitteleuropäische Variscikum (nach Behr et al. 1984)

Grundgebirgs-Gesteinen und geomorphologische Arbeiten zur jüngeren Hebungsgeschichte.-

Das hier skizzierte Untersuchungsprogramm ist bei weitem zu umfangreich, um gleichzeitig in Angriff genommen zu werden. Die ARGE 2 sieht daher zur Zeit folgende Vorhaben als vordringlich für die Förderung im Rahmen des KTB an:

- Abschluss der Kartierung des Lokationsgebietes
- Geologische und - soweit möglich - geophysikalische Erfassung der spät- u. postvariscischen Störungszonen, die bohrtechnisch besonders relevant sind
- Kinematische Analyse der duktilen Scherzonen
- Radiometrische und paläontologische Datierungen der Edukte metamorpher Gesteine.

Aus finanziellen Gründen war es bisher auch nicht möglich, alle KTB-relevanten Vorhaben aus KTB-Mitteln zu finanzieren; andere Projekte haben sich während ihrer Laufzeit auf das KTB hin entwickelt, oder sind nur teilweise für KTB von Belang. Daher bietet die ARGE 2 ein Forum für die Planung und Ergebnisdiskussion von Projekten auch aus anderen Forschungsförderungszweigen. Erfreulicherweise machen bereits mehrere Kollegen von dieser Möglichkeit Gebrauch. Es ist zu hoffen, daß die wissenschaftliche Kooperation finanzielle Schranken überwindet.

Literatur

- Behr, H.-J., Engel, W. & Franke, W. (1982): Variscan wildflysch and nappe tectonics in the Saxothuringian Zone (Northeast Bavaria, West Germany). *American Journal of Science*, 282: 1438-1470.
- Behr, H.-J., Engel, W., Franke, W., Giese, P. & Weber, K. (1984): The Variscan Belt in Central Europe: main structures, geodynamic implications, open questions. *Tectonophysics*, 109: 15-40.
- Blümel, P., Frank, Gräfen, Kleemann, deNil, Wagener-Lohse, C. & Weier (in Vorber.): The metamorphic state and evolution of the Variscan basement in the Oberpfalz. Springer.
- DEKORP Research Group (1988): Results of the DEKORP 4/KTB Oberpfalz deep seismic reflection investigations. *Journal of Geophysics*, 62: 69-101.
- Emmermann, R. (1986): Das deutsche Kontinentale Tiefbohrprogramm - Forschungskonzeption und Zielsetzungen. *Geowissenschaften in unserer Zeit*, 4. Jahrgang 1986, 1: 19-33.
- Franke, W. (1984): Variszischer Deckenbau im Raume der Münchberger Gneismasse - abgeleitet aus der Fazies, Deformation und Metamorphose im umgebenden Paläozoikum. *Geotektonische Forschungen*, 68: 1-253.
- Franke, W. (in Vorber.): The geological framework of the KTB drilling site. Springer.
- Franke, W. & Bram, K. (1988): Geowissenschaftliche Umfelduntersuchungen in der KTB-ARGE 2: Ziele, Probleme, Projekte (abstract). 1. KTB-Schwerpunkt-Kolloquium, Giessen 1988: 16.
- Gebauer, D. (1987): Detrital minerals of Pan-African ages in sediments and metasediments of the European Hercynides (abstract). IGCP 233, meeting on tectonothermal evolution of the West-African orogens and circum-Atlantic terrane linkages, Nouakchott 1987.
- Gebrande, N., Bopp, M., Neurieder, P., & Schmidt, T. (in Vorber.): Crustal structure in the KTB surroundings from refraction and wide-angle seismic observations. Springer.

- Heinicke, F. (1987): Strukturgeologische Untersuchungen im Übergangsbereich zwischen der Zone Erbdorf-Vohenstrauß und dem Moldanubikum im Gebiet Vohenstrauß/Leuchtenberg, Oberpfalz. Dipl.-Arbeit Univ. Göttingen, 84 S.
- Jakes, P., & Waldhauserova, J. (1987): Orogenic sequences in the upper Proterozoic of the Bohemian Massif (abstract). Proterozoic geochemistry (IGCP 217), Lund 1987: 14.
- KTB 1986: 2. KTB-Kolloquium, 19.9.-21.9. 1986, Seeheim, Poster-Programm.
- Kröner, A., Wendt, I., Liew, T.C., Compston, W., Todt, W., Fiala, J., Vankova, V., & Vanek, J. (1988): U-Pb zircon and Sm-Nd model ages of high-grade Moldanubian metasediments, Bohemian Massif, Czechoslovakia. Contributions Mineralogy and Petrology (1988), 99: 257-266.
- Matte, Ph., Maluski, H. & Echtler, H. (1985): Cisaillements ductiles varisques vers l'Est-Sud-Est dans les nappes du Waldviertel (Sud-Est du Massif de Boheme, Autriche). Donnees microtectoniques et radiometriques 39/40 Ar. Compte Rendu Acad. Sciences Paris, 301/II/10: 721-726.
- Okrusch, M., Seidel, E., Schüssler, U., & Richter, P. (in Vorber.): Geochemical characteristics of metabasites in different tectonic units of the Northeast-Bavarian crystalline basement. Springer.
- Pflug, H.-D., & Reitz, E. (1987): Palynology in metamorphic rocks: indication of early landplants. Naturwissenschaften, 74: 386-387.
- Schmoll, J., Bittner, R., Dürbaum, H.J., Heinrichs, T., Meissner, R., Reichert, C., Rühl & Wiederhold (in Vorber.): Oberpfalz deep seismic reflection survey and velocity studies. Springer.
- Schröder, B. (1987): Inversion tectonics along the western margin of the Bohemian Massif. Tectonophysics, 137: 93-100.
- Schüssler, U., Oppermann, U., Kreuzer, H., Seidel, E., Okrusch, M., Lenz, K.-L., & Raschka, H. (1986): Zur Altersstellung des ostbayerischen Kristallins - Ergebnisse neuer K-Ar-Datierungen. Geologica Bavarica, 89: 21-47.
- Stein, E. (1988): Die strukturgeologische Entwicklung im Übergangsbereich Saxothuringikum/Moldanubikum in NE-Bayern. Geologica Bavarica, 5-131.
- Teufel, S. (1988): Vergleichende U-Pb- und Rb-Sr-Altersbestimmungen an Gesteinen des Übergangsbereiches Saxothuringikum/Moldanubikum, NE-Bayern. Göttinger Arbeiten zur Geologie und Paläontologie, 35: 1-87.
- Tollmann, A. (1982): Großräumiger variszischer Deckenbau im Moldanubikum und neue Gedanken zum Variszikum Europas. Geotektonische Forschungen, 64: 1-91.
- Weber, K. & Vollbrecht, A. (in Vorber.): The crustal structure at the Continental Deep Drilling site. Springer.