

Das Bild der Böhmisches Masse im Umbruch

Von GERHARD FUCHS*)

Mit 6 Abbildungen

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 1-9, 12-22, 29-39, 53-55

Böhmische Masse
Moldanubikum
Tektonik
Alter des moldanubischen Baues
Richtung des Deckentransports
Entwicklungs-Synthese

Inhalt

| | |
|--|-----|
| Zusammenfassung | 701 |
| Abstract | 701 |
| 1. Einleitung | 702 |
| 2. Ist der Bau der Böhmisches Masse wirklich einheitlich variszisch? | 704 |
| 3. In welcher Richtung erfolgte der Deckentransport im SE-Teil der Böhmisches Masse? | 706 |
| 4. Ist die östliche Böhmisches Masse plattentektonisch gliederbar? | 706 |
| 5. Die Entwicklung der östlichen Böhmisches Masse in neuer Sicht | 707 |
| 6. Schlußfolgerungen | 708 |
| Literatur | 709 |

Zusammenfassung

In einer Reihe neuester Arbeiten werden bisherige Vorstellungen in Frage gestellt: Die Böhmisches Masse sei im wesentlichen variszisch geprägt; die Deckenbewegungen seien im Waldviertel und in Mähren NNE-gerichtet. Es wird geprüft, wieweit diese Ergebnisse mit denen der bisherigen regionalen Aufnahmen in Einklang zu bringen sind.

Es ist eindeutig, daß der Innenbau des Moldanubikums älter ist als die variszisch geprägte Moravische Zone bzw. das Bavarikum. Dies zeigt sich in der diskordanten strukturellen und metamorphen Überprägung der Randzonen des Moldanubikums. Die älteren variszischen Intrusiva sind synorogen im Bavarikum, jedoch posttektonisch im Moldanubikum. All dies und die in sämtlichen petrologischen Studien erkennbare Mehrphasigkeit sprechen gegen eine einheitliche variszische Prägung der Böhmisches Masse.

Bezüglich eines NNE-gerichteten Deckentransports entlang des Gebirgsstreichens ergäben sich Schubweiten von etwa 130 km. Dies sollte sich in der Ausbildung der gleichzeitig im benachbarten mährischen Sedimentbecken abgesetzten Gesteine widerspiegeln. Die tektonische Unruhe zeichnet sich jedoch zuerst im N und nicht im S ab. Vom Ober-Visé an ist nach DVORAK eine rasche E-Verlagerung der Achse des Sedimentbeckens festzustellen. Obwohl dies alles gegen einen NNE-Transport der Decken spricht, hat die von SCHULMANN et al. (1991), FRITZ (1991) und NEUBAUER (1991) erkannte NNE-streichende Transpressionszone große Bedeutung für den Bau der östlichen Böhmisches Masse.

Nach meiner Vorstellung wurde der Deckenbau des Moldanubikums an einer ENE-streichenden Kollisionszone in kaledonischer Zeit SSE-vergent geprägt. Variszisch wurde diese an der oben genannten Transpressionszone großräumig geschleppt. Dadurch entstand das bogenförmige Einschwenken der Moldanubikumzonen in die N-S-Richtung Mährens und des Waldviertels, die SSE-Vergenz wurde in die W-Richtung verzerrt. Durch die enorme Einengung im Inneren des Bogens kam es im Ober-Visé zum E-gerichteten Überschieben des Moldanubikums über das Moravikum. Die NNE-Bewegungen an der Translationszone verursachten in einem Spätstadium die Deckenbildung, deren Schubrichtung war aber gegen E.

Radical Change of Views on the Bohemian Massif

Abstract

Several recent papers cast doubt on previous views: The Bohemian Massif was formed essentially in the Variscan orogenesis; the nappes were transported in NNE-direction in the Waldviertel and Moravia. These results are critically reviewed whether they are in agreement with the facts of regional survey.

The internal structures of the Moldanubicum are obviously older than the Moravian Zone and the Bavaricum formed in Variscan times. This is evident from the discordant structural and metamorphic overprinting in the marginal zones of the Moldanubi-

*) Anschrift des Verfassers: Univ.-Doz. Dr. GERHARD FUCHS, Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien.

cum. The older Variscan intrusiva are synorogenous in the Bavaricum, but post-tectonic in the Moldanubicum. All this and the polymetamorphic nature, which is documented by all recent petrological studies, point against a uniform Variscan origin of the Bohemian Massif.

Nappe transport to the NNE parallel to the regional strike implies thrust distances of ca. 130 km. These movements should be reflected by the facies of contemporaneous sediments of the adjacent Moravian basin. Tectonic unrest, however, is indicated first in the N and not in the S. Starting with the Upper Visean the axis of the sedimentary basin rapidly shifted towards the E according to DVORAK. Though these facts contradict a NNE-transport of the nappes, the NNE-transpression zone found by SCHULMANN et al. (1991), FRITZ (1991) and NEUBAUER (1991) is of great importance for the understanding of the eastern Bohemian Massif.

In my view the intra-Moldanubian nappe structures were formed in a collision zone striking ENE and directed towards the SSE in Caledonian times. In the Variscan orogeny these older zones were deformed along the transpression zone mentioned above. The Moldanubicum was dragged into the N-S direction in Moravia and the Waldviertel, thus forming a huge arc; the original SSE-vergency thus became directed W. By the enormous compression in the inner parts of this arc the Moldanubicum was squeezed out and was thrust onto the Moravicum. Though the translation along the wrench fault was NNE it caused nappe transport towards the E in a late stage of the tectonic evolution.

1. Einleitung

Während einer Arbeitstagung in Moravské Krumlov im April 1991 wurde deutlich, wie sehr sich die Sicht der Böhmisches Masse durch die neuesten Forschungen verändert. Folgende Trends fallen auf:

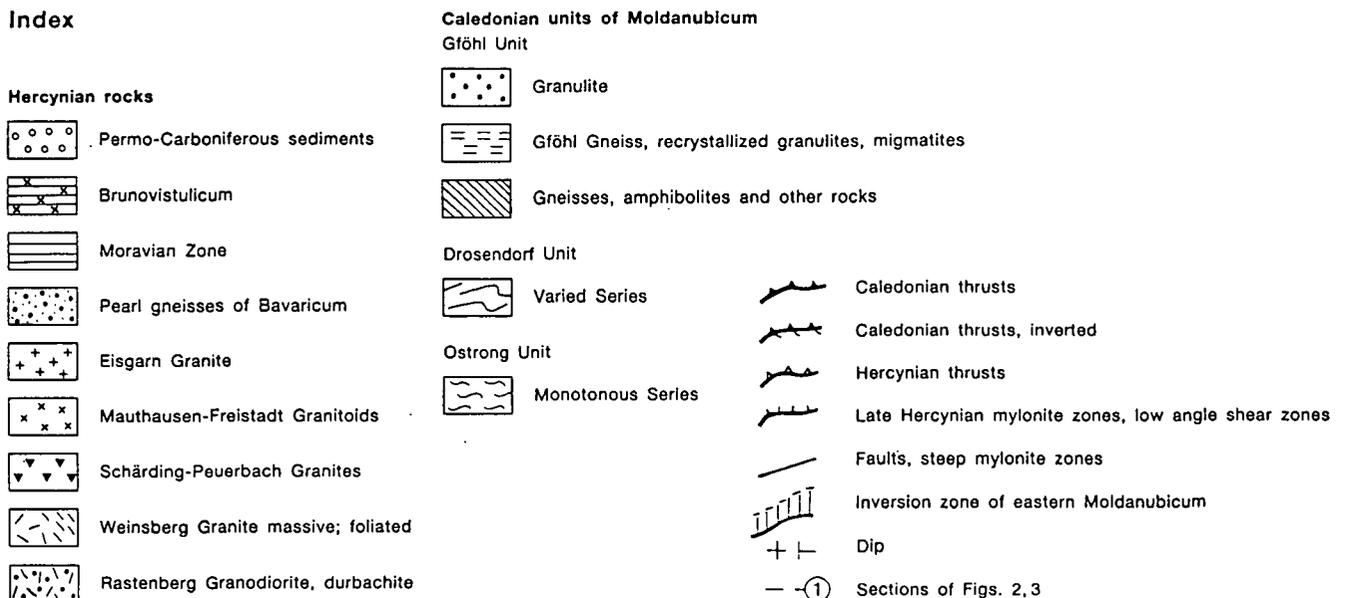
- 1) Die Hauptmetamorphose und der Bau der Böhmisches Masse sind im wesentlichen variszisch. Auch der Innenbau des Moldanubikums sowie dessen Charaktergesteine Granulit und Gföhler Gneis werden als Produkte der variszischen Orogenese gesehen.
- 2) Moravikum und angrenzender moldanubischer Raum sind durch kräftige NNE-gerichtete Tektonik bestimmt. Lineationen und Faltenachsen, welche bisher als B-Achsen betrachtet wurden, werden als A-Achsen aufgefaßt. Deckenbau wird allgemein anerkannt, dessen NNE-Bewegungssinn folgt aber der regionalen Streichrichtung des Orogens.

- 3) Im Zuge einer plattentektonischen Analyse Mitteleuropas werden Teile des Moldanubikums, Moravikum und Bruno-Vistulikum verschiedenen Platten zugeordnet und nach Resten ozeanischer Kruste gesucht.

Zu den neuen Vorstellungen gelangte man durch die Anwendung hochspezialisierter radiometrischer bzw. strukturgeologischer Methodik. Es wurden hierbei eine Fülle zusätzlicher Daten gefördert, in den Schlußfolgerungen aber eine Menge bereits bekannter Fakten der regionalen Geologie nicht berücksichtigt. Dadurch ergaben sich Unstimmigkeiten und z. T. fast absurde Ergebnisse, wie die Bewegung der Decken prinzipiell in der Längsrichtung des Orogens, oder die gleichzeitige Entstehung der Granulite und des Weinsberger Granites.

Im vorliegenden Beitrag wird versucht, die Ergebnisse der bisherigen regionalen Forschungen und die neuesten Daten in ein stimmiges Bild einzuordnen.

Abb. 1.
Tektonische Karte der südöstlichen Böhmisches Masse (FUCHS, 1990)
Legende wie auf Fig. 2.

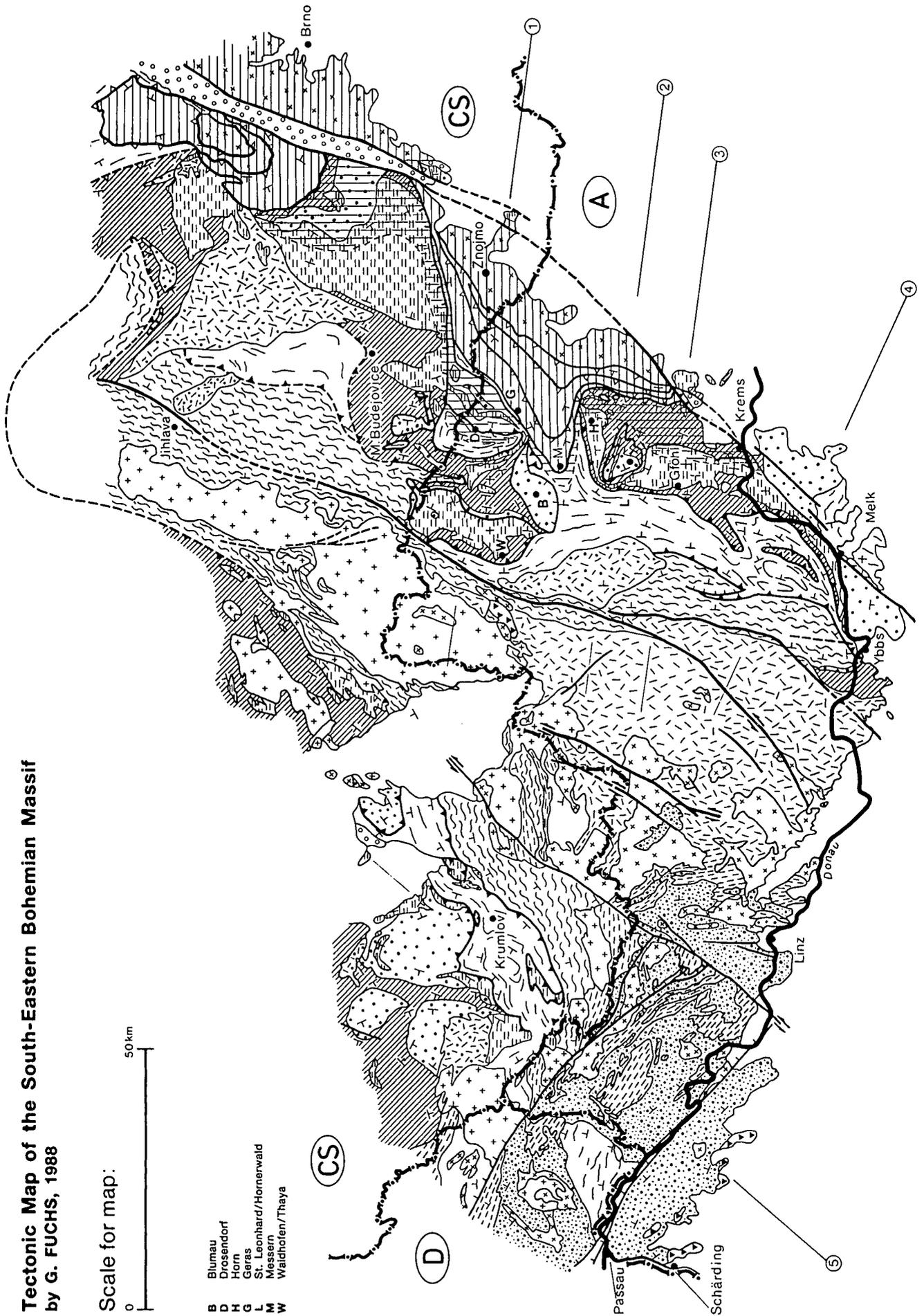


Tectonic Map of the South-Eastern Bohemian Massif
 by G. FUCHS, 1988

Scale for map:



- B Blumau
- D Drosendorf
- H Horn
- G Geras
- L St. Leonhard/Hornerwald
- M Messern
- W Waldhofen/Thaya



Sections across the South-Eastern part of the Bohemian Massif.
 Index same as for map Fig. 1.

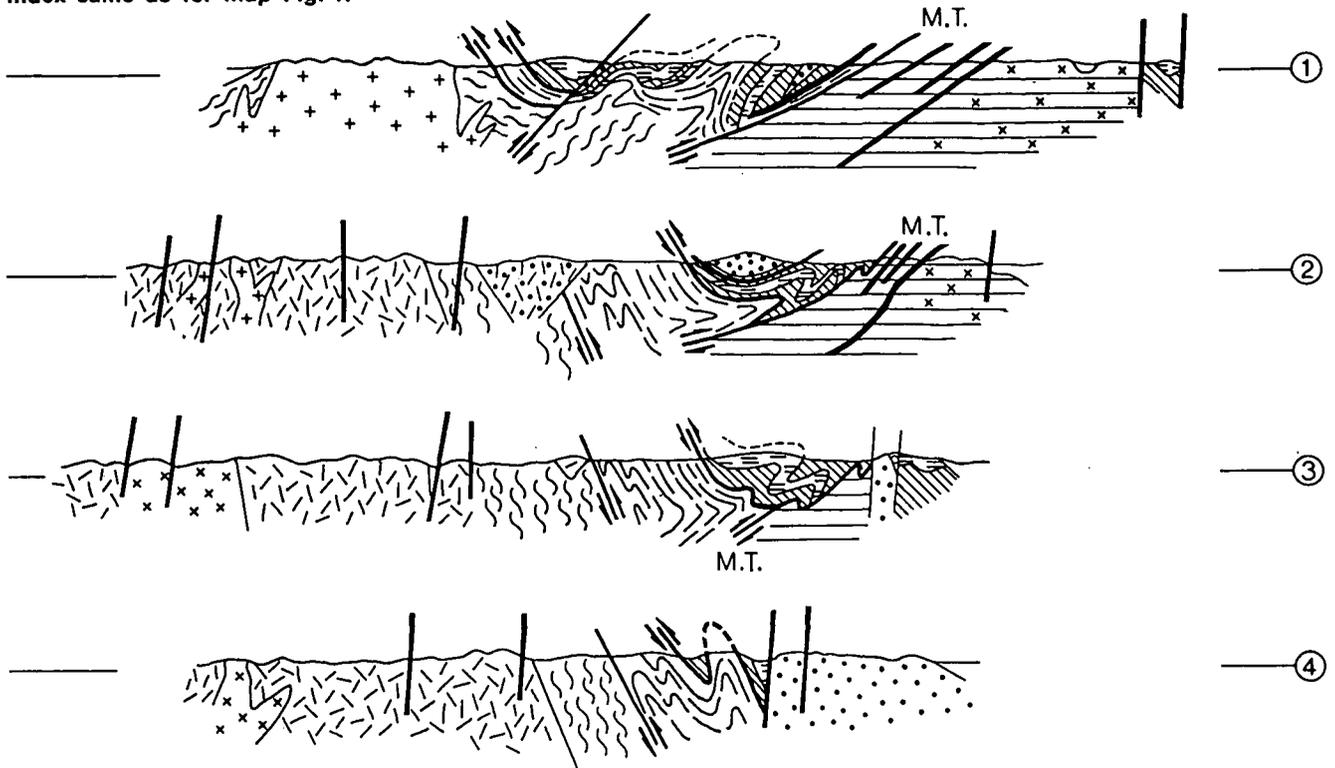


Abb. 2.
 Profile durch den SE-Teil der Böhmisches Masse (FUCHS, 1990).

Section across the Bavaricum in Upper Austria.
 Index same as for map Fig. 1.



Abb. 3.
 Profil durch das Bavarikum in Oberösterreich (FUCHS, 1990).

Scale for sections:



2. Ist der Bau der Böhmisches Masse wirklich einheitlich variszisch?

Zwar wird das Vorhandensein cadomischer Kruste allgemein angenommen, der heutige Bau und Gesteinsbestand jedoch als das Ergebnis der variszischen Orogenese betrachtet (VAN BREEMEN et al., 1982; MATTE et al., 1990; SCHULMANN et al., 1991; CARSWELL & JAMTVEIT, 1990; CARSWELL, 1991). Während diese Autoren ein kaledonisches Ereignis ausschließen, berücksichtigen FRANK et al. (1991) die ordovizischen Altersdatierungen und rechnen mit einem altpaläozoischen Migmatitereignis, die Hauptmetamorphose und Deckentektonik werden aber ebenfalls variszisch angenommen. Ausschlaggebend für diese Betonung der variszischen Orogenese sind die radiometrischen Altersdatierungen von VAN BREEMEN et al. (1982), KRÖNER et al. (1988) und

CARSWELL & JAMTVEIT (1990), welche die Metamorphose der Granulitserie und des Gföhler Gneises als variszisch bestimmt haben.

FUCHS hat wiederholt darauf hingewiesen (1976, 1986, 1990), daß das junge Alter der Granulitmetamorphose dazu zwingt, Ereignisse, die sich in völlig unterschiedlichem Milieu abgespielt haben, in einen unwahrscheinlich engen Zeitraum zusammendrängen. So wurden nach VAN BREEMEN et al. (1982) die Granulite um 345 ± 5 Ma vor heute gebildet, um 341 Ma durch Deckenbewegungen emporgebracht, erodiert und als Gerölle im Ober-Visé-Kulm sedimentiert, der spät-orogene Plutonismus erfolgte vor 331 Ma. Hier stehen immerhin 14 Ma zur Verfügung, noch deutlicher wird die Diskrepanz aber in der Arbeit von FRANK et al. (1991), in der die Granulitmetamorphose im Zeitraum 360–340 Ma angesetzt wird, das Bildungsalter des

Weinsberger Granite aber verlässlich mit 350 Ma bestimmt wird. Diese Angaben sind unvereinbar mit sämtlichen bisherigen Erfahrungen: Die Granulite wurden in tiefem Krustenniveau gebildet, noch während der Regionalmetamorphose durch Deckenbewegungen in höhere Krustenteile verfrachtet; dieser Deckenbau wurde danach intensiv W-vergent verfalltet; erst dann intrudierten die Weinsberger Granite und Rastenberger Granodiorite (Durbachite) mit scharfen, diskordanten Kontakten das bereits weitgehend abgekühlte Gebirge. Letzteres wird durch das Fehlen größerer Migmatitionen angezeigt. Es dürfte schwer fallen, ein Modell zu entwickeln, das das zeitliche Nebeneinander von Granulitprägung, Deckentektonik, darauffolgender Faltung und posttektonischer Bildung ungeschieferter Plutonite erklären kann.

Die mehrphasige Entstehung des Baues wird weiters im Grenzbereich Moldanubikum–Moravikum offenkundig (Fig. 1, 2). Die charakteristische tektonische Abfolge des Moldanubikums Monotone Serie, Bunte Serie, Gföhler Gneisserie, Granulitserie wird an der Moravikumsgrenze diskordant abgeschnitten. Während die moldanubischen Serien regional gegen ESE abtauchen, fallen die moravischen Serien und die Grenzfläche, die Moldanubische Überschiebung, gegen W ein. In einem wenige Km breiten Bereich (Glimmerschieferzone) werden die moldanubischen Serien durch Faltung und Umscherung an die Moldanubische Überschiebung angepaßt. Diese strukturelle Anpassung erfolgte unter den Bedingungen der im höheren Moravikum wirksamen schwächeren Amphibolitfazies (Staurolith-, Disthenzone), was sich in den in der Sillimanitzone und in Granulitfazies geprägten moldanubischen Gesteinen als rückschreitende Metamorphose auswirkte. Der Gesteinsbestand und Innenbau des Moldanubikums sind somit eindeutig älter als die Überschiebung auf das Moravikum und dessen interner Deckenbau. Letzterer ist durch devonische Serien im Kern des Svatka-Fensters als variszisch belegt (JAROS & MISAR, 1974).

Noch augenfälliger als in Mähren – Waldviertel, wo der diskordante Bau vorwiegend im gegensätzlichen Einfallen deutlich wird, ist das unterschiedliche Alter im Raum Mühlviertel – Südböhmen zu erkennen (Fig. 1, 3).

Wie im Waldviertel begegnet man in Südböhmen der Abfolge Monotone Serie, Bunte Serie, Gföhler Gneis und Granulitserie. Hier taucht diese tektonische Folge gegen NW hin ab und streicht NE–SW. Das moldanubische Gebirge mit seiner charakteristischen Zonenfolge trifft im Böhmerwald auf das NW–SE-streichende Bavarikum. Hier schneiden sich zwei Orogensysteme im rechten Winkel! Daß das moldanubische System das ältere ist, ist vollkommen klar: Achsen und s-Flächen werden in die NW–SE-Richtung rotiert und umgeschert, der moldanubische Gesteinsbestand wird durch Perlgneisbildung (Metablastese) aufgelöst (FISCHER, 1959; FUCHS, 1962; FISCHER & TROLL, 1973). Hier wird ein älteres Gebirgssystem bis auf wenige reliktsche Zonen wie Kropfmühl oder Herzogsdorf aufgelöst.

Aufschlußreich ist auch das Verhalten der variszischen Granitoide. Sie durchsetzen die Granulitserie des südböhmischen Moldanubikums offensichtlich diskordant (FIALA et al., 1987, Fig. 2), verhalten sich also wie im Waldviertel und in Südmähren. Im Bavarikum hingegen sind die älteren variszischen Intrusiva – die Weinsberger Granite und Diorite I – synorogen. Sie sind verschiefert und straff in den NW–SE-Bau einge-

regelt. Ein weiter Migmatithof um die Weinsberger Granite und unscharfe Grenzen belegen deren Eindringen während der Regionalmetamorphose (FUCHS, 1962; FINGER, 1986). Die von S. SCHARBERT mit 350 Ma datierten Weinsberger Granite (FRANK et al., 1991) verhalten sich somit synorogen im variszisch geprägten Bavarikum aber posttektonisch gegenüber den typisch moldanubischen Serien. Aufgrund der Altersdatierungen von ARNOLD & SCHARBERT (1973) und ARNOLD (pers. Mitt. in S. SCHARBERT, 1980) sowie Daten aus dem Bayrischen Wald (DAVIS & SCHREYER, 1962; GRAUERT et al., 1974; GEBAUER & GRÜNENFELDER, 1976 u. a.) schloß FUCHS (1976) auf ein kaledonisches Alter des Moldanubikums. TOLLMANN (1982, 1985) berücksichtigte zwar das höhere Alter des Moldanubikums, faßt dieses aber als altvariszisch, die Moldanubische Überschiebung als jungvariszisch auf. Es ist theoretisch möglich, aber nicht sehr wahrscheinlich, daß ein stofflich und strukturell gänzlich andersartiges Gebirgssystem, welches aufgelöst wird, derselben Orogenese entstammt wie das auflösende jüngere System. Auf keinen Fall ist aber die oben beschriebene Mehrphasigkeit in dem engen Zeitraum von 14 Ma unterzubringen, der in dem Zeitschema von VAN BREEMEN et al. (1982) zur Verfügung steht. THIELE (1984) findet sich durch diese Altersdatierungen darin bestätigt, daß Moldanubikum und Moravikum Deckenbau aus einem Guß aufweisen. Dies ist aber, wie oben ausgeführt, nicht der Fall, und es fragt sich, wie die variszischen Datierungen von Granulit, Gföhler Gneis und Ultrabasiten (VAN BREEMEN et al., 1982; KRÖNER et al., 1988; CARSWELL & JAMTVEIT, 1990) mit den kaledonischen Rb/Sr Gesamtgesteinsaltern von ARNOLD & SCHARBERT (1973), sowie dem beobachteten mehrphasigen Bau in Einklang zu bringen sind.

Es ist interessant, daß FRANK et al. (1991) mit Rb/Sr Gesamtgesteinsdatierungen für Granulit, Gföhler Gneis und Wolfshofer Syenit die kaledonischen Alter bestätigen konnten. Sie nehmen deshalb ein „Migmatitereignis“ um 490 Ma an, welches das Ausgangsgestein für Granulit und Gföhler Gneis geliefert hat. Wegen weiterer eigenen Untersuchungen (z. B. Datierung der Mobilisate nahe dem Gföhler Gneis) und der jüngeren Daten in der Literatur entscheiden sich FRANK et al. aber für ein variszisches Alter der Hauptmetamorphose, welche Granulit und Gföhler Gneis geprägt hat. Die kaledonische Isochrone (430 Ma) des Wolfshofer Syenit, welche ein ebensolches Alter des Deckenbaues implizieren würde, wird von FRANK et al. wegen der Literaturdaten und eigener Mineraldatierungen als das Produkt einer Magmenmischung angesehen.

Der Verfasser vermutet, daß die zahlreichen im Varizikum gefundenen kaledonischen Alter (siehe Auflistung in DORNSIEPEN, 1979; FRANK et al., 1991) sehr wohl real sind. Die variszische Metamorphose, welche über die Böhmische Masse hinweg ging, habe aber vielfach „Verjüngung“ bewirkt und täuscht so ein variszisches Bildungsalter vor.

Die Wirksamkeit wenigstens zweier Metamorphosen ist durch zahlreiche Untersuchungen belegt (GÖTZINGER, 1981; ZAYDAN & SCHARBERT, 1983; HÖDL, 1985; PETRAKAKIS, 1986, 1991; HÖGELSBERGER, 1987, 1989; u. a.)

Die radiometrischen Altersbestimmungen an den Gesteinen der Gföhler-Gneis-Granulitserie hatten es somit mit einem polymetamorphen Kristallin zu tun. Es ist daher mit einer großen Zahl beeinflussender Faktoren und komplizierten Verhältnissen zu rechnen. In diesem Falle

ist eine gewisse abwartende Haltung gegenüber den neuesten Altersdatierungen, welche ein variszisches Alter der Hauptmetamorphose und des Baues des Moldanubikums ergeben (VAN BREEMEN et al., 1982; KRÖNER et al., 1988; CARSWELL & JAMTVEIT, 1990; CARSWELL, 1991), sicher angebracht. Zumal, wenn man beobachtet, wie die Rb-Sr-Gesamtgesteinsalter, welche vor zwei Jahrzehnten die überraschenden kaledonischen Alterswerte lieferten, heute von vielen Forschern als bedeutungslos angesehen und als „Mischalter“ vom Tisch gewischt werden. Erst nach einer gewissen Zeit der Erprobung scheinen die mit neuen Methoden erzielten Ergebnisse in ihrer Bedeutung beurteilbar. Besondere Vorsicht ist angezeigt, wenn diese mit bereits bekannten Fakten wie der Mehrphasigkeit des Moldanubikums in Konflikt stehen.

Als Grund, warum die kaledonischen Altersdaten als Mischalter interpretiert werden, wird vielfach das Fehlen von Diskordanzen angegeben. Gerade die Entwicklung des mährischen Paläozoikums gibt aber Hinweise auf ein kaledonisches Ereignis: Die bunte, terrigene, meist tieferdevonische Basalserie (Old Red) wird allgemein als paläozoische Transgressionsfolge aufgefaßt, welche nach einer langen terrestrischen Phase das cadomische Kristallin des Brunovistulikums überlagert. Besondere Bedeutung haben in diesem Zusammenhang Graptolithenschiefer (Llandoveryan), die in eine Schiefer-Kalkwechselfolge (Ludlow) übergehen (DVORAK, 1973, Fig. 4). Auch wenn diese silurische marine Serie nur von einer Lokalität bekannt ist, belegt sie eine marine, nicht grobklastische Entwicklung zwischen der Bildung des cadomischen Kristallins und der devonischen Transgressionsserie. Dies spricht dafür, daß diese Old-Red-Entwicklung nicht eine Spätfolge der cadomischen Orogenese ist, sondern eine marine Phase im Silur beendet hat, somit auf ein kaledonisches Ereignis zurückgeht. Die Old-Red-Fazies Mährens ist demnach in geodynamischer Hinsicht analog derjenigen Nordeuropas, eine terrestrische Entwicklung in Anschluß an die kaledonische Orogenese.

3. In welcher Richtung erfolgte der Deckentransport im SE-Teil der Böhmisches Masse?

F. E. SUSS erkannte die Aufschiebung des Moldanubikums über das östlich davon gelegene Moravikum. FUCHS (1971, 1976, 1986 etc.) vertrat einen W-gerichteten, älteren Innenbau des Moldanubikums, der bei der E-vergenten Überschiebung auf das Moravikum randlich deformiert wurde. Im Gegensatz dazu bestehen TOLLMANN (1982, 1985) und THIELE (1976, 1984) auf einheitlich E-gerichtetem, variszischem Deckenbau. In dem gegenständlichen Gebiet wurde in neuester Zeit durch FRITZ (1991), NEUBAUER (1991), SCHULMANN et al. (1991) und MATTE et al. (1990) mit gefügekundlichen Feinuntersuchungen beherrschende NNE-Vergenz festgestellt. Eine gewaltige, rechtssinnige, NNE-streichende Transpressionszone wird im E-Teil der Böhmisches Masse erkannt. Deckenbau wird im Bereich Moldanubikum – Moravikum – Thaya-Batholith bestätigt, die Schubrichtung aber entsprechend den Gefügedaten gegen NNE angenommen. Dies bedeutet Deckenbewegung in der Längsrichtung des Orogens, was bei der heutigen Ausdehnung der Einheiten eine Schubweite

von mindestens 130 km ergibt. Es ist schwer verständlich, daß Decken prinzipiell in der Längserstreckung eines Orogens übereinander geschoben worden sein sollen – über so gewaltige Entfernungen! Decken sind Gesteinsmassen, die an Subduktionszonen wurzellos wurden, aus Kollisions- und Kompressionszonen herausgepreßt wurden und durch ähnliche Vorgänge auf Nachbargebieten zu liegen kamen. Der Transport der allochthonen Massen erfolgte dabei im allgemeinen mehr oder weniger senkrecht zur Subduktions- oder Einengungszone.

Im gegenwärtigen Fall sprechen die Großfalten, die sich in der Bunten Serie im Raume Brunn/Wild im Kartenbild abzeichnen, für E-gerichteten Bewegungssinn. Dies wird auch durch fast sämtliche Großfaltungen in der Glimmerschieferzone belegt.

Ein weiteres Argument gegen einen NNE-bewegten Deckenbau erbringen die eingehenden Untersuchungen des Mährischen Paläozoikums durch DVORAK (1973, 1989, 1990). Die fazielle Entwicklung der Sedimente zeigt vorzüglich die gleichzeitig im Sedimentbecken oder in der angrenzenden Böhmisches Masse stattfindenden geodynamischen Vorgänge an. Es ist festzustellen, daß sich die Achse größter Absenkung und größter Sedimentmächtigkeiten fortschreitend von W gegen E verlagert. Dieser Vorgang beschleunigt sich ab dem Ober-Visé. Falls die moldanubischen und moravischen Decken von SSW gegen NNE fernüberschoben worden wären, müßte man in den südlicheren Sedimentgebieten früher den Umschwung zu orogener Fazies erwarten und deren fortschreitende Ausbreitung gegen N. Dies ist in keiner Weise angezeigt, tektonische Unruhe setzt eher im N ein, und die Achse des Trog wandert gegen E (s. o.) (DVORAK, 1973, S. 374). In Kapitel 5 wird versucht, die NNE-gerichtete Transpressionszone und den offensichtlich doch E-vergenten variszischen Deckenbau in Zusammenhang zu sehen.

4. Ist die östliche Böhmisches Masse plattentektonisch gliederbar?

MATTE et al. (1990) gliedern in Moravisches, Gföhler und Drosendorfer Terrane. Wie TOLLMANN (1982) beziehen diese Autoren die Gföhler Decke weit vom NW, und zwar im Verlauf der variszischen Orogenese. In den Arbeiten 1976, 1986 und 1990 habe ich meine Argumente gegen diese Vorstellung bereits gebracht.

FRITZ (1991) und NEUBAUER (1991) sehen ein indentatives Vorstoßen des Moldanubischen Blocks gegen NNE in die Moravo-Silesische Zone. Im einzelnen wird die Moravische Einheit und die moldanubische Bunte Serie als Kontinentalblock mit gemeinsamem cadomischem Basement aufgefaßt. Die Gföhler Einheit stellt einen anderen kontinentalen Block dar. Ein diese Kontinentalmassen trennender ozeanischer Bereich wurde subduziert und ist heute nur noch durch die Raabser Serie angezeigt. Diese Kollision erfolgte in variszischer Zeit, und so wie FUCHS (1976) sieht NEUBAUER in der Unterschiebung des Moldanubikums durch das Moravikum die Ursache für die Anatexis und Bildung des Südböhmisches Plutons.

Zunächst sei betont, daß die Raabser Serie Bestandteil der Gföhler Einheit ist und ihrer tektonischen Stellung nach zwischen dem Gföhler Gneis im Liegenden

und der Granulitserie im Hangenden einzureihen ist. Der Grenzbereich Bunte Serie – Gföhler Einheit ist allerdings reich an Amphiboliten. Metavulkanite wie der Rehberger Amphibolit, zahlreiche Schollen von Ultramafititen und die aus der tiefen Kruste stammenden Granulite legen den Verdacht nahe, daß die Gföhler Einheit in einer Kollisionszone entstanden ist. Eine solche ist aber Teil des innermoldanubischen Baues, wird an der moldanubischen Überschiebung deformiert und ist somit eindeutig älter. Es sei an dieser Stelle auch betont, daß Moldanubikum und Moravikum tektonisch getrennt sind, es daher keinen aus Bunter Serie und Moravikum bestehenden Kontinentalblock gibt (s. o.). Auch gibt es keinerlei Anzeichen dafür, daß Moravikum und Moldanubikum durch ozeanische Kruste voneinander getrennt waren. Nur dort, wo die Gföhler Einheit in den Grenzbereich der beiden Groseinheiten kommt, finden sich Ultramafitite und Amphibolite, welche als ehemalige Ophiolithserie aufgefaßt werden können. Sie sind jedoch in keiner Weise an diese Grenzfläche gebunden. Ich sehe daher in der Moldanubischen Überschiebung eine intrakontinentale Diskontinuitätsfläche und nicht die Naht zwischen zwei durch Ozeanboden ehemals getrennten Kontinentalmassen. Auch scheint mir das Moldanubikum nicht so sehr als indentierender Block, sondern es wurde selbst stark deformiert (siehe Kap. 5.)

5. Die Entwicklung der östlichen Böhmisches Masse in neuer Sicht

Grundsätzlich können wir mit TOLLMANN (1982, Tafel 2; MATTE et al., 1990 u. a.) davon ausgehen, daß sich im Paläozoikum in Mitteleuropa ein regional E–W-streichendes, zweiseitiges Orogen entwickelt hat. Das Moldanubikum, nahe der Narbenzone, gehört dem Südstamm an. Die innersten Zonen nahe der Narbe sind wohl die ältesten, und TOLLMANN gibt sie daher als altvariszisch an. In Berücksichtigung der zahlreichen kaledonischen Altersdaten (Aufzählung in DORNSEIPEN, 1979; FUCHS, 1990, S. 257), welche auch durch neueste, kritische Untersuchungen bestätigt werden (FRANK et al., 1991), nehme ich mit BEHR (1978) und BEHR & WEBER (1980) an, daß dieser orogene Prozeß bereits im Altpaläozoikum in der Unterkruste eingesetzt hat. Da-

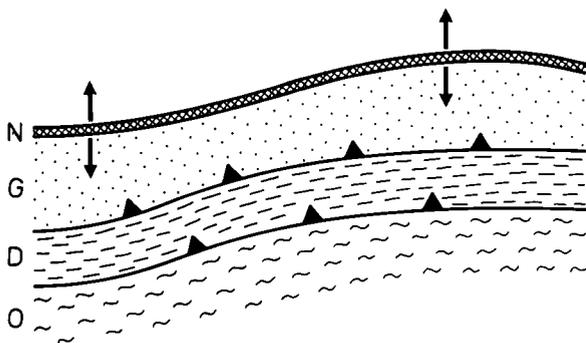


Fig. 4. Schema der Entwicklung der südöstlichen Böhmisches Masse im Ordoviz-Silur.

Südlich der Narbenzone (N), welche eine Kollisionszone darstellt, entsteht im Südstamm der moldanubische Deckenbau. G = Gföhler Einheit; D = Drosendorfer Einheit; O = Ostrong-Einheit.

mals wurden die innersten Orogenzonen konsolidiert, es entstand ein SSE-gerichteter Deckenbau im Moldanubikum. Die tektonischen Haupteinheiten, Ostrong-, Drosendorfer und Gföhler Einheit wurden übereinander gestapelt. Es ist wahrscheinlich, daß dieser Bau bei der Kollision an einer Subduktionszone entstanden ist (Fig. 4). Dafür sprechen die Amphibolite, Ultrabasite und Granulite der Gföhler Einheit. Dieser Gesteinsbestand wurde unter MP-HP/HT Metamorphose geprägt und noch während der Wirksamkeit derselben tektonisch gestapelt.

In variszischer Zeit wurden an die bereits konsolidierten inneren Zonen die äußeren Gebirgszonen (Saxothuringikum, Rhenoherynikum, Bavarikum) angegliedert. Es scheint plausibel, mit TOLLMANN (1982) das Moravo-Silesikum als Fortsetzung des Rhenoherynikums aufzufassen. Wie die Untersuchungen von MATTE et al. (1990), FRITZ (1991), NEUBAUER (1991) und SCHULMANN et al. (1991) zeigen, war in der östlichen Böhmisches Masse eine kräftige NNE-gerichtete, NNE–SSW-streichende Translationszone wirksam. Diese rechts-sinnige Transpressionszone war während der variszischen Regionalmetamorphose (LT-MT/MP) aktiv. Sie bewirkte eine Schleppung und Biegung des regionalen W–E-streichenden Orogens. Besonders stark war die Verzerrung im Moldanubikum, wodurch die NNE-konvexe Bogenform entstand. Der bereits im Altpaläozoikum geprägte SSE-gerichtete Bau, der in Südböhmen erhalten blieb, wurde in Mähren und im Waldviertel durch die Schleppung an der Transpressionszone in W-Vergenz gebracht (Fig. 5). Die oben zitierten neuesten Strukturuntersuchungen lieferten somit die Erklärung für das bogenförmige Umschwenken der moldanubischen Zonen N von Jihlava und die von FUCHS (1976, 1986, 1990) vertretene W-Vergenz des moldanubischen Baues im Waldviertel.

Die durch die Schleppung entstandene Bogenform verursachte im innersten und engsten Bereich des Bo-

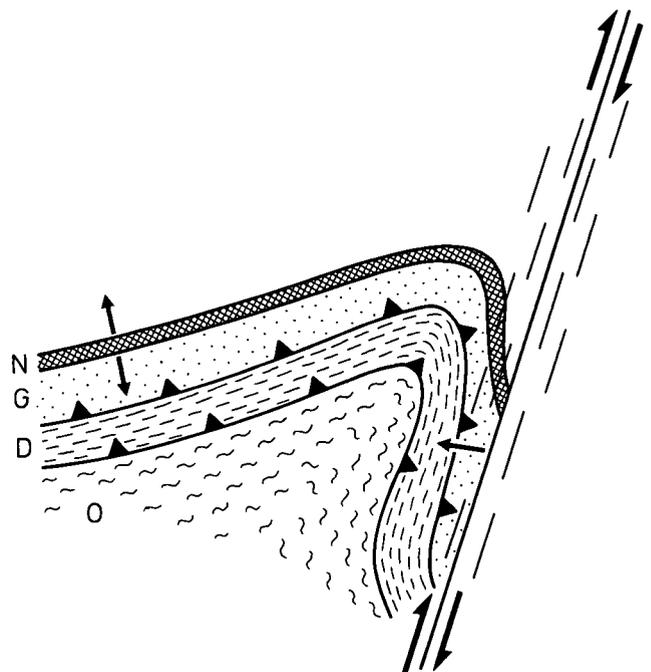


Abb. 5.

Die Entwicklung im Tournais-Mittel-Visé.

An der NNE-streichenden Transpressionszone wird der moldanubische Deckenbau geschleppt und zu einem riesigen Bogen deformiert. Die ursprüngliche SSE-Vergenz erhält dadurch westliche Richtung.

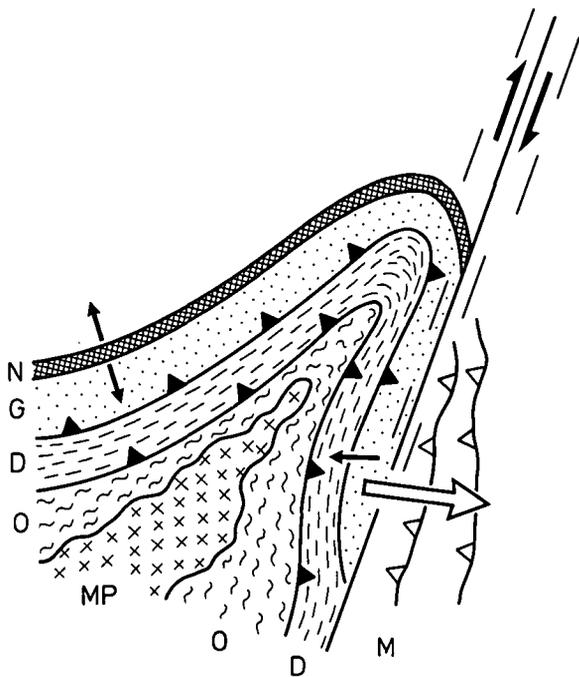


Abb. 6.
Die Entwicklung im Ober-Visé-Namur.
Durch die Verstärkung der Bogenform wird das Moldanubikum so stark eingeeignet, daß es förmlich überquillt und die Moravische Zone (M) in östlicher Richtung überschiebt. Das Aufdringen des Moldanubischen Plutons (M.P.) steht in Zusammenhang mit diesen Ausgleichsbewegungen – einer intrakontinentalen Subduktion.

gens enormen Raummangel, was zu Ausweichbewegungen führte: Das Moldanubikum wurde an der Wrench Fault herausgepreßt und quoll förmlich über das östlich angrenzende Moravikum (Fig. 6). Diese Egerichteten Massenbewegungen erfolgten an der Moldanubischen Überschiebung (F. E. SUSS) sowie an den Deckenbahnen innerhalb der Moravischen Zone und an der Grenze zum Brunovistulikum. Die jüngst erkannten Translationsbewegungen sind somit der Motor der Egerichteten Deckenbewegungen und nicht der Magmatismus im Moldanubischen Pluton. Dieser ist die Folge der Unterschiebungen im moldanubisch-moravischen Grenzgebiet. Es kam dabei zu gewaltigen Aufschmelzungen und der Bildung der variszischen Tiefengesteinskörper. Möglicherweise hat das oben beschriebene Ausbrechen des Moldanubikums den Raum für die Platznahme der Rastenberger (Durbachit-) und Weinsberger Granitkörper geschaffen. Letzterer wurde durch S. SCHARBERT (in FRANK et al., 1991) mit ca. 350 Ma datiert.

Im Sedimentbecken von Mähren scheint das Einsetzen der Transpressionsbewegungen im von DVORAK (1973) festgestellten Umschwung von regressiver Sedimentation im Ober-Devon zur Flyschbildung angezeigt zu werden. Das Überschieben des Moravikums durch das Moldanubikum und die moravischen Deckenbewegungen bewirkten die von DVORAK (1973, 1989) beobachtete Zunahme der Korngrößen und Sedimentmächtigkeiten im Ober-Visé und die beschleunigte Ostverlagerung der Beckenachse.

In diesem Zusammenhang ist die Aussage DVORAKS von Interesse, daß das devonisch-karbone Sedimentbecken gegen S endete. Dies spricht gegen ein Weiterstreichen der Moravischen Zone gegen S in die Alpen oder gegen W ins Bavarikum, wie von mir angenommen (FUCHS, 1976). Die sich E-W erstreckende Rheno-

herzynische Zone wurde anscheinend im Bereiche der NNE-gerichteten Transpressionstektonik gebogen und östlich dieses rechtssinnigen Lineaments bloß weiter nach S versetzt.

Wenn das Moldanubikum somit nicht als starres Zwischengebirge allseitig von mehr oder weniger zusammenhängenden mobilen Zonen unterteuft wird, das Moravikum und Bavarikum also nicht zusammenhängen, ergibt sich die Frage, wie letzteres zu verstehen ist.

Die im Bayrischen Wald, Mühlviertel und Sauwald aufgeschlossene, NW-SE-steichende Zone, welche ich als Bavarikum bezeichnet habe, stellt eine weitere Kompressionszone dar. In einem breiten Orogenstreifen wird hier das Moldanubikum Südböhmens in rechtem Winkel geschnitten, in die NW-SE-Richtung eingeregelt und fast vollständig umkristallisiert (Perlgneisbildung). Es entstand so ein neues Kristallin, das mit dem Moldanubikum, welches in der Böhmerwald- und Mühlzone das Ausgangsgestein bildete, nichts mehr gemein hat. Wir können die NE-abtauchende Subduktionszone studieren, wissen aber nicht, welcher Block hier mit dem Moldanubikum kollidierte. Ein Hinweis auf subduzierte ozeanische Kruste fehlt. Das Alter der Kollisionszone ist variszisch, eindeutig jünger als der Bau des Moldanubikums Südböhmens.

Die Granitoide des Moldanubischen Plutons und die ihm vorgelagerten Durbachitstöcke von Třebíč und Rastenbergr sind posttektonisch in die umgebenden moldanubischen Gesteinsserien intrudiert und zeigen im allgemeinen scharfe Kontakte. Auch in Südböhmen verhalten sich Durbachitstöcke diskordant zur Granulitserie (FIALA et al., 1987). Der Moldanubische Pluton wird als Folge der Subduktion des Moravikums gesehen (FUCHS, 1976; NEUBAUER, 1991), die Magmatite erscheinen, genetisch an die tektonische Zone des Grenzgebiets Moldanubikum/Moravikum gebunden zu sein.

Im Bavarikum hingegen sind die Weinsberger Granite durch weite Migmatitäreale unscharf von ihrer Umgebung abgegrenzt, zeigen Schieferung und sind als synorogene Körper straff in den NW-SE-Bau eingeregelt. Auch die etwas jüngeren Diorite I sind noch deutlich synorogen (FUCHS, 1962). Erst die Diorite II und Feinkorngranite (Mauthausener Granit u.s.w.) sind ungeschiefert und durchschlagen diskordant die umgebenden Gesteine. Die Ausbildung der Magmatite in ihrer Altersreihe vom Weinsberger zu Eisgarner Granit gibt somit deutlich den Zeitpunkt an, wann im Bavarikum die Falten tektonik endete. Danach waren noch in der Längsrichtung des Orogens rechtssinnige Seitenverschiebungen aktiv (Pfahl-, Donau-Störung). Außer diesen NW-SE-Störungen entwickelten sich auch NE-SW-streichende Blattverschiebungen. Dieses Störungssystem, besonders in alpidischer Zeit wiederbelebt, ist z. T. bis in die Gegenwart aktiv (Diendorfer Störung).

6. Schlußfolgerungen

In Kernbereichen entlang der Narbenzone des zweiseitig gebauten variszischen Gebirges Mitteleuropas – setzte die Orogenese bereits in kaledonischer Zeit mit HT/MP-HP-Metamorphose und ersten Deckenverschiebungen, vor allem in der Unterkruste ein. Damals

entstand der Deckenbau des Moldanubikums, welches dem Südostarm des Orogens angehört. Diese Kollisionszone an der Gebirgsnarbe scheint eine N-abtauchende Subduktionszone zu markieren.

In variszischer Zeit werden die äußeren Gebirgszonen angegliedert. Im Bereich der östlichen Böhmisches Masse ist eine NNE-gerichtete, rechtssinnige Transpressionszone während der Regionalmetamorphose aktiv. Sie bewirkt eine Biegung des E-W-verlaufenden Orogens mit Verzerrung vor allem im bereits konsolidierten Moldanubikum. Die S-Vergenz wird so in Mähren und im Waldviertel in W-Vergenz umgeschleppt. Raummangel in den Kernbereichen des entstehenden Gebirgsbogens führt schließlich zur Moldanubischen Überschiebung und zum moravischen Deckenbau (noch während MP/LT-MT-Metamorphose). Der Moldanubische Pluton wird als Folge der Unterschiebung des Moravikums gesehen. Am SW-Rand der Böhmisches Masse an einer NW-SE-verlaufenden, NE-abtauchenden Subduktionszone kommt es im späteren Verlauf der variszischen Gebirgsbildung zur Kollision. Das Barvarikum entsteht unter Aufarbeitung der angrenzenden moldanubischen Zonen Böhmens.

In diesem zunächst bloß skizzenhaften Bild der Entwicklung zeigt sich bereits klar, daß die Böhmisches Masse mehrphasig entstanden ist. Ihre bewegte Geschichte ist wohl kaum in der variszischen Ära allein unterzubringen, wie neuerdings häufig postuliert wird.

Literatur

- ARNOLD, A. & SCHARBERT, H. G.: Rb-Sr-Altersbestimmungen an Granuliten der südlichen Böhmisches Masse in Österreich. – Schweiz. Min. Petr. Mitt., **53**, 61–78, Zürich 1973.
- BEHR, H.-J.: Subfluenz-Prozesse im Grundgebirgs-Stockwerk Mitteleuropas. – Z. dt. geol. Ges., **129**, 283–318, Hannover 1978.
- BEHR, H.-J. & WEBER, K.: Subduktion oder Subfluenz im mitteleuropäischen Varistikum? – Berliner Geol. Abh. Reihe A., **19**, 22–23, Berlin 1980.
- BLÜMEL, P.: Aufbau, Metamorphose und geodynamische Deutung des Variszischen Grundgebirges im Bereich der Bundesrepublik. – Jb. RUB Publ. Nr. **367**, Inst. f. Min., 169–201, Bochum 1982.
- CARSWELL, D. A.: Variscan high P-T metamorphism and uplift history in the Moldanubian Zone of the Bohemian Massif in Lower Austria. – Eur. J. Mineral., **3**, 323–342, 1991.
- CARSWELL, D. A. & JAMTVEIT, B.: Variscan Sm-Nd ages for the high-pressure metamorphism in the Moldanubian Zone of the Bohemian Massif, Lower Austria. – N. Jb. Miner. Abh. **162/1**, 69–78, Stuttgart 1990.
- DAVIS, G. L. & SCHREYER, W.: Altersbestimmungen an Gesteinen des ostbayerischen Grundgebirges und ihre geologische Deutung. – Geol. Rdsch., **52**, H. 1, 146–169, Stuttgart 1962.
- DORNSIEPEN, U. F.: Rb/Sr Whole Rock Ages within the European Hercynian. A Review. – Krystalinikum, **14**, 33–49, Prague 1979.
- DVORAK, J.: Synsedimentary tectonics of the Palaeozoic of the Drahaný Uplands (Sudeticum, Moravia, Czechoslovakia). – Tectonophysics, **17**, 359–391, Amsterdam (Elsevier) 1973.
- DVORAK, J.: Beziehungen zwischen Tektonik und Paläogeographie im mährischen Karbon. – Geol. Jb. Hessen, **117**, 37–51, Wiesbaden 1989.
- DVORAK, J.: Geology of Palaeozoic sediments of the deep borehole Jablunka 1 (Beskydy Mts., NE Moravia) – comparison with the deep borehole Münsterland 1. – Sbor. geol. věd, Geologie, **45**, 65–90, Praha 1990.
- FIALA, J., MATEJOVSKA, O. & VANKOVA, V.: Moldanubian granulites and related rocks: petrology, geochemistry and radioactivity. – Roz. CSSR Akad. Ved, **97/1**, 1–102, Prague 1987.
- FINGER, F.: Die synorogenen Granitoide und Gneise des Moldanubikums im Gebiet der Donauschlingen bei Obermühl (Oberösterreich). – Jahrb. Geol. B.-A., **128/3+4**, 383–402, Wien 1986.
- FISCHER, G.: Der Bau des Vorderen Bayerischen Waldes. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F., **41**, 1–22, Stuttgart 1959.
- FISCHER, G. & TROLL, G.: Bauplan und Gefügeentwicklung metamorpher und magmatischer Gesteine des Bayerischen Waldes. – Geol. Bavar., **68**, 7–44, München 1973.
- FRANK, W., HAMMER, St., POPP, F., SCHARBERT, S. & THÖNI, M.: Isotopengeologische Neuergebnisse zur Entwicklungsgeschichte der Böhmisches Masse – Proterozoische Gesteinsserien und variszische Hauptorogenese. – (im Druck) 1991.
- FRITZ, H.: Tectonics along the southeastern Margin of the Bohemian Massif. – Abstracts geol. Workshop Moravian Windows, Mor. Krumlov 1991.
- FUCHS, G.: Zur Altersgliederung des Moldanubikums Oberösterreichs. – Verh. Geol. B.-A. **1962/1**, 96–117, Wien 1962.
- FUCHS, G.: Zur Tektonik des östlichen Waldviertels (N. Ö.). – Verh. Geol. B.-A., **1971**, 424–440, Wien 1971.
- FUCHS, G.: Zur Entwicklung der Böhmisches Masse. – Jahrb. Geol. B.-A., **119**, 45–61, Wien 1976.
- FUCHS, G.: Zur Diskussion um den Deckenbau der Böhmisches Masse. – Jahrb. Geol. B.-A., **129/1**, 41–49, Wien 1986.
- FUCHS, G.: The Moldanubicum – an old Nucleus in the Hercynian Mountain Ranges of Central Europe. – Festive Vol. Thirty years of geol. cooperation between Austria and Czechoslovakia, 256–262, Vienna – Prague 1990.
- GEBAUER, D. & GRÜNENFELDER, M.: U-Pb-Zircon and Rb-Sr whole-rock dating of low-grade metasediments. Example: Montagne Noire (Southern France). – Contr. Mineral. Petrol., **59**, 13–32, Berlin (Springer) 1976.
- GÖTZINGER, M. A.: Mineralogische Untersuchungen des Magnetitvorkommens Kottaun bei Geras, niederösterreichisches Moldanubikum. Ein Beitrag zur Genese von Skarnen. – Sitzber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., Abt I, **190**, 45–78, Wien 1981.
- GRAUERT, B., HÄNNY, R. & SOPTRAJANOVA, G.: Geochronology of a polymetamorphic and anatectic gneiss region: The Moldanubicum of the Area Lam-Deggendorf, Eastern Bavaria, Germany. – Contr. Min. Petr. **45**, 37–63, Heidelberg 1974.
- HÖDL, M.: Petrologie und Geochemie des Rehberger Amphibolites im niederösterreichischen Moldanubikum. – Diss. Form. u. Natw. Fak. Univ. Wien 1985.
- HÖGELSBERGER, H.: Petrologie der Marmore und Kalksilikatgesteine der Bunten Serie (Niederösterreichisches Moldanubikum). – Diss. Form. u. Natw. Fak. Univ. Wien 1987.
- HÖGELSBERGER, H.: Die Marmore und Kalksilikatgesteine der Bunten Serie – Petrologische Untersuchungen und geologische Konsequenzen. – Jahrb. Geol. B.-A., **132**, 213–230, Wien 1989.
- JAROŠ, J. & MISAŘ, Z.: Deckenbau der Svratka-Kuppel und seine Bedeutung für das geodynamische Modell der Böhmisches Masse. – Sbor. geol. věd; Geologie, **26**, 69–82, Prag 1974.
- KRÖNER, A., WENDT, I., LIEW, T. C., COMPSTON, W., TODT, W., FIALA, J., VANKOVA, V. & VANEK, J.: U-Pb-zircon and Sm-Nd model ages of high-grade Moldanubian metasediments, Bohemian Massif, Czechoslovakia. – Contrib. Mineral. Petrol., **99**, 257–266, Berlin (Springer) 1988.

- MATTE, Ph., MALUSKI, H., RAJLICH, P. & FRANKE, W.: Terrane boundaries in the Bohemian Massif: Result of large-scale Variscan Shearing. – *Tectonophysics*, **177**, 151–170, Amsterdam (Elsevier) 1990.
- NEUBAUER, F.: Evolution of the southeastern Moldanubian region. – Abstracts, geol. Workshop Moravian Windows, Mor. Krumlov 1991.
- PETRAKAKIS, K.: Metamorphism of high grade gneisses from the Moldanubian Zone, Austria, with particular reference to the garnets. – *J. metam. Geol.*, **4**, 323–344, 1986.
- PETRAKAKIS, K.: Metamorphic formations of the Moldanubian Crystalline complex in Lower Austria: an Overview. – im Druck, 1991.
- SCHARBERT, S.: Radiometrische Alterswerte. – In: R. OBERHAUSER (Wiss. Red.): *Der Geologische Aufbau Österreichs*. – Wien (Springer) 1980.
- SCHULMANN, K., LOBKOWICZ, M., & MELKA, R.: Contrasting structural patterns in the basement, lower and upper allochthonous units at the northern termination of the Dyje Dome. – Abstracts geol. Workshop Moravian Windows, Mor. Krumlov 1991.
- SUCESS, F. E.: Bau und Bild der Böhmisches Masse. – In: C. DIENER et al.: *Bau und Bild Österreichs*, 322 S., Wien (Verlag Tempsky-Freytag) 1903.
- SUCESS, F. E.: Die moravischen Fenster und ihre Beziehung zum Grundgebirge des Hohen Gesenke. – *Österr. Akad. Wiss., mathem.-naturw. Kl., Denkschr.* **88**, 541–631, Wien 1912.
- THIELE, O.: Ein westvergenger kaledonischer Deckenbau im niederösterreichischen Waldviertel? – *Jahrb. Geol. B.-A.*, **119**, 75–81, Wien 1976.
- THIELE, O.: Zum Deckenbau und Achsenplan des Moldanubikums der südlichen Böhmisches Masse (Österreich). – *Jahrb. Geol. B.-A.*, **126/4**, 513–523, Wien 1984.
- TOLLMANN, A.: Großräumiger variszischer Deckenbau im Moldanubikum und neue Gedanken zum Variszikum Europas. – *Geotekt. Forsch.*, **64**, 91 S., Stuttgart 1982.
- TOLLMANN, A.: *Geologie von Österreich. Band II*. – 710 S., Wien (Deuticke) 1985.
- VAN BREEMEN, O., AFTALION, M., BOWES, D. R., DUDEK, A., MIŠAŘ, Z., POVONDRA, P. & VRANA, S.: Geochronological studies of the Bohemian Massif, Czechoslovakia, and their significance in the evolution of Central Europe. – *Transact. Royal Soc. Edinburgh, Earth Sc.*, **73**, 89–108, Edinburgh 1982.
- ZAYDAN, A. & SCHARBERT, H. G.: Petrologie und Geochemie moldanubischer metamorpher Serien im Raume Persenbeug (südwestliches Waldviertel). – *Jahrb. Geol. B.-A.*, **126/1**, 181–199, Wien 1983.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 18. Oktober 1991.