



Die paläozoische Tethys: Fakten, Fiktionen, Fragen

Von Helmut W. FLÜGEL*

Mit 2 Abbildungen und 3 Tabellen

Zusammenfassung

Die Arbeit versucht der Frage nachzugehen, was von der Idee von Eduard SUESS einer paläozoischen Tethys, speziell im südeuropäischen Raum aus plattentektonischer Sicht geblieben ist. Vor allem großräumige, paläomagnetische Daten des Jungpaläozoikums sind eine starke Stütze für die Ansicht von E. SUESS. Im einzelnen erschwert in diesem Raum jedoch die alpidische Plattendrift die Rekonstruktion der paläogeographischen Entwicklung des Paläozoikums sehr. Paläobiogeographische Daten sind oft mehrdeutig und lassen keinen gesicherten Schluß zu, während paläomagnetische Untersuchungen vor allem in den älteren Schichtfolgen weitgehend fehlen. Dazu kommt, daß wir auch mit variszischer Plattendrift und Plattentektonik rechnen müssen, was schon während des Paläozoikums zu einer räumlichen Verlagerung der heute innerhalb des alpin-mediterranen Gebirgsgürtels eingebauten variszischen Areale geführt haben dürfte. Die von E. SUESS aufgeworfene Frage der Existenz einer paläozoischen „Proto-Tethys“ erlangt so im Lichte der Plattentektonik große aktuelle Bedeutung.

Summary

In connection with the question of the Variscic plate tectonics in Europe emerged the problem of the existence of a Paleozoic oceanic Tethys separating Laurasia and Baltica in the North from Gondwana in the South. The biogeographic data allow no clear evidence in this respect. Palaeomagnetic hints point strong to the existence of an ocean during the Ordovician, Silurian and partly Devonian time. At present the main problem is the position of the central and south parts of Europe during this time. More than one models were published to clear this question. They are different in the position of this regions, in the number of the oceans (Tab. 2, 3), in the questions of the existence of a subduction-zone and their dip (Fig. 1), the course of a Variscic suture and so on. On the other side strong objects exist against the opinion of such a Mid-European ocean in the first

* Adresse des Verfassers: Prof. Dr. Helmut W. FLÜGEL, Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Graz, Heinrichstr. 26, A-8010 Graz

line, advocate by geologist, who know by their own work the German part of the Variscic geosyncline.

Unsolved is also the problem of the existence of a Proto-Tethys between Central-Europe or South-Europe and Gondwana during the Devonian and partly Carboniferous time and the question of the position of a possible Variscic suture within the Alpine Mediterranean mountain belt. The Alpine plate-drift and nappe tectonics complicate these problems. Therefore different opinions exist about the Prealpidic, Late Paleozoic position of the Variscic folded areas, within this belt (Fig. 2). Even if we had an answer on this question we would however not yet know the primary position of the Paleozoic areas before the Variscic plate drift and tectonics. Therefore we must wait for new and exact facts. In the first line we need more palaeomagnetic hints about the Older Paleozoic sequences, before it will be possible to replace the present fictions by a new paradigm.

Inhalt

Vorwort	84
Historisches zum Begriff Tethys	85
Grundsätzliches zur Rekonstruktion von Paläoozeanen	86
Die Entwicklung der Vorstellungen über die paläozoische Tethys	87
Das Problem der plattentektonischen Deutung des mitteleuropäischen Variszikums	90
Zur Frage der variszischen Plattentektonik im südeuropäischen Raum	91
Zusammenfassende Übersicht	94
Literaturverzeichnis	96

Vorwort

Eingeladen vom Herausgeber des „Natural Science“, seine Ansichten zur Frage der Permanenz großer Ozeantiefen darzulegen, gab E. SUESS 1893 einem einstigen mediterranen „Great and deep ocean“ den Namen Tethys. In den letzten Jahren wurde verschiedentlich diskutiert, ob Mitteleuropa während einzelner Zeitabschnitte des Paläozoikums durch einen derartigen Ozean geteilt war bzw. ob ein (weiterer) Ozean Südeuropa von Gondwana trennte. Letztgenannte Frage berührt auch die Entwicklung des alpinen Europa. Bereits 1972 wurde daher mit Unterstützung des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt 1588, 2207, 3326) mit Untersuchungen zur Klärung einiger damit zusammenhängender Probleme begonnen. Da sich rasch zeigte, daß hierfür internationale Zusammenarbeit nötig ist, entwickelte sich aus diesem Programm das IGCP-Projekt Nr. 5 „Correlation of the Prevariscan and Variscan events of the Alpine-Mediterranean mountain belts“. An ihm sind derzeit 16 Staaten (Algerien, Bulgarien, ČSSR, die Deutsche Bundesrepublik, England, Frankreich, Griechenland, Italien, Österreich, Rumänien, die Schweiz, die Sowjetunion, Spanien und die Türkei) mit rund 180 Mitarbeitern beteiligt. Ziel dieser Arbeiten ist es, zu einem Bild der paläogeographischen Entwicklung dieses Raumes vor und bis zur Bildung der Pan-

gea – falls diese durch die variszische Orogenese erfolgte – zu kommen und die Frage der Natur und Bedeutung einer „Proto-Tethys“ zu klären (FLÜGEL 1978b).

Historisches zum Begriff Tethys

Zoogeographische Überlegungen führten NEUMAYR 1883 zur Vorstellung, daß während des Jura und der Kreide meridionale Faunenprovinzen existierten. Dies war Ausgangspunkt für eine paläogeographische Karte des Jura, in der NEUMAYR 1887 zwischen einem südlichen und einem nördlichen Kontinent ein „zentrales Mittelmeer“ annahm, welches vom Pazifik über Europa zum Indik verlief. Es ist dies die Tethys von E. SUESS 1893 (vgl. JENKYNs 1980), der in ihr „A great ocean which once stretched across part of Eurasia“ sah. 1901 verknüpfte er diesen „großen paläozoischen, mesozoischen und tertiären Ozean“ zwischen Gondwana und dem Angara-Kontinent mit der Entwicklung des alpinen Gebirges. Diese zeitliche Bindung an ein Orogen führte dazu, daß die Tethys meist als eine mesozoische Geosynklinale aufgefaßt wurde. Eine Ausnahme hiervon machte STILLE, der, der ursprünglichen Vorstellung folgend, dieses Meer als eine durch den „algonkischen Umbruch“ entstandene Urgeosynklinale zwischen Gondwana und Laurentia betrachtete (STILLE 1949: 159), die durch die kaledonische, variszische und alpidische Faltung eingeengt wurde. In diesem Zusammenhang sprach er 1951: 103 für den variszischen Zeitabschnitt von einer „Paläotethys“. Er griff damit unbewußt auf einen Begriff von F. KAHLER 1939 zurück, den dieser für die permischen Wanderwege der ostasiatischen Faunen geprägt hatte.

Mit dem Durchbruch mobilistischer Ideen änderte sich neben dem zeitlichen auch der räumliche Inhalt des Tethysbegriffes, vor allem nachdem BULLARD et al. 1965 durch das Aneinanderpassen der Kontinente den „Urkontinent Pangäa“ als eine hufeisenförmige Großplatte darstellte, die gestaltlich an die Insel „Utopia“ von Thomas MORUS von 1516 erinnerte. Damit wurde die mesozoische Tethys von einem „zentralen Mittelmeer“ zu einer im Westen geschlossenen keilförmigen Ozeanbucht.

Das Paradigma entstehender und vergehender Ozeane von WILSON 1966 führte bald zu nomenklatorischen Problemen, da sich zeigte, daß auch die Tethys möglicherweise nur ein Ozean unter mehreren räumlich und zeitlich verschiedenen war. Die Folge davon war eine Verwirrung der Begriffe, wobei oft gleiche Namen für Verschiedenes und verschiedene Namen für Gleiches verwendet wurden (vgl. Tabelle 1).

Zu Beginn der siebziger Jahre tauchte die Frage auf, ob diese Pangea tatsächlich ein vormesozoischer „Urkontinent“ sei (ENGEL & KELM 1972, BOUCOT & GRAY 1976; vgl. auch S. 87), oder ob eine prämesozoische Tethys mit einer variszischen Entstehung der Pangäa durch Plattenkollision und teilweiser bzw. völliger Konsumation dieses älteren Ozeans zu verknüpfen sei. Die Anregungen hierzu kamen von der Paläobiogeographie bzw. der Paläomagnetik.

Bereits 1966 hatte WILSON den Unterschied zwischen der atlantischen und pazifischen Trilobitenfauna mit der Existenz eines präkambrischen bis kambrischen „Proto-Atlantik“ (= Iapetus HARLAND & GAYER 1972) erklärt, dessen Subduktion zur Bildung der Kaledoniden bzw. Appalachen führte (DEWEY 1969). In ähn-

lichem Sinn konnte WHITTINGTON 1966, gleichfalls gestützt auf Trilobitenfaunen, für das Ordovizium Europas eine nördliche und eine südliche Faunenprovinz wahrscheinlich machen. 1972 erklärte WHITTINGTON & HUGHES dies durch die Annahme einer Südeuropa von Gondwana trennenden „Proto-Tethys“. (Unabhängig davon verwendete im gleichen Jahr FLÜGEL 1972 diesen Namen in der Diskussion der paläozoischen Paläogeographie des vorderasiatischen Raumes aus plattentektonischer Sicht. Erstmals finden wir den Begriff bei DEWEY et al. 1970 für einen mit dem Proto-Atlantik im Raum der heutigen Ostsee sich vereinigen- den ordovizischen Ozean.)

	Paläozoikum	Ozeane ab Trias	O. Trias/Jura
Dewey et al. 1973 Smith 1973 Stöcklin 1974 Herz & Savu 1974 Aubouin 1976 Frisch 1977 Laubscher & Bernoulli 1977; Hsü 1978; Argyriadis 1978; Bernoulli & Lemoine 1980	Tethys Paläotethys	Tethys 1 Tethys permanent Mesogea Tethys Paläotethys	Tethys 2-9 Proto-Mediterranean Neotethys Siret ocean recreated Mesogea = Tethys S-penn. Ozean N-penn. Ozean Tethys

Tabelle 1: Die zeitlich unterschiedenen mesozoischen Ozeane und ihre Bezeichnung im Bereich der „Proto-Tethys“ (vgl. Tab. 2 und S. 89)

Grundsätzliches zur Rekonstruktion von Paläoozeanen

Die Frage, wieweit Paläoozeane sich in biogeographischen Provinzen widerspiegeln (BURRETT 1973), ist ebenso umstritten wie das Problem ihrer Interpretation. Während etwa BURRETT & RICHARDSON 1980 für das Kambrium bzw. Ordovizium und BERRY 1972 für das tiefere Ordovizium die Annahme vertraten, daß die genannte Verteilung der Trilobitenfaunen nicht ohne die Annahme eines Proto-Atlantik erklärbar ist, glaubten z. B. TAYLOR & FORESTER 1979 diese Unterschiede auf Temperaturschichtungen des Wassers zurückführen zu können. Widersprüche in der Literatur lassen kein sicheres Bild gewinnen. So zeigen zum Beispiel im Silur – für das vielfach die Dominanz kosmopolitischer Faunen angenommen wird (BOUCOT 1974, PICKETT 1975) – die Acritarchen Europas deutliche Unterschiede zwischen einer nördlichen und einer südlichen Provinz (CRAMER 1969), wohingegen nach JAEGER 1976 und BERRY 1976 die Graptolithenfaunen ein einheitliches Muster lieferten, was nach DEWEY et al. 1970 im Ordovizium noch nicht der Fall sein soll. Heute noch wenig diskutierte und untersuchte Faktoren, die bei der larvalen Verbreitung und damit der Entwicklung von Faunenprovinzen eine wichtige Rolle spielen, wie Wassertemperatur und Temperaturschichtung, Sauerstoffschichtung (vgl. BERRY & WILDE 1978), Kalt- und Warmwasserströmungen und ihre Veränderungen (vgl. BERGGREN & HOLLISTER 1977), die Windrich-

tung in ihrem Einfluß auf Strömungen (vgl. DREWRY et al. 1974), lokale Festlandsbarrieren und Meeresstraßen, nicht zuletzt die Lebensdauer von Larven usw. usw. spielen bei der Frage kosmopolitischer Besiedlung oder Provinzialismus eine wichtige Rolle.

Die Schwierigkeiten, die eine Berücksichtigung und Erkennung dieser und ähnlicher Faktoren mit sich bringen, zeigen Versuche in dieser Richtung, wie etwa die von JELL 1974 und ROSS 1973 für das Kambrium, ORMISTON & ROSS 1976 für das Ordovizium, ZIEGLER et al. 1977 für das Silur oder HECKEL & WITZKE 1979 bzw. ELDREDGE & ORMISTON 1976 für das Devon. Es ist daher verständlich, wenn BABIN et al. 1980 zur Vorsicht hinsichtlich der Aussagekraft biogeographischer Angaben bei der Rekonstruktion vergangener Meere und Ozeane mahnen. Darüber hinaus sagt der Nachweis von durch Paläomeere getrennter einstiger Faunenprovinzen nichts darüber aus, ob es sich hierbei um ein Meer über kontinentaler Kruste handelte, oder ob dieses Meer ein später subduzierter Ozean war. (BURRETT 1973 wies auf die Notwendigkeit hin, begrifflich zwischen Ozean über ozeanischer Kruste und Meer – sea – über kontinentaler Kruste zu unterscheiden, was freilich nicht leicht sein dürfte.)

Die Entwicklung der Vorstellungen über die paläozoische Tethys

Auch in den Kreisen der Paläomagnetik entwickelte sich in den späten sechziger Jahren die Diskussion, ob die Pangäa erst im Jungpaläozoikum durch Plattendrift entstanden sei (BULLARD 1964), oder ob sie bereits seit dem frühen Paläozoikum existierte (CREER 1970). Die zunehmende Datenzahl führte dazu, daß die erstgenannte Vorstellung rasch an Boden gewann. Damit wuchs auch die Ansicht, daß die Grundlage paläogeographischer Karten der vormesozoischen Zeit nicht die mesozoische Pangäa in der Rekonstruktion von BULLARD et al. 1965 und schon gar nicht die heutige Kontinentalverteilung sein kann und daß es daher notwendig ist, für die verschiedenen Zeitabschnitte des Paläozoikums andere Kartenunterlagen zu schaffen. Versuche in dieser Hinsicht stammen von SMITH et al. 1970, SEYFERT & SIRKIN 1973, BRIDGE et al. 1973, SCOTese 1976, IRWING 1977, KANASEWICH et al. 1978 MORRELL & IRWING 1978, SCOTese et al. 1979, ZIEGLER et al. 1979, SCOTese 1979 sowie HECKEL & WITZKE 1979. Grundlagen für diese Karten waren nicht allein paläomagnetische Anhaltspunkte, sondern auch paläoklimatologische, paläobiogeographische sowie geotektonische Überlegungen.

Im europäischen Raum zeigen diese Karten einen Ozean zwischen Gondwana und Nordeuropa, der im Karbon durch Plattenkollision mit Bildung der Pangäa teilweise oder völlig eliminiert wurde. Dieser Ozean wird – soweit dies die Entwürfe erkennen lassen – zwischen Nordeuropa und einem mit Gondwana vereinigten Südeuropa angenommen. Er entspricht damit einem mitteleuropäischen Ozean. Prüft man jedoch die paläomagnetischen Daten, die den Autoren für ihre Rekonstruktionen zur Verfügung standen (vgl. SCOTese et al. 1979, MORRELL & IRWING 1978), dann zeigt sich, daß für das Altpaläozoikum aus dem südeuropäischen Bereich fast keine Angaben vorlagen. Umso wichtiger ist daher die Untersuchung von VAN DER VOO et al. 1980, nach der das armorikanische Massiv, welches während des späten Präkambriums noch zu Gondwana gehörte, bereits im

höheren Devon nördlich eines Baltica und Gondwana trennenden Ozeans gelegen war. Dies würde bedeuten, daß nach dem Kambrium und vor dem höheren Devon sich eine Platte von Gondwana löste und als selbständige Einheit gegen Baltica driftete. Für diesen Zeitraum wäre demnach ein nördlicher, mitteleuropäischer und ein südlicher, südeuropäischer Ozean anzunehmen. Ersterer verschwand im höheren Devon, letzterer durch Kollision von Gondwana mit der vergrößerten baltischen Platte im Karbon, wobei die „Paläotethys“ vielleicht als nicht subduzierter Rest dieses paläozoischen Ozeans aufgefaßt werden könnte.

Diese Vorstellung trifft sich mit verschiedenen plattentektonischen Spekulationen über die Entwicklung der europäischen Varisziden, die während des letzten Dezensiums geäußert wurden. Bereits 1969 hatte DEWEY, 1970 BIRD & DEWEY 1971 SCHENK die Vorstellung eines Proto-Atlantik zu einem plattentektonischen Modell für die Kaledoniden und Appalachen ausgebaut. In ähnlichem Sinn hatte 1970 HAMILTON den Ural und 1971 OVERSBY die Tasman-Geosynklinale Australiens zu deuten versucht. Es lag daher nahe, auch für das europäische Variszikum ähnliche Überlegungen durchzuführen. Dies erfordert jedoch die Annahme eines variszisch subduzierten paläozoischen Ozeans. Bei der Suche nach einer, dessen Position andeutenden Sutur (DEWEY 1977), boten sich zwei, bei ihrer Verknüpfung auch drei Möglichkeiten an, wobei die früher genannten biogeographischen und paläomagnetischen Indizien eine Stütze derartiger Überlegungen waren.

Die eine Möglichkeit ergab sich aus der Gliederung des mitteleuropäischen Variszikums durch KOSSMAT 1927, die zwischen dem Rhenohertzynikum und dem Saxothuringikum respektive der Mitteldeutschen Schwelle eine als Sutur deutbare Diskontinuität der Entwicklung zeigte, während die andere Möglichkeit die war, die gesuchte Sutur in den Bereich des alpidischen Europas zu verlegen. Dies entloh vor allem die Autoren genauer nach ihrer Lage zu suchen. Die einzelnen angebotenen Modelle unterschieden sich dabei vor allem hinsichtlich des Alters der Ereignisse, der genauen Lage der Suturen sowie der Art und Richtung der Subduktion und des entstehenden Gebirgstypus. Die dabei diskutierten Möglichkeiten ergeben sich aus Tabelle 2 bzw. Abbildung 1.

1. Ein Ozean-Modell

A. Mitteleuropäischer Ozean:

Burrett 1972, Mc Kerrow & Ziegler 1972, Burne 1973*, Johnson 1973, Anderson 1975, Burke et al. 1977, Burrett & Griffiths 1977, Crowell 1978, Sawkind & Burke 1980

B. Südeuropäischer Ozean („Proto-Tethys“)

Nicolas 1972, Floyd 1972, Nicholls & Lorenz 1973, Carvalho 1973*, Bard et al. 1973, Hurley et al. 1974*, Bebien et al. 1977, Bard 1977*, Vai 1979, Lefort 1979*

2. Zwei-Ozean-Modelle

Laurent 1970, Laurent 1972, Dewey & Burke 1973, Riding 1974, Badham & Halls 1975, Lorenz 1976, Lorenz & Nicholls 1976, Johnson 1978, Bard et al. 1980

Tabelle 2: Plattentektonische Modelle zur Entstehung des europäischen Variszikums (* Sonderfälle).

Diese Überlegungen führten ähnlich wie bei der mesozoischen Tethys auch für die paläozoischen Ozeane zu einer nomenklatorischen Verwirrung (Tabelle 3).

Die in den beiden Tabellen 1 und 3 gezeigte uneinheitliche Begriffsfassung sollte einer klaren Nomenklatur weichen. Der historischen Entwicklung und dem meist verwendeten Gebrauch Rechnung tragend, wird im folgenden der Name Tethys (SUESS 1893) als Sammelbezeichnung für die im Zuge der alpidischen Entwicklung, vor allem im Jura, sich neu entwickelnden Ozeane verwendet. Entsprechend der

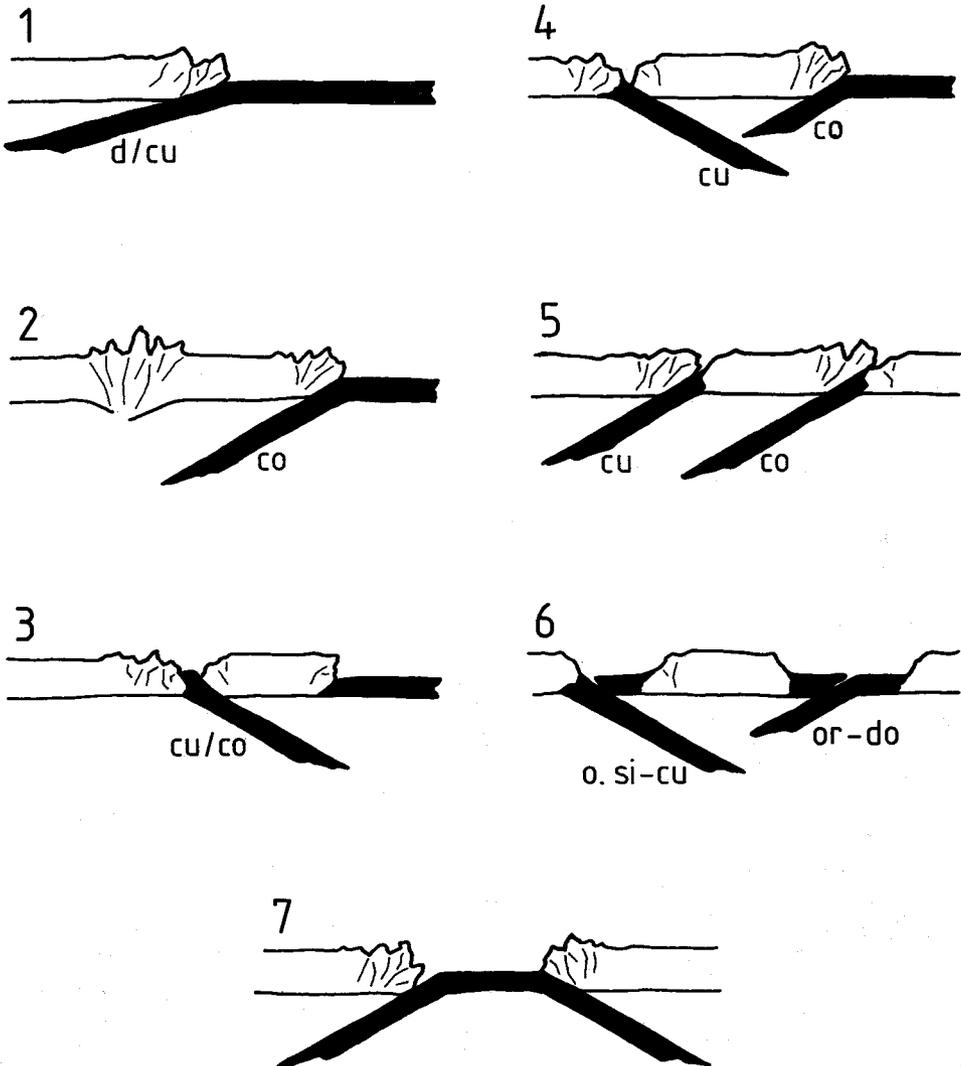


Abb. 1: Modelle variszischer Plattentektonik in Europa: 1. Floyd 1972, Nicollas 1972. 2. Vai 1979. 3. Johnson 1973, Anderson 1975. 4. Laurent 1972, Dewey & Burke 1973, Bardham & Halls 1975, Lorenz 1976. 5. Riding 1974. 6. Bard et al. 1980. 7. Burrett 1972, Burrett & Griffiths 1977.

ursprünglichen Vorstellung könnte die Bezeichnung Paläo-Tethys (KAHLER 1939) für die älteren Anteile des mesozoischen Ozeans ab der Permotrias Anwendung finden. Für das paläozoische Mittelmeer nördlich des Gondwana-Kontinents sollte der Begriff Proto-Tethys (DEWEY et al. 1970) vorbehalten sein, wobei man für einen eigenständigen ozeanischen Gürtel im Bereich der variszischen Geosynklinale südlich von „Paläoeuropa“ auf den Namen „Mittleuropäischer Ozean“ (WHITTINGTON & HUGHES 1972) zurückgreifen könnte.

	Ozean in nördlicher Position	Ozean in südlicher Position
Laurent 1970	Saxo-Thuringian	Old Indian Ocean
Laurent 1972	Ocean	Proto-Mediterranean
Floyd 1972	—	Tethys
Whittington & Hughes 1972	Mid European	Proto-Tethys
Nicols 1972	—	Tethys
Burnett 1972	Mid European Ocean	—
Mc Kerrow & Ziegler 1972	Rheic Ocean	—
Ziegler 1972	Mid European Ocean	Tethys
Johnson 1973	—	Tethys
Lorenz & Nicholls 1976	Mid European Ocean	Tethys
Burrett & Griffiths 1977	Mid European Ocean	Tethys
Irving 1979	Hercynian Ocean	Tethys
Tomcykova & Tomcyk 1979	Hercynian Ocean	Proto-Tethys
Vai 1979	—	Palaeo-Tethys
Bebien et al. 1977	Mer Medio-Européenne bzw. Rheic Ocean	Proto-Tethys

Tabelle 3: Die paläozoische Tethys: Vorstellung und Nomenklatur

Bereits 1970 hatten DEWEY et al. darauf hingewiesen, daß die geotektonische Geschichte des Paläozoikums sich in einem mobilen Belt zwischen der laurentischen, der baltischen und der afro-europäischen Platte abspielte, wobei im Bereich des heutigen Ostseeraums ein Triple junction des Iapetus westlich von Laurentia und einer Proto-Tethys zwischen baltischer und afrikanischer Platte lag. SCHMIDT 1977 übernahm diese Vorstellung einer Y-förmigen mobilen Zone zwischen Europa, Gondwana und Amerika, wobei er im Sinne von BURKE & DEWEY 1973 den hohen geothermalen Gradient, der das Variszikum Mitteleuropas auszeichnet, durch die Annahme eines hot spot im Bereich dieser Triple junction erklärte. Dieses Modell wurde von ZWART & DORN SPIELEN 1978 weiter ausgebaut, wobei sie die cadomische, kaledonische und variszische Tektogenese als eine Folge von zeitlich und räumlich verschiedenen Bewegungen der drei genannten Platten mit Spreading und Kollision im Bereich des mobilen Belts erklärten. (In Weiterverfolgung wird dieser Gedanke im Sinne von SENGÖR et al. 1978 zur Vorstellung, daß das mitteleuropäische Variszikum aus einem atypischen, aulakogenen Seitenast des Iapetus entstanden sein könnte.)

Das Problem der plattentektonischen Deutung des mitteleuropäischen Variszikums

Das Problem der Einfügung des mitteleuropäischen Variszikums in ein plattentektonisches Konzept liegt vor allem darin, daß die meisten Modelle versuchten,

Vorstellungen, die an jungen Kettengebirgen erarbeitet worden waren, mehr oder minder kritiklos auf das Variszikum von Europa zu übertragen, obgleich dagegen mehrere Kriterien zu sprechen scheinen (ZWART 1967, 1976, ZWART & DORNSEIPEN 1978):

1. Eine sehr große ursprüngliche Breite des Orogens, die DORNSEIPEN 1978 auf 3000–5000 km schätzte, was weit über dem Betrag liegt, der auch unter Einfluß einer subduzierten ozeanischen Kruste für das alpine Orogen veranschlagt wird.
2. Das Auftreten einer relativ flachen Niederdruck-Metamorphose bei hohem geothermale Gradient, vor allem in Gebieten mit älterer Metamorphose, sowie das weitgehende Fehlen von Hinweisen auf eine entsprechende Hochdruck-Metamorphose, d. h. die Existenz eines paired metamorphic belt.
3. Eine starke Massierung von Migmatiten und seicht liegenden Intrusivgraniten (PERESKALINA 1978).
4. Ein weitgehendes Zurücktreten gesicherter variszischer Ophiolitfolgen, die als ozeanische Kruste deutbar wären.

Diese Schwierigkeiten führten neben Versuchen, den variszischen Bau Mitteleuropas durch Vertikaltektonik zu erklären (vgl. KREBS & WACHENDORF 1973), zu Überlegungen, das mitteleuropäische variszische Orogen im Sinne von STILLE als eine intrakontinentale Geosynklinale aufzufassen, jedoch mobilistisch durch intrakontinentale ensialische Subfluenz zu deuten (BEHR 1978, BEHR et al. 1980, WALLISER 1977, WEBER 1978), wodurch das Fehlen eines subduzierten, mitteleuropäischen Ozeans erklärbar wäre. Hierbei wurde von BEHR 1980 auch südlich der zwischen Moldanubikum und Zentralplateau sich erstreckenden polymetamorphen Kristallinzone eine nordfallende Subfluenzzone angenommen, die teilweise von den Alpen überdeckt sei. Dies würde bedeuten, daß auch südlich dieser Zone kein Ozean im Sinne einer Proto-Tethys existierte. Damit erhebt sich die Frage, ob für einen derartigen Ozean direkte Hinweise in Form einer Sutur, von Ophioliten oder erkennbaren Kontinentalrändern vorhanden sind.

Auch innerhalb des alpinen Paläozoikums fehlen ebenso wie im mitteleuropäischen Variszikum gesicherte Hinweise auf eine paläozoische Hochdruck-Metamorphose, einen paired metamorphic belt bzw. variszische Ophiolite. Als einziges Indiz für eine variszische Sutur wäre nach deutlichen Diskontinuitäten beiderseits erkennbaren oder durch die alpidische Tektonik maskierten Lineamenten zu fragen. In diesem Sinn wurde von HÖLL 1977 die Periadriatische Naht gedeutet, während FLÜGEL 1980 in der ursprünglichen Grenze Mittel-/Oberostalpin einen Anhaltspunkt auf eine durch den alpidischen Deckenbau verschleierte variszische Sutur für möglich hielt. Wir müssen jedoch bedenken, daß auch der Nachweis einer derartigen Sutur im Bereich des alpinen Paläozoikums nicht bedeutet, daß damit die Position eines einstigen Kontinentalrandes im Süden des mitteleuropäischen Kristallins bewiesen wäre.

Zur Frage der variszischen Plattentektonik im südeuropäischen Raum

Wir dürfen nicht außer Acht lassen, daß die alpidische Plattendrift das ursprüngliche Bild stark verändert und verzerrt haben kann und daß die Reste des

„paläodinarischen Gürtels“ von KOSSMAT, eingebaut in die alpinen Ketten, Bruchstücke eines Raumes sind, der vor der alpidischen Plattentektonik eine andere Position eingenommen hat als heute. Es ist daher notwendig, sich bei den Fragen Proto-Tethys und variszische Plattentektonik im südeuropäischen Raum auch mit dem alpidischen Geschehen zu beschäftigen. Dies macht nicht allein die Rückführung des alpidischen Deckenbaues notwendig, sondern darüber hinaus auch die Beachtung der alpidischen Plattendrift. Studiert man die umfangreiche Literatur über letztere, dann zeigt sich, daß hinsichtlich der permotriadischen Ausgangssituation der alpidischen Entwicklung, d. h. hinsichtlich der paläogeographischen Konfiguration, die durch das variszische Geschehen im mediterranen Raum geschaffen wurde, keine einheitliche Ansicht existiert.

Die geäußerten Vorstellungen zerfallen in vier Gruppen. Die erste umfaßt Arbeiten, die das variszisch gefaltete Areal als den einstigen Nordsaum der Paläotethys betrachteten. Ein Vertreter dieser Meinung ist VARGA 1978. Nur in diesem Fall würde eine nachgewiesene variszische Suture auch einen Hinweis auf den einstigen Kontinentalrand im Süden von Europa geben. Eine zweite Gruppe, zu der CHANNELL & HORVATH 1976 gehören, vermutet umgekehrt, daß der größte Teil des „paläodinarischen“ Paläozoikums im Süden der Tethys am Nordrand von Gondwana bzw. eines gegen Norden vorstoßenden afrikanisch/adriatischen Promontory beheimatet war. Eine dritte Gruppe mit FRISCH 1977 etc. ist der Auffassung, daß zur Zeit der Trias das Paläozoikum, welches heute in den alpinen Bau eingegliedert ist, vor allem um die westliche Krümmung der Paläotethysbucht angeordnet war, während TOLLMANN 1978 den Gedanken äußerte, daß das Paläozoikum eine Insel innerhalb der Paläotethys bildete (vgl. Abb. 2).

Diese ungelöste Problematik der ursprünglichen Position des alpinen Paläozoikums läßt es geraten erscheinen, bei der Suche nach Hinweisen auf einen etwaigen ursprünglichen Kontinentalrand südlich des mitteleuropäischen Kristallins den alpinen Bereich vorerst auszuklammern und sich auf den außeralpinen Raum westlich und östlich der Alpen zu konzentrieren. Sichere Suturen sind jedoch auch hier nicht nachweisbar. Wir sind daher gezwungen, nach indirekten Indizien zu suchen, wie es etwa die sedimentäre Entwicklung im Bereich subduzierter Kontinentalränder ist (vgl. DEWEY & BIRD 1970, READING 1972, DICKINSON 1974). Dabei wird davon ausgegangen, daß Sedimente, die den Schluß auf Tiefwasser sedimentation erlauben, ein Hinweis – wenn auch kein Beweis – für Kontinentalböschungen sind. In diesem Sinn lassen sich die in der Montagne Noire über den Seichtwasserablagerungen des Silur und Devon ab dem Unterkarbon folgenden Lydite, Grauwacken, Turbidite, kanalisierte Konglomerate und Olistolithe (ENGEL et al. 1978, FEIST 1977) als Hinweis auf eine in diesem Raum vorhandene submarine Canyon- und Fächerfolge (GORSLINE 1980) deuten, wobei die bis zur Entwicklung von Gleitdecken gehenden Massenbewegungen auf einen aktiven Kontinentalrand deuten.

Die östliche Fortsetzung dieser Zone könnte Sardinien in Prärotationsposition (ALVIEREZ 1972) sein, wo ähnlich der Montagne Noire und dem Massiv von Moutoumet das Karbon durch eine Flyschentwicklung mit Tiefwasserturbiditen, Konglomeraten und Slumps charakterisiert ist (VAI & COCOZZA 1974).

Der alpine Bogen läßt die weitere Fortsetzung dieser Zone gegen Osten unsi-

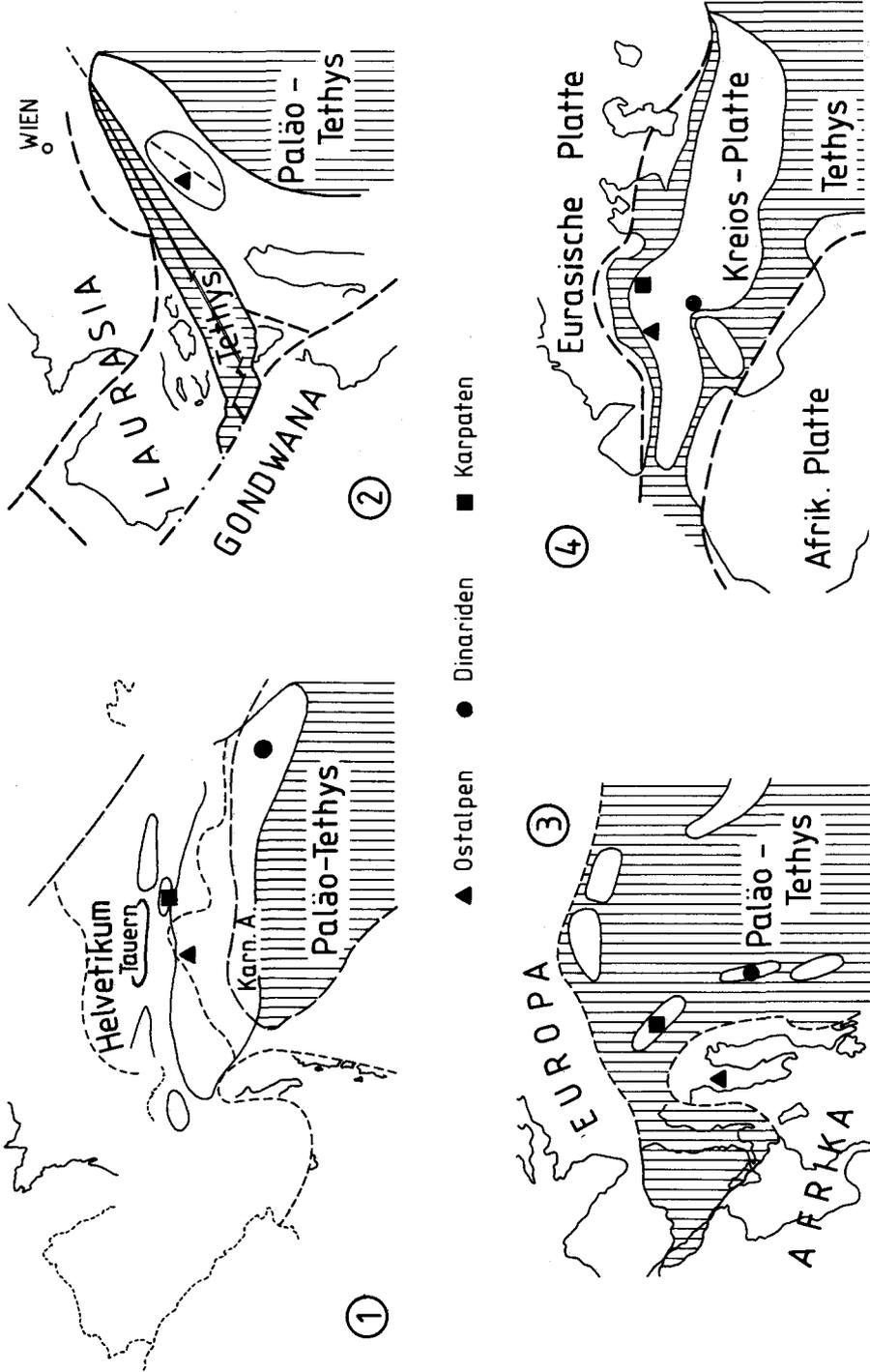


Abb. 2: Modelle der alpidischen Plattenposition im Jura mit Lage von Ostalpen, Dinariden und Karpaten: 1. Nach Varga 1978. 2. Nach Frisch 1977. 3. Nach Channell & Horvath 1976. 4. Nach Tollmann 1978.

cher erscheinen. Sicher scheint, daß die Kristallinkörper des Basements des Helvetikums noch Bestandteil der polymetamorphen Zentralzone sind. Ungeklärt ist dies für die bisweilen hiermit verglichenen „Altkristallin“-Anteile des Penninikums (vgl. FLÜGEL 1978 a, THIELE 1980). Bisher fehlt in ihnen ein Nachweis für eine präkambrische Metamorphose, wie dies für die metamorphe Zentralzone charakteristisch ist (JÄGER 1977).

Deutlichere Hinweise für einen paläozoischen Kontinentalrand finden sich erst wieder nordöstlich des alpinen Bereiches in den Flyschfolgen von Mähren und unter der karpatischen Vortiefe (DVORAK 1973, KOLAROVA & ROTH 1977), womit die Anknüpfung an Paläoeuropa gegeben wäre.

In Zusammenhang mit der Frage nach einem Kontinentalrand im Süden der zentraleuropäischen Kristallinzone steht die Frage nach direkten Hinweisen auf eine Proto-Tethys im Bereich des alpinen Paläozoikums. In den letzten Jahren erschienen zahlreiche Arbeiten, die versuchten, die in den paläozoischen Schichtfolgen weit verbreiteten basischen Eruptiva hiermit in Zusammenhang zu bringen. Die Untersuchungen stützten sich vor allem auf geochemische Parameter. Die Ergebnisse differieren auffallend. So deuteten COLINS et al. 1980 die Vulkanite der westlichen Grauwackenzone mit einigem Vorbehalt vorwiegend als Abkömmlinge tholeiitischer Magmen und faßten sie als Ozeanboden-Basalte auf. Dagegen sprach KOLMER 1978 die Spilite des Grazer- und Murauer Paläozoikums als alkalische „within plate basalte“ an, während LOESCHKE 1970, 1973, 1975, 1977 die Alkaligesteine der Karawanken und des Klagenfurter Beckens als Inselbogen-Vulkanite auffaßte. In den Gemeriden deuteten BAJANIK & REICHWALD 1979 die basischen Gesteine der Gelnica-Gruppe als kalkalkalische Vulkanite eines aktiven Kontinentalrandes, während sie die Gesteine der jüngeren Racovec-Gruppe als alkalische Magmen von vermutlich ozeanischem Typus auffaßten.

Diese verschiedenen Deutungen könnten – sofern sie reell sind – mehrere Erklärungen haben. So wäre es möglich, daß darin Altersverschiedenheiten der Vulkanitfolgen sich ausdrücken, wie dies in den Karpaten der Fall zu sein scheint. Es wäre aber auch möglich, daß diese Unterschiede teilweise durch die metamorphe Umprägung der Gesteine zu erklären ist. Diese spielt wie GRACIA 1978 zeigte, bei Paläovulkaniten eine große Rolle. Völlig offen ist dabei die Frage wieweit die ultrabasischen Gesteine des ostalpinen „Altkristallins“ im Sinne von EL AGEED 1979 als variszische Ophiolitkomplexe gedeutet werden können.

Daß jedoch die Suche nach Resten paläozoischer Ophiolite im alpinen Europa notwendig ist, zeigt die Arbeit von SAPOUNZIS 1980, in der er aus der nordgriechischen Vardar-Zone aufgrund absoluter Altersdatierung die Existenz derartiger Folgen wahrscheinlich machen konnte.

Zusammenfassende Übersicht

Vor allem paläomagnetische Indizien sprechen für die Existenz eines vormesozoischen europäischen Ozeans und für Plattendrift im süd- und mitteleuropäischen Raum. Paläobiogeographische Daten sind diesbezüglich weniger eindeutig. Hinsichtlich der Frage, ob eine derartige Drift auch variszische Subduktion bedeutet, herrscht keine einheitliche Meinung. Die Schwierigkeit liegt vor allem in

der schweren Vergleichbarkeit des europäischen Variszikums mit den alpidischen Gegebenheiten und damit die Übertragung von Modellen, die für die jüngeren Gebirgsketten entwickelt wurden. Aus der verschiedenen Wertung der Gegenheiten ergaben sich zwei Grundvorstellungen für den geotektonischen Werdegang des Variszikums in unterschiedlichen Abwandlungen.

Das erste Modell lehnt eine Plattendrift größeren Stils mit Entwicklung eines Ozeans und variszischer Subduktionszonen ab. Nach ihm entwickelte sich das Variszikum Mitteleuropas aus einer intrakontinentalen Geosynklinale ohne ozeanische Kruste, wobei die polymetamorphe kristalline Zentralzone Europas einen Rest des prävariszischen Basements darstellt. In diesem Modell wird die Art des Südrandes dieses Basements kaum diskutiert, jedoch für wahrscheinlich erachtet, daß auch südlich der Zentralzone eine intrakontinentale Geosynklinale existierte, die sich in den südeuropäischen Varisziden manifestiert.

Andererseits gibt es Vorstellungen, nach denen das mitteleuropäische polymetamorphe Basement im Süden von einem paläozoischen Kontinentalrand begrenzt war, der die mitteleuropäische kontinentale Kruste mit einer Proto-Tethys verknüpfte, wobei das alpine Paläozoikum entweder am Südsaum dieser kontinentalen mitteleuropäischen Kruste abgelagert wurde oder aber südlich der Proto-Tethys im Nordbereich von Gondwana. Die Existenz einer derartigen Proto-Tethys bedeutet jedoch, daß wir eine variszische Subduktion anzunehmen haben, die bis zur Kollision mit Gondwana und damit der Entwicklung einer einheitlichen Pangäa führte. Eine Stütze für diese Ansicht ist möglicherweise die unterkarbone Flyschzone Südfrankreichs und Sardinien in ihrer Interpretation als südliche Kontinentalböschung Europas bzw. die Deutung der devon-karbonen Flyschentwicklung zwischen dem Rif und den Kabylen im Sinne einer nördlichen Kontinentalböschung von Gondwana (BOURROUILH & GORSLEIN 1979; BUCHROITHNER et al. 1980a, 1980b).

Geht dieses Grundmodell von der Annahme einer einheitlichen Nord- und Südeuropa umfassenden Platte aus, so nimmt das zweite Modell an, daß zwischen der nördlichen baltischen Platte und einer südeuropäisch-afrikanischen Platte eine Proto-Tethys existierte. Je nach der Position des Nordrandes von Gondwana, wird während des variszischen Orogens entweder nur die Subduktion dieses (mitteleuropäischen) Ozeans gegen Süden angenommen, oder aber man nimmt eine Abspaltung des südeuropäischen Teils von Gondwana, die Drift dieser Mikroplatte gegen Norden, ihre Kollision mit Nordeuropa sowie eine jüngere karbone Kollision der beiden Großplatten an, wodurch eine einheitliche Pangäa entstand. Auch in diesem Modell ist die paläogeographische Zuordnung des alpinen Paläozoikums problematisch, umsomehr als einige Hypothesen der alpidischen Entwicklung davon ausgehen, daß dieses Paläozoikum Teil von Gondwana war.

Die aufgezeigten Schwierigkeiten und Widersprüche lassen uns HALLAM 1979 und SUESS 1893 zustimmen, wenn sie feststellten „Problems indeed remain in reconstructing continental positions in the mesozoic and kenozoic but they seem to be a childplay in comparison to earlier periods of time“ (HALLAM). „Our scholars will some day know more than their masters do now; so let us patiently continue our work and remain friends“ (SUESS).

Literaturverzeichnis

- ALVAREZ, W.: A former continuation of the Alps. – *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **87**, 891–896, 2 Figs., Tulsa 1976.
- ANDERSON, T. A.: Carboniferous Subduction Complex in the Harz Mountains, Germany. – *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **86**, 77–82, 4 Figs., Tulsa 1975.
- ARGYRIADIS, I.: Le permien alpine-méditerranéen a la charnière entre l'hercynien et l'alpin. – These l'Univ. Paris-Sud, „Central d Orsay“, **2**, 190 S., 16 Abb., Paris 1978.
- AUBOUIN, J.: Alpine tectonics and plate tectonics: thoughts about the eastern mediterranean. – In: Ager, D. V. & Brooks, M. (Hrsg.), *Europe from Crust to Core*, 143–158, 6 Abb., London 1976 (Wiley).
- BABIN, C., COCKS, L. R. M. & WALLISER, O. H.: Faciès, faunes et paléogéographie antécarbonifère de l'Europa. – 26. CGI, Coll. C6, *Geology of Europe*, 191–202, 3 Abb., Paris 1980.
- BADHAM, J. P. N. & HALLS, C.: Microplate tectonics, oblique collisions, and evolution of the Hercynian orogenic systems. – *Geology*, **3**, 373–376, 2 Abb., Boulder 1975.
- BAJANIK, St. & REICHWALDER, P.: Outline of the paleotectonic development of the generic and its relation to adjacent tectonic units. – In: Mahel, M. & Reichwalder, P. (Hrsg.), *Czechoslovak geology and global tectonics*, 141–154, 7 Abb., Bratislava 1979.
- BARD J. P.: Signification tectonique des métatholites d'affinité abyssale de la ceinture métamorphique de basse pression d'Aracena (Huelva, Espagne). – *Bull. Soc. geol. France*, **19**, 385–393, Paris 1977.
- BARD, J. P., BURG, J. P., MATTE, Ph. & RIBEIRO, A.: La chaîne hercynienne d'Europe occidentale en termes de tectonique des plaques. – 26. CGI, Coll., C6, *Geology of Europe*, 233–246, 4 Abb., Paris 1980.
- BARD, J. P., CAPDEVILA, R., MATTE, P. & RIBEIRO, A.: Geotectonic Model for the Iberian Variscan Orogen. – *Nat. Phys. Sci.*, **241**, 50–52, 2 Abb., London 1973.
- BEBIEN, J., ROCCI, G., FLOYD, P. A., JUTEAU, Th. & SAGON, J. P.: Le volcanisme devono-dinantien élément déterminant dans la reconstitution du cadre géotectonique de l'Europe moyenne varisque. – *Coll. intern. CNRS*, **243**, 275–291, 6 Abb., Paris 1977.
- BEHR, H. J.: Subfluenz-Prozesse im Grundgebirgs-Stockwerk Mitteleuropas. – *Z. dt. geol. Ges.*, **129**, 283–318, 9 Abb., Hannover 1978.
- BEHR, H. J.: Polyphase shear zones in the granulite belts along the margins of the Bohemian Massif. – *J. Structur. Geol.*, **2**, 249–254, 6 Abb., 1979.
- BEHR, H. J., WALLISER, O. H. & WEBER, K.: The development of the Rheno-hercynian and Saxothuringian zones of the mid-European Variscides. – 26. CGI, Coll., C 6, *Geology of Europe*, 77–89, 3 Abb., Paris 1980.
- BERGGREN, W. A. & HOLLISTER, C. D.: Plate tectonics and paleocirculation – commotion in the ocean. – *Tectonophysics*, **38**, 11–48, 10 Abb., Amsterdam 1975.
- BERNOULLI, D. & LEMOINE, M.: Birth and early evolution of the Tethys: the overall situation. – 26. CGI, Coll. C 5, *Geology of the Alpine chains born of the Tethys*, 168–179, 4 Abb., Paris 1980.
- BERRY, W. B. N.: Early Ordovician bathyrid province lithofacies, biofacies, and correlations – their relationship to a proto-Atlantic Ocean. – *Lethaia*, **5**, 69–83, 3 Abb., Oslo 1972.
- BERRY, W. B. N.: Graptolite Biogeography: A Biogeography of Some Lower Paleozoic Plankton. – In: Gray, J. & Boucot, A. J. (Hrsg.), *Historical Biogeography, Plate Tectonics, and the Changing Environment*, Proc., **37**, Ann. Biol. Coll., 105–115, 2 Abb., Oregon 1979.
- BERRY, W. B. N. & WILDE, P.: Progressive ventilation of the oceans – an explanation for the distribution of the lower paleozoic black shales. – *Amer. J. Sci.*, **278**, 257–275, 3 Abb., New Haven 1978.
- BIRD, J. M. & DEWEY, J. F.: Lithosphere Plate-Continental Margin Tectonics and the Evolution of the Appalachian Orogen. – *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **81**, 1031–1060, 10 Abb., New York 1970.
- BOUCOT, A. J.: Early Paleozoic Evidence of Continental Drift: Pro and Con. – *Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, *Memoir*, **23**, 273–294, 1 Abb., Oregon 1972.
- BOUCOT, A. J. & GRAY, J.: Epilogue: A Paleozoic Pangaea?. – In: Gray, J. & Boucot, A. J. (Hrsg.), *Historical Biogeography, Plate Tectonics, and the Changing Environment*, Prov., **37**, Ann. Biol. Coll., 465–482, 7 Abb., Oregon 1979.
- BOURROUILH, R. & GORSLINE, D. S.: Pre-Triassic fit and alpine tectonics of continental blocks in the western Mediterranean. – *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **90**, 1074–1083, 5 Abb., New York 1979.
- BOURROUILH, R. et al.: Essai sur l'évolution paléogéographique, structurale et métamorphique du Paléozoïque du Sud de la France et de l'Ouest de la Méditerranée. – 26. CGI, Coll., C 6, *Geology of Europe*, 157–188, 11 Abb. Paris 1980.
- BRIDEN, J. C.: Applicability of Plate Tectonics to Pre-Mesozoic Time. – *Nature*, **244**, 400–405, 2 Abb., London 1973.
- BRIDEN, J. C., DREWRY, G. E. & SMITH, A. G.: Phanerozoic equal-area world maps. – *J. Geol.*, **82**, 555–574, 18 Abb., Chicago 1974.

- BUCHROITHNER, M. F., FLÜGEL, E., FLÜGEL, H. & STATTEGGER, K.: Die Devongerölle des paläozoischen Flysch von Menorca und ihre paläogeographische Bedeutung. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **159**, 172–224, 13 Abb., Stuttgart 1980, (1980a).
- BUCHROITHNER, M. F., FLÜGEL, E., FLÜGEL, H. & STATTEGGER, K.: Mikrofazies, Fossilien und Herkunft der Kalk-Gerölle im Karbon-, Flysch“ der Betsichen Kordillieren, Spanien. – Facies, **2**, 1–54, 2 Abb., 1 Tab., Taf. 1–8, Erlangen 1980, (1980b).
- BULLARD, E. C.: Continental drift. – Quart. J. geol. Soc. Lond., **120**, 1–33, 15 Abb., London 1964.
- BULLARD, E. C., EVERETT, E. & SMITH, A. G.: The fit of the continents around the Atlantic. – In: Blackett, P. M. et al. (Hrsg.), A symposium on continental drift, 41–51, 8 Abb., London 1965.
- BURKE, K. & DEWEY, J. F.: Plume-generated triple junctions: key indicators in applying plate tectonics to old rocks. – J. Geol., **81**, 406–433, Chicago 1973.
- BURKE, K., DEWEY, J. F. & KIDD, W. S. F.: World distribution of sutures – the sites of former oceans. – Tectonophysics, **40**, 69–99, Amsterdam 1977.
- BURNE, R. V.: Palaeogeography of South West England and Hercynian Continental Collision. – Nat. Phys. Sci., **241**, 130–131, 1 Abb., 1 Taf., London 1973.
- BURRETT, C. F.: Plate Tectonics and the Hercynian Orogeny. – Nature, **239**, 155–156, 3 Abb., London 1972.
- BURRETT, C. F.: Reply. – Nature, **244**, 91–92, 1 Abb., London 1973.
- BURRETT, C.: Ordovician biogeography and continental drift. – Palaeogeography, Palaeoclimatol., Palaeoecol., **13**, 161–201, 3 Abb., Amsterdam 1973.
- BURRETT, C. & GRIFFITHS, J.: A case for a mid-european ocean. – Coll. intern. CNRS, **243**, 313–328, 9 Abb., Paris 1977.
- BURRETT, C. & RICHARDSON, R.: Trilobite biogeography and cambrian tectonic models. – Tectonophysics, **63**, 155–192, 5 Abb., Amsterdam 1980.
- CARVALHO, D.: The metallogenetic consequences of plate tectonics and the upper paleozoic evolution of southern portugal. – Estud. Not. Trabalh. S. F. M., **20**, 297–320, 7 Abb., Lissabon 1972.
- CHANNELL, J. E. T. & HORVATH, F.: The african/adriatic promontory as a palaeogeographical premise for alpine orogeny and plate movements in the carpatho-balkan region. – Tectonophysics, **35**, 71–101, 9 Abb., Amsterdam 1976.
- COLINS, E., HOSCHEK, G. & MOSTLER, H.: Geologische Entwicklung und Metamorphose im Westabschnitt der Nördlichen Grauwackenzone unter besonderer Berücksichtigung der Metabasite. – Mitt. österr. geol. Ges., **71/72**, 343–378, 17 Abb., 4 Tab., Wien 1980.
- CRAMER, F. H.: Distribution of selected silurian acritarchs. – Rev. Esp. Micropal., **203** S., 63 Abb., 23 Taf., Madrid 1969.
- CREER, K. M.: A review of palaeomagnetism. – Earth-Sci. Rev., **6**, 369–466, 18 Abb., Amsterdam 1970.
- CROWELL, J. C.: Gondwanan glaciation, cyclothems, continental positioning, and climate change. – Amer. J. Sci., **278**, 1345–1372, 6 Abb., New Haven 1978.
- DEWEY, J. F.: Evolution of the Appalachian/Caledonian Orogen. – Nature, **222**, 124–129, 4 Abb., London 1969.
- DEWEY, J. F.: Suture zone complexities: a review. – Tectonophysics, **40**, 53–67, 5 Abb., Amsterdam 1977.
- DEWEY, J. F. & BIRD, J. M.: Mountain Belts and the New Global Tectonics. – J. Geophys. Research, **75**, 2625–2647, 15 Abb., Washington 1970.
- DEWEY, J. F. & BURKE, K. C. A.: Tibetan, variscan, and precambrian basement reactivation: products of continental collision. – J. Geol., **81**, 683–692, 5 Abb., Chicago 1973.
- DEWEY, J. F., PITMAN, W., RYAN, K. & BONIN, J.: Plate Tectonics and the Evolution of the Alpine System. – Geol. Soc. Amer. Bull., **84**, 3137–3180, 19 Abb., Tulsa 1973.
- DEWEY, J. F., RICKARDS, R. B. & SKEVINGTON, D.: New light on the age of Dalradian deformation and metamorphism in western Ireland. – Norsk Geologisk Tidsskrift, **50**, 19–44, 4 Abb., Oslo 1970.
- DICKINSON, W. R.: Plate tectonics and sedimentation. – Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Publ. **22**, 1–27, 10 Abb., Tulsa 1974.
- DORNSIEPEN, U. F.: Ein Überblick über die europäischen Varisziden. – Z. dt. geol. Ges., **129**, 521–542, 5 Abb., Hannover 1978.
- DREWRY, G. E., RAMSAY, A. T. S. & SMITH, A. G.: Climatically controlled sediments, the geomagnetic field, and trade wind belts in phanerozoic time. – J. Geol., **82**, 531–553, 14 Abb., Chicago 1974.
- DVORAK, J.: Synsedimentary tectonics of the palaeozoic of the drahany upland (sudeticum, moravia, czechoslovakia). – Tectonophysics, **17**, 359–391, 15 Abb., Amsterdam 1972.
- EL AGEED, E.: The Hochgrößen Ultramafic-mafic Association. Its Associated Mineralization and Petrogenetic Significance. – 245 S., Köln. 1979.
- ELDRIDGE, N. & ORMISTON, A. R.: Biogeography of Silurian and Devonian Trilobites of the Malvi-

- nokaffric Realm. – In: Gray, J. & Boucot, A. J. (Hrsg.), *Historical Biogeography, Plate Tectonics, and the Changing Environment*, Proc., 37. Ann. Biol. Coll., 147–166, 1 Abb., Oregon 1979.
- ENGEL, A. E. J. & KELM, D. L.: Pre-Permian Global Tectonics: A. Tectonic Test. – *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **83**, 2325–2340, 7 Abb., Tulsa 1972.
- ENGEL, W., FEIST, R. & FRANKE, W.: Synorogenic Gravitational Transport in the Carboniferous of the Montagne Noire (S-France). – *Z. dt. geol. Ges.*, **129**, 461–472, 3 Abb., Hannover 1978.
- FEIST, R.: Das Altpaläozoikum Südfrankreichs. – *Österr. Akad. Wiss., Schriften Erdwiss. Komm.*, **3**, 191–199, 2 Abb., Wien 1978.
- FLOYD, P. A.: Geochemistry, Origin and Tectonic Environment of the Basic and Acidic Rocks of Cornubia, England. – *Proc. Geol. Ass.*, **83**, 385–404, 4 Abb., Colchester 1972.
- FLÜGEL, H. W.: Zur Entwicklung der „Prototethys“ im Paläozoikum Vorderasiens. – *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, **10**, 602–610, 1 Abb., Stuttgart 1972.
- FLÜGEL, H. W.: Mesoeuropa und alpines Variszikum. – *Z. angew. Geol.*, **24**, 505–510, 3 Abb., Berlin 1978 (1978 a).
- FLÜGEL, H. W.: Correlation of pre-Variscan and Variscan events of the Alpine-Mediterranean mountain belts: Project 5. – *Geol. Corr. Spec. iss.*, 50–51, 1 Abb., 1978 (1978 b).
- FLÜGEL, H. W.: Zur variszischen Verbindung von Ober- und Mittelostalpin. – *Carinthia II*, **170/90**, 133–141, Klagenfurt 1980.
- FRISCH, W.: Die Alpen im westmediterranen Orogen – eine plattentektonische Rekonstruktion. – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, **24**, 263–275, 5 Abb., Wien 1977.
- GARCIA, M. O.: Criteria for the Identification of Ancient Volcanic Arcs. – *Earth-Sci.Rev.*, **14**, 147–165, 8 Abb., Amsterdam 1978.
- GORSLINE, D. S.: Deep-water sedimentologic conditions and models. – *Mar. Geol.*, **38**, 1–21, Amsterdam 1980.
- HALLAM, A.: A decade of plate tectonics. – *Nature*, **279**, 478, London 1979.
- HAMILTON, V.: The Uralides and the Motion of the Russian and Siberian Platforms. – *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **81**, 2553–2576, 7 Abb., Boulder 1970.
- HARLAND, W. B. & GAYER, R. A.: The Arctic Caledonides and earlier Oceans. – *Geol. Mag.*, **109**, 289–384, 4 Abb., London 1972.
- HECKEL, P. H. & WITZKE, B. J.: Devonian world palaeogeography determined from distribution of carbonates and related lithic palaeoclimatic indicators. – *Spec. Pap. Palaeont.*, **23**, 99–123, London 1979.
- HERZ, N. & SAVU, H.: Plate Tectonics History of Romania. – *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **85**, 1429–1440, 12 Abb., Boulder 1974.
- HÖLL, R.: Early Palaeozoic Ore Deposits of the Sb-W-Hg Formation in the Eastern Alps and their Genetic Interpretation. – In: Klemm, D. D. & Schneider, H.-J. (Hrsg.), *Time- and Strata-Bound Ore Deposits*, 169–198, 3 Abb., Berlin (Springer-Verlag) 1977.
- HSU, K. J. & BERNOULLI, D.: Genesis of the tethys and the mediterranean. – *Int. Rep. Deep Sea Drilling Proj.*, **42**, 943–949, 3 Abb., Washington 1978.
- HURLEY, P. M. et al.: A Plate Tectonics Origin for Late Precambrian-Paleozoic Orogenic Belt in Morocco. – *Geology*, **2**, 343–344, 3 Abb., London 1974.
- IRVING, E.: Drift of the major continental blocks since the Devonian. – *Nature*, **270**, 304–309, 5 Abb., London 1977.
- JAEGER, H.: Das Silur und Unterdevon vom thüringischen Typ in Sardinien und seine regionalgeologische Bedeutung. – *Nova Acta Leopoldina, N. F.*, **224**, 45, 299 S., 130 Abb., davon 16 farbig und 12 Tab., 4 Taf., Halle 1976.
- JÄGER, E.: The evolution of the central and west european continent. – *Coll. intern. CNRS*, **243**, 227–239, Paris 1977.
- JELL, P. A.: Faunal provinces and possible planetary reconstruction of the middle cambrian. – *J. Geol.*, **82**, 319–350, Chicago 1974.
- JENKYN, H. C.: Tethys: past and present. – *Proc. Geol. Ass.*, **91**, 107–118, 5 Abb., London 1980.
- JOHNSON, G. A. L.: Closing of the Carboniferous Sea in Western Europe. – *Impl. Cont. Drift, Earth Sci.*, **2**, 843–850, 4 Abb., London 1973.
- JOHNSON, G. A. L.: European Plate Movement During the Carboniferous. – In: Tarling, D. (Hrsg.), *Evolution of the Earth's Crust*, 343–360, 4 Abb., London 1978 (Academic Press).
- KAHLER, F.: Entwicklungsräume und Wanderwege der Fusuliniden am eurasiatischen Kontinent. – *Geologie*, **4**, 178–188, 2 Abb., Berlin 1955.
- KANASEWICH, E. R., HAVSKOV, J. & EVANS, M. E.: Plate tectonics in the Phanerozoic. – *Can. J. Earth Sci.*, **15**, 919–955, 22 Abb., Ottawa 1978.
- KOLAROVA, M. & ROTH, Z.: Geology of the platform entering below the Carpathian Foredeep and the Carpathian nappes in SE Moravia. – *Vestník Ustred. Ustav. Geol.*, **52**, 257–265, 4 Abb., Prag 1977.

- KOLMER, H.: Die Verteilung von Ti, Sr, Y und Zr in splitischen Gesteinen der Steiermark. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, **108**, 31–43, 5 Abb., Graz 1978.
- KOSSMAT, F.: Gliederung des varistischen Gebirgsbaues. – Abh. Sächs. Geol. Landesamt, **1**, 3–41, 2 Abb., 2 Taf., Leipzig 1927.
- KREBS, W. & WACHENDORF, H.: Proterozoic-Paleozoic Geosynclinal and Orogenic Evolution of Central Europe. – Geol. Soc. Amer. Bull., **84**, 2611–2630, 4 Abb., Boulder 1973.
- LAUBSCHER, H. & BERNOULLI, D.: Mediterranean and tethys. – In: Nairn, A. E. M., Kaner, W. H. & Stehli, F. G. (Hrsg.), The Ocean basins and margins, **4A**, 1–28, 9 Abb., New York 1977.
- LAURENT, R.: A Model for the Origin of Hercynian Granites and Volcanics of the Alps. – Schweiz. Min. Petr. Mitt., **50**, 547, Bern 1970.
- LAURENT, R.: The Hercynides of South Europe, a Model. – 24. Igc, **3**, 363–370, 2 Abb., Montreal 1972.
- LEFORT, J.-P.: Iberian-Armorican arc and Hercynian orogeny in western Europa. – Geology, **7**, 384–388, 2 Abb., London 1979.
- LOESCHKE, J.: Zur Geologie und Petrographie des Diabasuzuges westlich Eisenkappel (Ebriachtal/Karawanken/Österreich). – Oberrhein. Geol. Abh., **19**, 73–100, Karlsruhe 1970.
- LOESCHKE, J.: Zur Petrogenese paläozoischer Spiliten aus den Ostalpen. – N. Jb. Miner. Abh., **119**, 20–56, Stuttgart 1973.
- LOESCHKE, J.: Spurenelement-Daten von paläozoischen Spiliten aus den Ostalpen und ihre Bedeutung für geotektonische Interpretationen. – Geol. Rundsch., **64**, 62–74, Stuttgart 1975.
- LOESCHKE, J.: Kaledonischer eugeosynklinaler Vulkanismus Norwegens und der Ostalpen im Vergleich mit rezentem Vulkanismus unterschiedlicher geotektonischer Positionen: Eine Arbeitshypothese. – Z. dt. geol. Ges., **128**, 185–207, Hannover 1977.
- LORENZ, V.: Formation of Hercynian subplates, possible causes and consequences. – Nature, **262**, 374–377, 2 Abb., London 1976.
- LORENZ, V. & NICHOLLS, I. A.: The permocarboniferous basin and range province of Europe. An application of plate tectonics. – In: Falke, H. (Hrsg.), The Continental Permian in Central, West and South Europe, 313–342, Dordrecht 1976.
- McKERRROW, W. S. & ZIEGLER, A. M.: Palaeozoic Oceans. – Nat. Phys. Sci., **240**, 93–94, 1 Abb., London 1972.
- MOREL, P. & IRVING, E.: Tentative paleocontinental maps for the early phanerozoic and proterozoic. – J. Geol., **86**, 535–561, 3 Abb., Chicago 1978.
- NEUMAYR, M.: Über klimatische Zonen während der Jura- und Kreidezeit. – Akad. Wiss. Wien, Denkschr. math.-naturw. Cl., **47**, 1–34, 1 Kte, Wien 1883.
- NEUMAYR, M.: Erdgeschichte. – 2. Bd. Beschreibende Geologie, 581 Abb., 12 Taf., 2 Kte, Leipzig 1887.
- NICOLAS, A.: Was the Hercynian Orogenic Belt of Europe of the Andean Type?. – Nature, **236**, 222–223, London 1972.
- NICHOLLS, I. A. & LORENZ, V.: Origin and Crystallization History of Permian Tholeiites from the Saar-Nahe Trough, SW Germany. – Contr. Mineral. and Petrol., **40**, 327–344, 5 Abb., Berlin 1973.
- ORMISTON, A. R. & R. ROSS: Monorakos in the Ordovician of Alaska and Its Zoogeographic Significance. – In: Gray, J. & Boucot, A. J. (Hrsg.), Historical Biogeography, Plate Tectonics, and the Changing Environment, Proc. 37. Ann. Biol. Coll., 53–59, 5 Abb., Oregon 1979.
- OVERSBY, B.: Palaeozoic Plate Tectonics in the Southern Tasman Geosyncline. – Nat. Phys. Sci., **234**, 45–47, 2 Abb., London 1971.
- PEREKALINA, T. V.: Der Magmatismus des varizischen Europa. – Z. dt. geol. Ges., **129**, 543–555, 2 Abb., Hannover 1978.
- PICKETT, J.: Continental Reconstructions and the Distribution of Coral Faunas During the Silurian. – J. Proc. Roy. Soc. New South Wales, **108**, 147–156, 2 Abb., 2 Tab., Sydney 1975.
- READING, H. G.: Global Tectonics and the Genesis of Flysch Successions. – 24. IGC., **6**, 59–66, 2 Abb., Montreal 1972.
- RIDING, R.: Model of the hercynian foldbelt. – Earth Planet. Sci. Lett., **24**, 125–135, 4 Abb., Amsterdam 1974.
- ROSS, R. J. Jr.: Early Paleozoic trilobites, sedimentary facies, lithospheric plates, and ocean currents. – Fossils and Strata, **4**, 307–329, Oslo 1975.
- SAPOUNTZIS, E. S.: On the age of the ophiolitic sequence in the southeastern part of the Axios (Vardar) zone (North Greece). – N. Jb. Miner. Abh., **138**, 39–48, 2 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1980.
- SAWKINS, F. J. & BURKE, K.: Extensional Tectonics and Mid-Paleozoic Massive Sulfide Occurrences in Europa. – Geol. Rundsch., **69**, 349–360, Stuttgart 1980.
- SCHENK, P. E.: Southeastern Atlantic Canada, Northwestern Africa, and Continental Drift. – Cand. J. Earth Sci., **8**, 1218–1251, 12 Abb., 1 Taf., Ottawa 1971.
- SCHMIDT, K.: Der altpaläozoische Magmatismus und seine Stellung in der tektonischen Geschichte Mittel- und Südwesteuropas. – Z. dt. geol. Ges., **128**, 121–141, 4 Abb., Hannover 1977.

- SCOTSESE, Ch. R.: Continental drift; 1. Aufl., Chicaco 1976, 2. Aufl. Chicago 1979.
- SCOTSESE, Ch. R. et al.: Paleozoic base maps. – *J. Geol.*, **87**, 217–277, 43 Abb., Chicago 1979.
- SENGOR, A. M., BURKE, K. & DEWEY, J. F.: Rifts at high angles to orogenic belts: tests for their origin and the upper rhine graben as an example. – *Amer. J. Sci.*, **278**, 24–40, 4 Abb., New York 1978.
- SEYFFERT, C. K. & SIRKIN, L. A.: Earth History and Plate Tectonics; An Introduction to Historical Geology. – 504 S., New York (Harper).
- SMITH, A. G.: The So-called Tethyan Ophiolites. – In: Tarling, D. H. & Runcorn, S. K. (Hrsg.), Implications of Continental Drift to the Earth Sciences. **2**, 977–986, 3 Abb., London & New York 1973 (Academic Press).
- STILLE, H.: Uralte Anlagen in der Tektonik Europas. – *Z. dt. geol. Ges.*, **99**, 150–174, 8 Abb., Stuttgart 1949.
- STILLE, H.: Das mitteleuropäische variszische Grundgebirge im Bilde des gesamteuropäischen. – *Beih. Geol. Jb.*, **2**, 138 S., 15 Abb., 2 Taf., Hannover 1951.
- STOCKLIN, J.: Possible Ancient Continental Margins in Iran. – In: Burk, C. & Drake, C. (Hrsg.), The Geology of Continental Margins, 873–887, 4 Abb., Berlin–Heidelberg–New York (Springer-Verlag), 1974.
- SUËSS, E.: Are Great Ocean Depths Permanent? – *Nat. Sci.*, **2**, 180–187, London 1893.
- SUËSS, E.: Das Antlitz der Erde. – 3/1. Bd., 508 S., 23 Abb., 6 Taf., 1 Kte., Prag–Wien–Leipzig 1901.
- TAYLOR, M. E. & FORESTER, R. M.: Stratigraphic model for marine isopod crustaceans and its bearing on early Paleozoic paleogeography and continental drift. – *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **90**, 405–413, 5 Abb., 1 Taf., Boulder 1979.
- THIELE, O.: Das Tauernfenster. – In: Oberhauser, R. (Hrsg.), Der geologische Aufbau Österreichs, 300–314, Abb. 77–81, Wien 1980.
- TOLLMANN, A.: Plattentektonische Fragen in den Ostalpen und der plattentektonische Mechanismus des mediterranen Orogens. – *Mitt. österr. geol. Ges.*, **69**, 291–351, 11 Abb., Wien 1978.
- TOMCZYKOWA, E. & TOMCZYK, H.: Stratigraphy of the polish silurian and lower devonian and development of the proto-tethys. – *Acta Palaeont. Polonica*, **24**, 165–183, Warschau 1973.
- VAL, G. B.: Tracing the hercynian structural zones across neo-europa a model for correlation purposes within IGCP Project No. 5. – In: Sassi, F. P. (Hrsg), IGCP. Nr. 5, Newsletter 1, 141–149, 4 Abb. Padua 1979.
- VAL, G. B. & COCOZZA, T.: Il postgotlandiano sardo, unita sinorogenica ercinica. – *Boll. Soc. Geol. It.*, **93**, 61–72, 9 Abb., Bologna 1973.
- VARGA, I.: Paleozoic geodynamics of the Western Carpathians. – *Miner. slovaci*, **10**, 385–441, 16 Abb., Bratislava 1978.
- VAN DER VOO, R., BRIDEN, J. C. & DUFF, B. A.: Late Precambrian and Paleozoic paleomagnetism of the Atlantic-bordering continents. – *26. CGI, Coll.*, **C6**, Geology of Europe, 203–212, 4 Abb., Paris 1980.
- WALLISER, O. H.: Probleme der geotektonischen Einordnung der Varisziden. – *Z. angew. Geol.*, **23**, 459–463, Wiesbaden 1977.
- WEBER, K.: Das Bewegungsbild im Rhenoherynikum – Abbild einer varistischen Subfluenz. – *Z. dt. geol. Ges.*, **129**, 249–281, 11 Abb., 1 Taf., Hannover 1978.
- WILSON, J. T.: Did the atlantic close and then re-open? – *Nature*, **211**, 676–681, 5 Abb., London 1966.
- WHITTINGTON, H. B.: Presidential address phylogeny and distribution of ordovician trilobites. – *J. Paleont.*, **40**, 696–737, 16. Abb., Tulsa.
- WHITTINGTON, H. B., F. R. S. & HUGHES, C. P.: Ordovician geography and faunal provinces deduced from trilobite distribution. – *Philos. Trans. Roy. Soc. London, Ser. B*, **263**, Biol. Sci., 235–278, 12 Abb., London 1972.
- ZIEGLER, A. M. et al.: Silurian continental distributions, paleogeography, climatology, and biogeography. – *Tectonophysics*, **40**, 13–51, 5 Abb., Amsterdam 1977.
- ZIEGLER, A. M. et al.: Paleozoic, Paleogeography. – *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, **7**, 473–502, 8 Abb., Chicago 1979.
- ZWART, H. J.: The duality of orogenic belts. – *Geol. Mijnbouw.*, **46e**, 283–309. 12 Abb., Leiden 1967.
- ZWART, H. J.: Regional metamorphism in the Variscan orogeny of Europe, *Nova Acta Leopoldina*, **N. F. 224**, 45, 361–367, 4 Abb., Halle 1976.
- ZWART, H. J. & DORNSIEPEN, U. F.: The tectonic framework of central and western europe. – *Geol. Mijnbouw.*, **57**, 627–654, 16 Abb., Leiden 1978.