

# Das Phänomen Trias

Von RUDOLF TRÜMPY, Zürich\*)

## Zusammenfassung

Kurze Übersicht über paläogeographische, paläotektonische und paläoklimatologische Probleme der Trias, unter Ausklammerung des Germanischen Beckens; allgemeiner Rahmen zu den Referaten der Trias-Tagung 1982 in Würzburg.

## Abstract

Short review of paleogeographic, paleotectonic and paleoclimatological problems of the Triassic system, outside of the Germanic Basin. General framework to the papers presented at the 1982 symposium on the Triassic.

## Résumé

Brève vue d'ensemble des problèmes paléogéographiques, paléotectoniques et paléoclimatiques du Trias, en dehors du bassin germanique. Cadre général des communications présentées lors du symposium sur le Trias de 1982.

## Краткое содержание

Дан краткий обзор отложений триаса и его палеогеографических, палеотектонических и палеоклиматических проблем, за исключением Германского.

Es ist nicht leicht, im Herzen des Germanischen Triasbeckens und vor so vielen Spezialisten als Nicht-Spezialist über das „Phänomen Trias“ zu sprechen. Ich möchte im folgenden versuchen, aus dem Standpunkt eines gewöhnlichen Geologen einige Besonderheiten der Trias zu erwähnen. Natürlich wird dies eine grob vereinfachende Skizze sein, die gewiß viele Korrekturen erhalten wird. Gleichzeitig soll versucht werden, die Beiträge zu dieser Tagung, mit Ausnahme derer, die speziell den Problemen der Germanischen Trias gewidmet sind, in einen gemeinsamen Rahmen zu stellen.

Den Titel dieses Vortrages habe ich nicht selbst gewählt; er wurde von den Veranstaltern eingesetzt. Gibt es ein „Phänomen Trias“, in dem Sinn, daß diese Periode einen ganz besonderen Abschnitt der Erdgeschichte darstellt? (Es würde uns wohl nicht einfallen, von einem „Phänomen Jura“ zu sprechen.) Oder entspringt dieser Eindruck nur unserem provinziellen, germanischen bzw. mediterranen Gesichtswinkel? Der Titel muß also zumindest mit einem Fragezeichen versehen werden.

Die Biostratigraphie der Trias hat in den letzten Jahrzehnten gewaltige Fortschritte gemacht. Der Anstoß kam aus den vorher nur ungenügend bekannten, vollständigen und fossilreichen Ablagerungen des arktischen und pazifischen Nordamerika (TOZER, 1967, 1981). In Europa führte er zu einer Revision klassischer und neuer Lokalitäten des mediterranen Raumes (z. B. KRYSYŃ, 1973), wo Erscheinungen, die den großen Stratigraphen des letzten Jahrhunderts noch ganz

\*) Anschrift des Autors: R. TRÜMPY, Geologisches Institut der ETH, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich, Schweiz.

unverständlich bleiben mußten — komplexer Deckenbau, extreme Kondensation und absichtliche Bosheiten der Natur wie Spaltenfüllungen aus jüngeren Sedimenten inmitten älterer Formationen — für einige Irrtümer gesorgt hatten.

Zweifellos beruht die Biostratigraphie der Trias in erster Linie auf den Ammoniten. Aber es wäre wohl nicht richtig, einzig der Ammoniten-Biostratigraphie den Rang einer „Orthostratigraphie“ zuzuerkennen und alle anderen Methoden als zweitklassige „Parastratigraphien“ abzutun. Es gibt nur *e i n e* Stratigraphie, und eines ihrer Ziele ist die zeitliche Korrelation von Ablagerungen. Dazu ist jedes Mittel recht, von Reptilien zu Hystrichosphaeren, von vulkanischen Tufflagen zu magnetischen Umpolungen (Beiträge BUREK und TURNER).

Gerade bei der Trias haben wir seit einem Vierteljahrhundert erlebt, daß sich die Conodonten als außerordentlich wichtige Leitfossilien erwiesen haben und daß sie die Aufstellung einer biostratigraphischen Skala erlaubt haben, die der auf Ammoniten basierenden an Feinheit nur wenig nachsteht. Neben Ammoniten und Conodonten sind pseudoplanktonische Muscheln nützliche Hilfsfossilien der vollmarinen Fazies. Dank Reptilien (Beitrag WILD) und deren Fährten (Beitrag DEMATHIEU), Landpflanzen und deren Sporen, Kalkalgen, Acritarchen, Ostracoden, Phyllopoden, Holothurien und anderen Echinodermen konnte die Korrelation zwischen offenermarinen und kontinentaler bzw. Randmeer-Fazies sehr stark verbessert werden (s. z. B. KOZUR, 1975).

Unter- und Obergrenze der Trias entsprechen Faunenwenden. Naturgemäß hat die Krise zwischen Paläozoikum und Paläozoikum vor allem zu Diskussionen Anlaß gegeben. Die Zusammenhänge mit weltweiter oder fast weltweiter Regression, der exotische Hauch der wenigen halbwegs vollständigen marinen Profile, das Aussterben zahlreicher paläozoischer Gruppen, dem ein vorerst nur bescheidener Zuwachs neuer Formen entgegensteht, werfen zahlreiche Probleme auf. Dabei ist der Streit um die Grenzziehung zwischen Perm und Trias eine eher akademische Frage; die Spezialisten sollen versuchen, eine Übereinkunft zu erzielen und sich dann auch daran zu halten. Viel interessanter ist die Frage nach den Modalitäten und Ursachen der endpermischen Krise und ihre Korrelation mit terrestrischen (oder auch extaterrestrischen?) Ereignissen, unter anderem die Frage, ob das Aussterben der verschiedenen Gruppen synchron erfolgt sei oder ob es sich über eine längere Zeitspanne hingezogen habe. Die meisten Autoren sehen das Aussterben und nicht das Neuauftreten als das primäre Phänomen an (siehe jedoch Beitrag HÜSSNER). Es ist auch auffallend, daß Oberperm und vor allem Untertrias einem Minimum der Faunendiversität entsprechen, und daß die marine Tierwelt erst in der Obertrias wieder auf ihre normale Vielfalt anwächst (NEWELL, 1973; VALENTINE & MOORES, 1973).

Demgegenüber wurde die Wende Trias-Jura eher weniger bearbeitet, obschon damals ja die Ammoniten dem Aussterben nur knapp entgangen sind (s. TOZER, 1980), während ihre ständigen Begleiter seit dem Devon, die nützlichen und geheimnisumwitterten Conodonten-Tiere, endgültig verschwanden.

Daß Zusammenhänge zwischen der physischen Entwicklung der Erde und derjenigen von Fauna und Flora bestehen, ist naheliegend. Aber die Zusammenhänge können sehr komplex sein, und es wäre wohl allzu simpel, etwa die Krise der Perm-Trias-Wende monokausalistisch auf einen einzigen Faktor, wie Temperatur, Aridität, Salinität oder Geokratie, zurückzuführen.

Aus unserer heutigen Sicht betrachtet, d. h. wenn wir, wie seinerzeit LYELL, den heutigen Zustand der Erde als den normalen ansehen, ist das triadische Erdbild zweifellos anormal. Es wird beherrscht durch die Anhäufung aller Kontinente in einem einzigen Block, der P a n g a e a.

Die Pangaea ist das Endprodukt eines plattentektonischen Zyklus, der im späten Proterozoikum, vielleicht um 900 m. a., mit der Entstehung der großen paläozoischen Geosynklinalen (und etwas später Ozeanen) begonnen hat. Die Elimination dieser Ozeane entspricht den panafrikanisch-baikalischen, takonisch-kaledonischen und akadisch-variskischen Orogenesen. Die definitive Faltung von Appalachen und Ural, im unteren Perm oder nach dem unteren Perm, verschweißt die drei Nordkontinente Nordamerika, Europa und Sibirien zur Laurasia.

In diesem Sinne gehört das Oberperm bereits zum „tektonischen Mesozoikum“ und markiert den Beginn eines neuen plattentektonischen Großzyklus, dessen Ende noch nicht abzusehen ist. Das monströse Gebilde Pangaea beginnt schon im Laufe des Oberperm wieder auseinander zu brechen. Die ersten Anzeichen für die Fragmentierung der Pangaea sind die folgenden:

1. Das Aufreißen eines Riftgrabens längs der Ostküste von Grönland, in welchen das arktische Meer von N eindringt (s. z. B. CALLOMON, DONOVAN & TRÜMPY, 1972). Dieser Ostgrönland-Graben kann als erste Vorzeichnung eines Proto-Atlantik verstanden werden (Proto-Atlantik als vor-ozeanische Anlage des heutigen Atlantik, nicht verwechseln mit dem paläozoischen Japetus).

2. Das Öffnen einer Meeresstraße, die im Gebiet Oman-Balutschistan von der Tethys abzweigt und sich zwischen Afrika und Madagaskar einschiebt. Ob diese Straße Oman-Mosambik, welche durch marine Oberperm-Schichten in Ostafrika und vor allem im NW von Madagaskar belegt ist, ebenfalls Rift-Charakter aufwies, ist schwer zu entscheiden. Jedenfalls wird dadurch eine erste Aufspaltung des Gondwana-Superkontinents in einen westlichen (Südamerika-Afrika-Arabien, eventuell West-Antarktis) und einen östlichen Block (Madagaskar, Vorderindien, Ost-Antarktis, Australien) angezeigt. Diese Deutung impliziert, daß die Trennung Madagaskars von Afrika älter wäre als diejenige zwischen Madagaskar und Vorderindien.

3. Es ist denkbar, aber wohl noch nicht bewiesen, daß gewisse Fragmente von Ost-Gondwana (oder von Eurasien?), wie Tibet, sich schon im Perm von ihren Stammkontinenten abspalteten.

Der Zustand Pangaea beherrscht, trotz diesen ersten Anzeichen des kommenden Zerfalls, das Erdbild der Trias. Die gegenseitige Lage der Großkontinente (nicht aber der zahlreichen Displaced Terranes, s. unten) ist durch die geologischen Zusammenhänge und durch die Ergebnisse der Paläomagnetik in den großen Zügen gesichert (SMITH & HALLAM, 1970; SMITH, BRIDEN & DREWRY, 1973; KREMP, 1977; SMITH, 1981; THOMPSON & CLARK, 1982; Referat SOFFEL). Falls die Erde sich seither nicht wesentlich ausgedehnt hat und falls das Areal-Verhältnis zwischen Ozeanen und Kontinenten immer ungefähr gleich geblieben ist, mußte die Pangaea von einem gewaltigen Ozean, der Panthalassa, umgeben sein, der fast  $\frac{2}{3}$  der Erdoberfläche bedeckte. Von diesem Super-Pazifik gingen zwei große Golfe aus, die Tethys zwischen Eurasien und Gondwana sowie das arktische Meer zwischen Eurasien und Nordamerika (wobei Teile des äußeren NE-Sibiriens Nordamerika zugehört haben können). Das Ostgrönland-Rift ist dem arktischen, die Straße Oman-Mosambik dem Tethys-Golf zugeordnet.

Aber welches war die Natur der Panthalassa, und was wissen wir über den triadischen Pazifik? Aus dem heutigen Pazifik sind ja keine Gesteine von vor-mitteljurassischem Alter bekannt, so daß wir die Spuren des paläozoischen und frühmesozoischen Pazifik in den zirkumpazifischen Kettengebirgen suchen müssen.

Paläozoische und triadische marine Formationen im Westen der beiden Amerika (Referat GEYER), sowie in Ostasien und auf Neuseeland lassen darauf schließen, daß während dieser ganzen Zeit Meer im Bereich des zukünftigen Pazifik lagen. Möglicherweise gilt dies schon für das jüngste Proterozoikum. Diese zirkumpazifischen Meere sind teils epikontinentalen Charakters — wobei aber meist offenes Meer auf der dem Pazifik zugewandten Seite angenommen werden muß —, teils handelt es sich aber auch um mächtige, geosynklinale Pelit- und Grauwacken-Formationen.

Der triadische Pazifik ist seither offenbar unter die Amerikas und Australasien subduziert worden, und nur geringe Teile davon sind in den zirkumpazifischen Ketten erhalten geblieben. Die Subduktionen erfolgten bereits während der Trias. Triadische Faltungen und Granitintrusionen kennt man aus dem westlichen Amerika, Japan und China. Namentlich in Südamerika kommt landeinwärts ein sehr kräftiger andesitisch-dazitischer Vulkanismus vor.

War dieser triadische Proto-Pazifik ein echter Ozean? Dies ist an sich sehr wahrscheinlich, aber nicht streng bewiesen (s. HUGHES, 1975). Triadische Ophiolithe sind im zirkumpazifischen Bereich offenbar selten (JONES et al., 1980); dagegen gibt es mächtige vulkano-sedimentäre Folgen, die man als Überreste subduzierter Inselbögen interpretieren kann (nordwestliches Nordamerika, Neuseeland?).

Eine der interessantesten Entwicklungen während der letzten fünf Jahre ist der Nachweis der „Displaced Terranes“ (oder, vorsichtiger, „Suspect Terranes“). Eine größere Anzahl von kontinentalen und Inselbogen-Fragmenten im Westen von Nordamerika unterscheiden sich von den Serien des „autochthonen“ Nordamerika durch ihre Fazies, welche u. a. Karbonatfolgen enthalten (STANLEY, 1979; Referat STANLEY) und durch ihre Fauna, welche z. T. asiatische oder Tethys-Anklänge aufweist. Außerdem liefern diese Fragmente völlig aberrante paläomagnetische Daten. Auch wenn man die Deklinationen vernachlässigt, so lassen die Inklinationen doch den Schluß zu, daß einige von ihnen aus niederen paläomagnetischen Breiten stammen müssen. Dafür spricht auch die Analyse der Faunenprovinzen (Referat TOZER). Die Displaced Terranes sind offenbar durch ein kompliziertes und noch nicht überblickbares Geschehen von Subduktionen, Kollisionen, Rotationen und Horizontalverschiebungen an ihre jetzige Stelle gelangt.

Zweifellos ist der Nachweis solcher „Displaced Terranes“ eine Zeitmode geworden, und es vergeht kaum ein Monat, ohne daß ein neuer Anwärter entdeckt wird. Dabei vergißt man gelegentlich, daß auch in ganz gewöhnlichen Geosynklinalen sehr abrupte laterale Wechsel der Fazies und damit auch der Fauna auftreten können. Aber im Prinzip kann man es als gesichert ansehen, daß solche Fragmente existieren, nicht nur in Nordamerika (vgl. JONES et al., 1977; MONGER & IRVING, 1980), sondern wahrscheinlich auch in Südamerika (Referat CEDIEL), in Südostasien, wo Malaysia und selbst Süd-China als mögliche Displaced Terranes genannt wurden, sowie im SW-Pazifik (z. B. Neukaledonien — Neuseeland).

Dank diesen Überresten von Kontinenten und Inselbögen erahnen wir ein sehr komplexes Bild des pazifischen Raumes in der Trias, mit Kontinentalschollen, Kar-

bonatplattformen und vulkanischen Inselbögen. Sehr wahrscheinlich gab es auch echt ozeanische Bereiche. Sollte dieses Bild für Paläozoikum und Trias zutreffen, so könnte dies eine systematische Verschiebung des Arealanteils Kontinent-Ozean zu Lasten der kontinentalen Bereiche implizieren.

Auch beim arktischen Triasmeer wissen wir nicht, ob echt ozeanische Bereiche existierten. Randliche Ablagerungen dieses Meeres sind aus Nordost-Sibirien, Spitzbergen (Referat WEITSCHAL), Ostgrönland (Referat CLEMMENSEN), der kanadischen Arktis und dem nördlichen Alaska gut bekannt. Die wichtigste Verbindung mit der pazifischen Domäne erfolgte wohl über die Ketten von Verkhnoyansk, eine weitere über Alaska.

Besonders interessant und zum Teil noch schwer verständlich sind die Verhältnisse im Bereich der östlichen und zentralen Tethys, zwischen Südostasien und Iran. In der Literatur der letzten Jahre ist meist von zwei verschiedenen Tethys die Rede. Eine paläozoische bis triadische Paläotethys im Norden wäre durch die indosinischen Faltungen, die vom Kleinen Kaukasus über das nördliche Iran in die Ketten im Norden von Tibet ziehen und sich gegen Osten in mehrere Äste aufspalten (Tsinglingshan; Ailaoshan am Roten Fluß; Thailand — s. Referate HAHN und HELMCKE & LINDENBERG), geschlossen worden. Das Alter der indosinischen Bewegungen wird sehr verschieden angesetzt, von der Mitte der Triaszeit bis zur Mitte der Jurazeit; sicher gibt es nicht eine einzige „altkimmerische“ Phase.

Im Verlauf dieser Orogenesen wären Teile von Ost-Gondwana an Eurasien angeschweißt worden. Mehrere dieser Gondwana-Schollen — Displaced Terranes im oben erwähnten Sinn — würden heute in Tibet sowie in Teilen von Afghanistan und Iran vorliegen. Erst im Verlauf der Trias hätte sich dann weiter im S die Neotethys geöffnet, die dann im Verlauf der Kreide und des Tertiärs, durch die Norddrift Vorderindiens und Afro-Arabiens subduziert worden wäre: ihre Überreste sind heute u. a. in der Indus-Tsangpo-Sutu zu suchen (MOLNAR & TAPPONIER, 1975; ALAVI, 1979; SENGÖR, 1979; ZIEGLER, 1979; SINHA-ROY, 1981).

Diese These ist an sich plausibel, auch wenn sie ebenso sehr auf allgemeinen Deduktionen als auf konkreten Felddaten beruht. Die neuen Publikationen unserer chinesischen Kollegen (z. B. FAN, 1980; LI, 1981) enthalten eine Fülle von wertvollem Material, das noch nicht voll verarbeitet worden ist. Dagegen halte ich die Sprachregelung Paläotethys — Neotethys als verfrüht. Es wäre wohl besser, von einer nördlichen (generell älteren) und einer südlichen (generell jüngeren) asiatischen Tethys zu sprechen. Gegen W, im mediterranen Bereich, wird die Unterscheidung von Paläotethys und Neotethys undeutlich (vgl. ARGYRIADIS, 1974), ganz abgesehen davon, daß wir dort noch die Begriffe Neo-Neotethys (für die Atlantik-orientierten, jurassischen bis eoänen Meere), Neo-Neo-Neotethys (für das oligo-miozäne Ur-Mittelmeer) und schlußendlich gar Neo-Neo-Neo-Neotethys (für das pliozäne bis heutige Mittelmeer) einführen müßten (vgl. AUBOUIN et al., 1977; BERNOULLI & LEMOINE, 1980; BIJU-DUVAL et al., 1977).

Trotz ihrer komplexen Struktur und Entwicklung zeigt die Tethys erstaunlich homogene Faunen und Fazieskonvergenzen (Referat KRISTAN-TOLLMANN und TOLLMANN).

Der Südrand der südlichen Tethys ist in Südost-Asien und vor allem im Himalaya aufgeschlossen, dessen mächtige paläozoische Folgen immerhin auf die Existenz eines alten Meeres mit starker Absenkung im Norden des Indischen Kon-

tinalblocks hindeuten. Auch die „Neotethys“ muß somit eine alte Anlage besessen haben. Im eigentlichen Himalaya zeigt die Trias noch Flachwasser-Habitus, während weiter im N Tiefsee mit Hallstätter Fazies und der sogenannte triadische Flysch der Indus-Tsango-Furche lag (s. Referat GUPTA). Südliche Nebenmeere der Tethys lagen im NW von Australien und im NW von Madagaskar.

Die nördliche Tethys zeigt jedenfalls im westlichen China, in Zentralasien und vielleicht bis nach Makedonien mächtige Schieferfolgen. An einigen Stellen werden mögliche triadische Ophiolithe signalisiert (SENGÖR, YILMAZ & KETIN, 1980). Dieser Ast der Tethys kann im Prinzip mehr oder weniger ozeanischen Charakter aufgewiesen haben. Es ist im Augenblick noch schwierig, sich ein Bild vom genauen Alter, vom Ausmaß und von der Art der indosinischen Deformationen zu machen. Sicher sind die Verhältnisse nicht einfach (s. auch Referat DAVOUDZADEH & SCHMIDT). Ob der „Kimmerische“ Zwischenkontinent (oder, eher, die verschiedenen Kontinentalschollen zwischen der Türkei und Tibet) effektiv, wie meist angenommen wird, von Gondwana herzuleiten sei, läßt sich noch nicht schlüssig entscheiden. An der Existenz eines spätriadischen bis frühjurassischen orogenen Gürtels zwischen Südwestasien und China kann aber kaum gezweifelt werden.

Die komplexen, vorwiegend seichten bis mäßig tiefen Triasmeere von China können als nördliche Randmeere der Tethys im weiteren Sinn angesehen werden, wofür auch die Faunenbeziehungen sprechen (LI, 1980). Allerdings besteht auch die Möglichkeit, daß Teile Südchinas Displaced Terranes pazifischer Herkunft sind und erst durch indonesische und kretazische Orogenesen Eurasien angegliedert wurden.

In der westlichen Tethys, d. h. im Bereich der heutigen mediterranen Kettengebirge, wird die Unterscheidung von Paläotethys und sogenannter Neotethys undeutlich, wie wir bereits angedeutet haben. Auch wenn die triadischen Meere sich eine komplexe Gliederung aufwiesen, so zeigt sich in großen Zügen eine einigermaßen logische Abfolge von Faziesbereichen (s. Referat JACOBSSHAGEN).

Tiefseesedimente, mit Radiolariten und Schieferserien, sind im wesentlichen auf Kleinasien beschränkt (z. B. Antalya-Decken, s. ROBERTSON & WOODCOCK, 1981), greifen aber vielleicht bis in die Balkan-Halbinsel hinein. Einige Teile dieses südöstlichsten Sektors der mediterranen Tethys mögen durchaus ozeanischen Charakter aufgewiesen haben; triadische Ophiolithe kommen möglicherweise noch in der Türkei vor. Westlich daran schließt sich ein Gürtel mit pelagischen Kalken, vorwiegend mit Meerestiefen zwischen CCD und Bewegtwasser, der große Teile der Balkanhalbinsel umfaßt, aber auch noch bis Süditalien und in den Zentral- und Ostabschnitt der nördlichen Kalkalpen reicht. Hallstätter Kalke (s. Referat LEIN) und ähnliche, meist geringmächtige Kalk- und Pelitfolgen charakterisieren diesen Bereich, dessen Ablagerungen trotz der oft extremen Kondensationen gute biostratigraphische Abfolgen liefert. Nach außen, d. h. gegen W, N und S, wird dieser pelagische, aber nicht ozeanische Bereich von gewaltigen Seichtwasser-Karbonatfolgen umrahmt (s. Referat ZANKL), die teils in den intratidalen (Dachstein-), teils aber auch in den supratidalen (Hauptdolomit-) Bereich aufstiegen. Noch weiter von der südöstlichen Tethys weg liegen Gips- und Salz-Sabkhas mit Rot-schichten teils marinen, teils kontinentalen Ursprungs.

Natürlich entspringt dieses Bild einer groben Vereinfachung. Einerseits war dieses Westende der triadischen Tethys räumlich viel stärker gegliedert, so daß Karbonatplattformen und echte Riffe auch innerhalb des pelagischen Gürtels exi-

stieren konnten. Jedenfalls ist es klar, daß die Tethys als ozeanischer Bereich in SE-Europa, als pelagischer Bereich im zentralen Mittelmeer und als vollmariner Bereich im westlichen Mittelmeer gegen W zu blind endigte. Die westlichsten Vorkommen von alpiner Trias, im südlichen Andalusien und nördlichen Marokko, liegen in einem Displaced Terrane, dessen ursprüngliche Lage, auf Afrika bezogen, wohl N von Tunesien gesucht werden muß.

Auch in bezug auf die zeitliche Entwicklung verschieben sich die Faziesgürtel im Verlauf der Trias. Dabei kann man generell erkennen, daß sich Transgressionen, Subsidenzen und synsedimentäre Bruchtektonik von SE gegen NW verschieben. In der paläotektonischen Entwicklung gehen die Helleniden den Ostalpen und diese wiederum den Westalpen voraus. So finden wir in den griechischen Ketten bereits in der Mitteltrias die Abschiebungen und Bruchspalten-Bildungen (s. Referat FÜCHTBAUER & RICHTER), die in den Ostalpen erst in der Obertrias und in den Westalpen erst im Lias einsetzen. Die östliche Tethys, deren marine Ablagerungen im Perm erst bis in die östlichen Südalpen, bis Sizilien und bis Süd-Tunesien gereicht hatten, dehnt sich im Verlauf der Trias aus und vertieft sich. Westlich der Adria dominieren aber weiterhin Ablagerungen sehr seichten Wassers, von einigen euxinischen Senken und vulkanisch beeinflussten Becken abgesehen. Die Rolle des vorwiegend mitteltriadischen Vulkanismus und Plutonismus, namentlich im klassischen Gebiet der Dolomiten, ist heute wieder stark in Diskussion. Während die meisten Geologen diesen mit Bruchtektonik verbundenen Vulkanismus auf ein abortives, verfrühtes Rifting zurückführen (z. B. BECHSTÄDT et al., 1978), haben italienische Autoren (CASTELLARIN et al., 1980), in den letzten Jahren Anzeichen kompressiver Tektonik geltend gemacht und ein Subduktions-Modell konstruiert. Es wäre wohl verfrüht, dieses Modell ohne weiteres zu akzeptieren. Im Prinzip ist es aber nicht undenkbar, daß indosinische Kompressionstektonik bis nach Südost-Europa verfolgt werden kann (s. auch Referat KOPP & WERNADO).

Sicher entspricht die Wende Mitteltrias-Obertrias einer bedeutenden Umgestaltung der paläogeographischen Situation (s. Referat BRANDNER). Erst im oberen Carnian und im Norian stellen sich wieder die ruhigen Karbonatplattformen ein. Die bedeutenden Pb-Zn-Vererzungen der Alpen und anderer mediterraner Gebiete (s. Referat WALTHER) hängen wohl irgendwie mit dieser carnischen Krise zusammen, deren geotektonische Bedeutung noch ungewiß ist.

Nördlich an die westliche Tethys schließt sich nun das Germanische Trias-Bekken an, das klassische Gebiet, wo vor demnächst 150 Jahren, 1834, der Begriff Trias durch VON ALBERTI geschaffen wurde. Auch wenn sie sich schlecht für die Aufstellung einer Standardskala eignet, liefert die Germanische Trias außerordentlich wichtige Beispiele für die Sedimentation in kontinentalen Senken und in Flachmeeren, wo sich eustatische, klimatische und tektonische Zyklen sehr fein abbilden. Die Korrelation der Germanischen Triasablagerungen mit denjenigen der Tethys, aber auch mit denjenigen der von den marinen Transgressionen kaum erreichten Randgebiete (s. Referat WARRINGTON) hat in der letzten Zeit wichtige Fortschritte gemacht.

Die Probleme der Germanischen Trias werden von berufener Seite dargestellt werden (s. Referat SCHRÖDER und viele andere). Was dem alpinen Geologen dort vor allem auffällt, ist die geradezu majestätische Ruhe der Ablagerungen — von Steinbruch zu Steinbruch dieselbe Abfolge, und dies in einem sehr empfindlichen

Milieu. Vielleicht befand sich das Germanische Becken in einer Art tektonisch neutraler Zone, zwischen der indosinischen Kompressionstektonik des Ostens und der proto-atlantischen Zerrungstektonik des Westens.

Auch südlich und westlich an die Meere der westlichen Tethys schließen sich intrakontinentale Senken an, in welche das Meer von Zeit zu Zeit, namentlich zwischen Spathian und Carnian, eindrang. FRANCIS HIRSCH (1972) hat diese Becken, die von Katalonien über Andalusien, den Maghreb und Libyen bis nach Israel und Jordanien reichen, als Sephardische Triasprovinz bezeichnet. In einigen dieser Becken ist eine analoge Entwicklung wie im Germanischen Becken erfolgt, wohl im Zusammenhang mit eustatischen Meeresspiegelschwankungen. Auch die Fauna zeigt z. T. ähnlichen Charakter, mit Dominanz von euryhalinen und eurythermen Formen. Die Verbindungen der sephardischen Triasbecken zur Tethys scheinen meist recht offen gewesen zu sein. Die Existenz eines triadisch-jurassischen Kontinentalrandes in der Levante (FREUND et al., 1975) hat schon zur Annahme geführt, das östlichste Mittelmeer sei ein Überrest der mesozoischen Tethys.

Während das Germanische Becken wenig kontemporäre Bruchtektonik und keinen Vulkanismus aufweist, zeigen nördlich und westlich anschließende, weitgehend kontinentale bis paramarine Triaströge viel deutlichere Anzeichen von Zerrungs- und Scherungs-Tektonik. Dies gilt sowohl für die Grabensysteme der Nordsee wie für die SW-französischen, iberischen und marokkanischen Triasbecken (VAN HOUTEN & BROWN, 1977), die mit Rotschichten, Evaporiten und wenigen normal-marinen Einschaltungen gefüllt sind (s. Referat ZIEGLER). Für die SW-europäischen und west-maghrebinischen Trias-Rifts ist außerdem der basische Vulkanismus der sog. Ophite kennzeichnend. Sie gehören offenbar zu einem proto-atlantischen Riftsystem, welches jenseits des heutigen Atlantik die bekannten Trias-Gräben und -Halbgräben, von Neuschottland bis Süd-Carolina umfaßt (s. Referat MANSPEIZER). Diese Bruchtätigkeit beginnt im östlichen Nordamerika im Carnian und reicht bis weit in den Lias hinein; erst im Dogger, mit dem Aufreißen des ersten ozeanischen Atlantik, klingt sie ab, wie übrigens auch im Mittelmeerbereich. Ob es flache Triasmeere in diesem vor-ozeanischen Nordatlantik gab, ist aus der publizierten Literatur schwer ersichtlich. Jedenfalls existierten solche Meere im unteren Jura, W von Portugal und W von Schottland.

Das vor-ozeanische Rifting des Nordatlantik schreitet offenbar von N nach S fort: in Ostgrönland beginnt es schon im oberen Perm, an der Ostküste der U.S.A. erst in der oberen Trias. Der ozeanischen Öffnung des Atlantik — nach neuen Daten (SHERIDAN & GRADSTEIN, 1981) um 165 ma, d. h. im Dogger — ging eine komplexe vor-ozeanische Entwicklung voraus. Dies gilt auch für die westliche Tethys, deren älteste Ophiolithe ebenfalls Dogger-Alter haben.

In den Südkontinenten sind marine Triasablagerungen vor allem an den Kontinentalrändern zum Proto-Pazifik (Neuseeland, westliches Südamerika (Referat DO CARMO FARIA), im südlichen Afrika (Referat MARTIN) und im östlichen derindien, NW-Australien) erhalten. Ansonsten ist die Trias durch mächtige kontinentale Sedimente vertreten, so in verschiedenen Teilen von Südamerika (s. Referat DO CARMO FARIA), im südlichen Afrika (Referat MARTIN) und im östlichen Australien (s. Referat WOPFNER). Im allgemeinen wird angenommen, daß der Südatlantik zu dieser Zeit noch geschlossen gewesen sei. Die paläomagnetischen



Daten (s. Referat SCHULT) scheinen einen allerdings noch ungewissen Anhalt für die Existenz eines frühen Südatlantik zu liefern. Die in der Kreide von Kamerun aufgearbeiteten Trias-Conodonten (DIEBEL, 1956) sprechen jedenfalls für das Vorhandensein eines schmalen triadischen Meeres im Bereich des künftigen Südatlantik.

Es ist wohl noch nicht möglich, ein zuverlässiges Bild der eustatischen Meeresspiegelbewegungen zur Triaszeit zu gewinnen. Sicher ist, daß die permo-triadische Faunenwende mit einer weltweiten Regression zusammenfällt, deren Maximum offenbar nicht überall gleichzeitig eintrat. So fehlt in vielen Profilen das Dorashamian, die oberste Permstufe, und in vielen anderen die Otoceras-Zone der untersten Trias. Im Verlaufe der Triaszeit dehnt sich die Transgression generell aus, allerdings mit Zäsuren an der Wende Spathian — Anisian und im oberen Ladinian. Dabei fällt allerdings auf, daß die Transgressionen in manchen Becken zu verschiedenen Zeiten erfolgen. Das Ende der Trias ist wiederum durch eine scharfe Regression gekennzeichnet, trotz der lokalen Rhaet-Transgression in Westeuropa.

Von Westeuropa aus betrachtet, ist das Klima der Triaszeit durch große Aridität gekennzeichnet. Dieser Eindruck ist wohl gerechtfertigt. In einigen Gebieten erklärt sich die zunehmende Austrocknung dadurch, daß sich Kontinente aus humiden in aride Klimazonen verschieben; besonders klar ist dies im südlichen Afrika, wo die Klimaentwicklung von glazial über kühl-humid zu warm-semiarid und schließlich zu warm-arid auf die Norddrift Afrikas zurückgeführt werden kann. Zweifellos aber überlagert eine globale Klimaveränderung, die sich schon seit Mitte der Permzeit angekündigt hatte, diese regionalen Effekte.

Die nachfolgenden Überlegungen stützen sich weitgehend auf die Zusammenstellung von HABICHT (1979).

Die letzten Gondwana-Gletscher verschwanden offenbar im Oberperm von Ost-Australien. Aus der Trias sind keine sicheren Anzeichen polarer Vereisungen beschrieben worden.

Der Nordpol lag, auf Eurasien bezogen, im Gebiet der Kurilen. Die vorwiegend detritischen, grauen Ablagerungen von Japan und des sowjetischen Fernen Ostens können damit gut in einen gemäßigt-humiden nördlichen Polargürtel passen. Auch in der kanadischen Arktis und in der autochthonen Trias des nordwestlichen Amerika herrschen solche Sedimente vor; in Grönland sind sie auf die unterste Trias beschränkt, wo der auffallende reichliche detritische Biotit ein Anzeiger relativ kühlen Klimas sein könnte. Karbonatgesteine fehlen dieser arktischen Klimaprovinz nicht völlig. Die meisten kalkreichen Folgen des nord-westlichen Nordamerika werden heute allerdings meist Displaced Terranes, äquatorialen Ursprungs, zugeordnet (s. S. 714).

Die Kohlen von Japan, Korea und der Kanadischen Arktis können ebenfalls dem nördlichen humiden Gürtel zugeordnet werden.

Der antarktische humide Bereich ist demgegenüber weniger gut dokumentiert. Die australischen Kohlen sowie die Molteno-Kohlen Südafrikas können aus diesem Klimabereich stammen.

Zwischen diesen beiden Regengürteln liegt ein riesiges Areal mit Rotschichten. Sie sind in allen Kontinenten entwickelt und tragen wesentlich zum besonderen „Phänomen Trias“ bei. Die Polargrenze der Rotschichten liegt

meist bei 50° n. und s. Breite; vereinzelt kommen Rotschichten aber auch in viel höheren Paläobreiten vor. Diese roten Sandsteine und Silte können recht verschiedene, aber durchwegs warme Klimatypen repräsentieren. In Frage kommen sowohl aride und semiaride als auch wechselfeuchte Zonen, mit abwechselnden Regen- und Trockenzeiten. Wechselfeuchtes Klima ist namentlich für diejenigen Areale wahrscheinlich, wo die Rotsedimente nicht mit Evaporiten vergesellschaftet sind und keinen Caliche enthalten, wie etwa Australien, südliches Afrika, östliches Südamerika, mittleres Nordamerika, Rußland und Zentralasien, d. h. also Gebiete zwischen den polaren niederschlagsreichen Zonen und dem äquatorialen Trocken-gürtel.

Auch die wichtigsten Karbonat-Plattformen liegen im äquatorialen Gürtel und umgeben vor allem die Tethys s. l.

Nicht nur Rotschichten, sondern auch Evaporite, Gips und Steinsalz, sind in der Trias viel stärker verbreitet als in vielen anderen Systemen (s. Beitrag Busson). Die wichtigsten Salzgebiete sind die Germanischen, Sephardischen und Proto-atlantischen Becken und Gräben um das Westende der Tethys sowie nördliche und südliche Nebenmeere der zentralen und östlichen Tethys, bis ins südliche China. Ein weiteres, sehr ausgedehntes Areal liegt im Umkreis des Golfes von Mexiko, der sich um diese Zeit gerade einzusenken beginnt; allerdings ist der Großteil dieser Salze wohl unterjurassischen Alters. An vielen Orten beginnt die Evaporit-Bildung schon im oberen Perm und setzt sich in den Unteren Jura hinein fort.

Auffallend ist nun, daß viele dieser Evaporitbecken auf sehr niedrigen Paläobreiten liegen. Der Golf von Mexiko, Südspanien-Marokko, Nordarabien sind praktisch am Äquator, auch Süddeutschland nur unter etwa 10° n. Br. Er hat den Anschein, als ob sich die aride Zone über das Äquatorialgebiet hinweg erstreckte; Anzeichen eines äquatorialen Regengürtels sind ungewiß. Auch die wenigen Kohlen des tropischen Gürtels können z. T. in Küstensümpfen entstanden sein, z. T. auch in Flußniederungen, die ihre Feuchtigkeit von Strömen aus niederschlagsreicheren Hochgebieten bezogen, ähnlich etwa den Papyrus-Sümpfen des Weißen Nil im ariden Sudan. Auch paläobotanische Daten (VISCHEK & VAN DER ZWAN, 1981) lassen kaum Anzeichen eines humiden Gürtels am Äquator erkennen.

Trotz dieser weitverbreiteten Aridität der außerpolearen Zonen sind eigentliche Sandwüsten selten, besonders wenn man berücksichtigt, daß der Cave Sandstone von Südafrika und der Botucatü-Sandstein Brasiliens, ebenso wie der Navajo-Sandstein der südwestlichen U.S.A., heute in den Unteren Jura gestellt werden.

In diesem grob vereinfachten Bild sind selbstverständlich die lokalen Klima-einflüsse und die zeitlichen Klimaschwankungen, die gerade in der Germanischen Trias so gut dokumentiert sind, nicht berücksichtigt.

Gibt es ein „Phänomen Trias“?

Solche Fragen rühren natürlich ans Grundproblem des Aktualismus. Am fundamentalen Hutton'schen Aktualismus, am Prinzip, daß physikalische Gesetze und damit auch chemische Reaktionen seit Anbeginn der Zeiten gleich geblieben sind, ist nicht zu rütteln, wohl aber am pausbäckigen Lyell'schen Aktualismus,

der annahm, daß die Prozesse auf der Erde immer auch quantitativ den heutigen vergleichbar gewesen seien.

Ohne Zweifel haben wir Schwierigkeiten, heutige Analoga für triadische tektono-sedimentäre Milieux zu finden. Liegt dies an einem besonderen „Phänomen Trias“, oder nicht vielmehr an einem besonderen „Phänomen Holocaen“?

Einige Besonderheiten der triadischen Sedimentation lassen sich zwanglos aus den Besonderheiten der damaligen Geographie verstehen. So läßt sich z. B. der Gegensatz zwischen den offenen, normal-marinen Flachmeeren des Jura und den weniger bewegten, abgeschlossenen „Trias“-Meeren Westeuropas weitgehend erklären. Dies wird durch die Lage der germanischen und sephardischen Binnenmeere im Umkreis eines gegen W geschlossenen Tethysgolfs verständlich. Mit der frühjurassischen Vertiefung und Ausbreitung der Tethys, und ganz besonders mit ihrer mitteljurassischen Öffnung zum ersten Atlantik, mußte sich die allgemeine Situation zwangsläufig ändern.

Die Trias gilt als geokratische Periode; der Anteil der meerbedeckten Kontinentalplattformen war wohl nur wenig größer als der heutige. Das große Problem ist die Tiefe und Ausdehnung der triadischen Ozeane, worüber wir nur wenig wissen. Es sind sehr wenig triadische Ophiolithe den heutigen Kontinenten einverleibt worden, im Gegensatz zu den viel häufigeren ordovizischen, jurassischen und kretazischen Ophiolithen. Subduktionsprozesse waren aber offenbar im Umkreis des gesamten Pazifik im Gange, ferner gewiß im Bereich der asiatischen indosinischen Faltungen. Ob das Kapgebirge Südafrikas sowie die entsprechenden Sierras des östlichen Argentinien in der Trias oder schon im Perm aufgefaltet wurden, läßt sich vorderhand schwer beurteilen.

Klimatisch zeigt die Trias gewiß besondere Züge, namentlich mit dem scheinbaren Fehlen eines äquatorialen Regengürtels. Da mit der Tethys ein breiter Meeresarm in die äquatoriale Zone hineinreichte, läßt sich diese Abnormität wohl kaum durch lokale Ursachen erklären. Sehr wahrscheinlich müssen globale Ursachen für die auffallende Aridität des Großteils der Erde verantwortlich sein.

Auffallend ist auch die Häufung von triadischen Evaporiten. Wahrscheinlich dürfen wir annehmen, daß die Tethys normalen bis leicht übernormalen Salzgehalt aufwies. Theoretisch könnte man vermuten, daß die Salzfallen des Golfs von Mexiko (?), und namentlich der Becken im Umkreis der Tethys dem Ozean einen Teil seiner gelösten Stoffe entzogen hätten, und daß namentlich die nordpazifischen und arktischen Meere subnormale Salinität aufgewiesen hätten. Die geringere Faunendiversität dieser Bereiche gegenüber der Tethys könnte ein Hinweis auf geringeren Salzgehalt (neben niedriger Temperatur) sein. Doch sind dies zur Zeit, bevor stabile Isotope zuverlässige Messungen von Paläosalinitäten erlauben, reine Spekulationen.

Auf viele solche Spekulationen sind wir für die triadischen und älteren Systeme angewiesen, da wir das Erdbild dieser Zeiten nur aus lückenhaften kontinentalen Daten zusammenstellen müssen: In dieser Hinsicht gehört die Trias dem Ende des „finsternen Mittelalters“ der Geologie an (T. TOZER, dieses Heft). Die Daten aus den heutigen Ozeanen erlauben vom mittleren Jura an, und namentlich für die Kreide und das Tertiär, eine ungleich befriedigendere Rekonstruktion der Geschichte unseres Planeten. Trotzdem ist die Trias eine faszinierende Zeit, zu deren Kenntnis die Vorträge dieser Tagung entscheidend beitragen werden.

## Literaturverzeichnis

- ALAVI, M.: The Virani Ophiolite Complex and surrounding rocks. — *Geol. Rundschau*, **68/1**; 334—341, 1979.
- ARGYRIADIS, I.: Mésogée permienne, Chaîne hercynienne et cassure téthysienne. — *Bull. Soc. Géol. France* (7) **17**, 56—67, 1974.
- AUBOUIN, J., BLANCHET, R., STEPHAN, J.-F., TARDY, M.: Téthys (Mésogée) et Atlantique: Données de la géologie. — *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 285, 1977.
- BECHSTÄDT, T., BRANDNER, R., MOSTLER, H., & SCHMIDT, K.: Aborted rifting in the Triassic of the Eastern and Southern Alps. — *N. Jb. Geol. Palaeont. Abh.*, **126**: 157—178, 1978.
- BERNOULLI, D., & LEMOINE, M.: Birth and early evolution of the Tethys: the overall situation. — *Mém. Bur. Rech. Géol. Min.* **115**, 168—179, 1980.
- BIJU-DUVAL, B., DERCOURT, J., & LE PICHON, X.: From the Tethys Ocean to the Mediterranean Seas: a plate tectonic model of the evolution of the Western Alpine System. — *Int. Symp. Struct. Hist. of Mediterr. Basins*, Split 1976. Technip, Paris, 143—164, 1977.
- CALLOMON, J. H., DONOVAN, D. T., & TRÜMPY, R.: An annotated map of the Permian and Mesozoic formations of East Greenland. — *Medd. om Grønland*, **168/3**, 35 pp., 1972.
- CASTELLARIN, A., et al.: Middle Triassic magmatism in the Southern Alps. II: A geodynamic model. — *Riv. Ital. Paleont.*, **85/3—4**, p. 1111—1124, 1980.
- DIEBEL, K.: Conodonten in der Oberkreide von Kamerun. — *Geologie* (Berlin), **5**, p. 424—450, 1956.
- FAN, J.: The main features of marine Triassic sedimentary facies in southern China. — *Riv. Ital. Paleont.*, **85/3—4**, p. 1125—1146, 1980.
- FREUND, R., et al.: The Triassic-Jurassic structure of Israel and its relation to the origin of the Eastern Mediterranean. — *Geol. Surv. Israel Bull.*, **65**, 26 pp., 1975.
- HABICHT, J. K. A.: Paleoclimate, Paleomagnetism, and Continental Drift. — *AAPG Studies in Geol.*, **9**, 31 pp., 1979.
- HIRSCH, F.: Middle Triassic Conodonts from Israel, Southern France and Spain. — *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Innsbruck*, **21**, p. 811—828, 1972.
- HUGHES, T.: The Case for Creation of the North Pacific Ocean during the Mesozoic Era. — *Paleogeogr., Paleoclimat., Paleoecol.*, **18**, p. 1—43, 1975.
- JONES, D. L., SILBERLING, N. J., & HILLHOUSE, J.: Wrangellia — a displaced terrane in northwestern North America. — *Canad. Journ. Earth Sci.*, **14**, p. 2565—2577, 1977.
- JONES, D. L., SILBERLING, N. J., CSEJTEY, B., NELSON, W. H., & BLOME, C. D.: Age and structural significance of ophiolite and adjoining rocks in the Upper Chulitna District, south-central Alaska. — *U. S. Geol. Survey Prof. Paper* 1121—A, 21 pp., 1980.
- KOZUR, H.: Probleme der Triasgliederung und Parallelisierung der germanischen und tethyalen Trias. Teil II: Anschluß der germanischen Trias an die internationale Triasgliederung. — *Freiberger Forschungsab.*, **C 304**, p. 51—77, 1975.
- KREMP, G. D. W.: The positions and climatic changes of Pangaea and five Southeast Asian Plates during Permian and Triassic times. — *Paleo Data Banks* (Tucson), **7**, p. 1—21, 1977.
- KRYSTYN, L.: Zur Ammoniten- und Conodonten-Stratigraphie der Hallstätter Obertrias (Salzkammergut, Österreich). — *Verh. Geol. Bundesanstalt* (Wien), 1973, **1**, 113—153, 1973.
- LI, Zi-Shun: The stratigraphic regionalization of the Triassic in China. — *Riv. Ital. Paleont.*, **85/3—4**, p. 1147—1156, 1980.
- MOLNAR, P., & TAPONIER, P.: Cenozoic tectonics of Asia; effects of a continental collision. — *Science* (AAAS), **189**, no. 4201, p. 419—426, 1975.

- MONGER, J. W. H., & IRVING, E.: Northward displacement of north-central British Columbia. — *Nature*, **285**, p. 289—294, 1980.
- NEWELL, N. D.: The very last moment of the Paleozoic Era — In: *The Permian and Triassic Systems and their mutual Boundary* (Logan & Hills, eds.), *Canad. Soc. Petrol. Geol.*, 1—10, 1973.
- ROBERTSON, A. H. F., & WOODCOCK, N. H.: Gödene Zone, Antalya Complex: volcanism and sedimentation along a Mesozoic continental margin, S. W. Turkey. — *Geol. Rundschau* **70**, 3, p. 1177—1214, 1981.
- SENGÖR, A. M. C.: Mid-Mesozoic closure of Permo-Triassic Tethys and its implications. — *Nature*, **279**, 590—593, 1979.
- SENGÖR, A. C. M., YILMAZ, Y., & KETIN, I.: Remnants of a pre-Late Jurassic ocean in northern Turkey: Fragments of Permian-Triassic Paleo-Tethys? — *Geol. Soc. Amer. Bull.*, pt. 1, **91**, 599—609, 1980.
- SHERIDAN, R. E., & GRADSTEIN, F. M.: Early history of the Atlantic Ocean and gas hydrates in the Blake outer ridge. Results of the Deep Sea Drilling Project. — *Episodes* No. 2, p. 16—22, 1981.
- SINHA-ROY, S.: Reactivated Tibetan block in a Tethyan context. — *Journ. Struct. Geol.*, **3/4**, p. 459—465, 1981.
- SMITH, A. G.: Phanerozoic Equal-Area Maps. — *Geol. Rundschau*, **70/1**, p. 91—127, 1981.
- SMITH, A. G., & HALLAM, A.: The fit of the southern continents. — *Nature*, **225**, p. 139—144, 1970.
- SMITH, A. G., BRIDEN, J. C., & DREWY, G. E.: Phanerozoic World Maps. — in: *Organisms and Continents through time* (Hughes, ed.), *Spec. Papers, Paleont. Assoc.*, **12**, p. 1—42, 1973.
- STANLEY, G. D. JR.: Paleocology, structure and distribution of Triassic coral buildups in western North America. — *Univ. Kansas Paleont. Contr.*, **65**, 68 pp., 1979.
- THOMPSON, R., & CLARK, R. M.: A robust least-squares Gondwanan apparent wander path and the question of paleomagnetic assessment of Gondwanan reconstructions. — *Earth & Planet. Sci. Lett.* **57**, p. 152—158, 1982.
- TOZER, E. T.: A standard for Triassic time. — *Geol. Survey Canada Bull.*, **156**, 103 pp., 1967.
- : Latest Triassic (Upper Norian) Ammonoid and Monotis faunas and Correlations. — *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **85/3—4**, p. 843—876, 1980.
- : Triassic Ammonoidea: geographic and stratigraphic distribution. — In: *The Ammonoidea* (House & Senior, eds.), *Systematics Ass. Special vol.*, p. 397—431, 1981.
- VALENTINE, J. W., & MOORES, E. M.: Provinciality and diversity across the Permian-Triassic boundary. — In: *The Permian and Triassic Systems and their mutual Boundary* (Logan & Hills, eds.), *Canad. Soc. Petrol. Geol.*, 759—766, 1973.
- VAN HOUTEN, F. B., & BROWN, R. H.: Latest Paleozoic-Early Mesozoic paleogeography, northwestern Africa. — *Journ. Geology*, **85**, p. 143—156, 1977.
- VISSCHER, H., & VAN DER ZWAN, C. J.: Palynology of the Circum-Mediterranean Triassic: Phytogeographical and Paleoclimatological implications. — *Geol. Rundschau*, **70/2**, p. 625—636, 1981.
- ZIEGLER, A., et al.: Paleozoic paleogeography. — *Ann. Rev. Earth & Planet. Sci.*, **7**, p. 473—502, 1979.