

ZUR KENNTNIS DER AMPHICLINEN-SCHICHTEN SLOWENIENS

Mit 4 Textabbildungen und 2 Tafeln

Die von *Kossmat* benannten Amphiclinen-Schichten wurden bei Huda južna im Bača-Tal und in der Umgebung von Poče, S-Porezen (W-Slovenien) eingehend untersucht. Conodonten und Cephalopoden stufen den Tonschieferkomplex mit Einschaltungen von Sandsteinen und Kalkbänken in das obere Karn ein.

1. EINLEITUNG

In Zusammenhang mit lithogenetischen Untersuchungen der Lehrk. f. Paläont. & Hist. Geologie der Univ. Graz wurde 1966 im Bača-Tal ein etwa 8,5 m mächtiges Straßenprofil bankweise beprobt. Es befindet sich ca. 65 m SW des Hauses »Zapujler«, Huda Južna 27, an der Straße Škofja Loka (Bischoflack) – Tolmin. Die Amphiclinen-Schichten werden hier von einer Wechsellagerung von Tonschiefern und Kalken gebildet. Diese Folge gab Anreiz neuerlich dem Problem der Entstehung derartiger Wechsellagerungen näher zu treten. Nach den ersten Untersuchungen erwies es sich als notwendig eine weitere engere Beprobung vor allem auch der bei der ersten Begehung nur teilweise entnommenen Tonschieferlagen durchzuführen. Sie geschah im Frühjahr 1968.

Die Begehungen erfolgten mit Unterstützung durch die Hohe Österr. Akademie der Wissenschaften an den österr. Autor, wofür auch an dieser Stelle gedankt wird.

Mineralogische Untersuchungen wurden durch Frau Doz. Dr. E. M. Walitzi und Doz. Dr. H. Höllner (beide Mineral.-Petrogr. Inst., Univ. Graz, Vorstand Prof. Dr. H. Heritsch) in entgegenkommender Weise durchgeführt. Ihnen sind wir ebenso, wie Herrn Prof. Dr. K. H. Wedepohl (Geochemisches Institut Univ. Göttingen) für die Bestimmung des Sr-Gehaltes einiger Proben zu Dank verpflichtet. Endlich verdanken wir Prof. Dr. mult. O. Kühn, (+) die Bestimmung eines Ammoniten.

2. HISTORISCHER ÜBERBLICK (A. R.)

Die 1907 von *Kossmat* benannten Amphiclinen-Schichten wurden schon von *Stur* (1858:335) näher untersucht. Er bezeichnete sie als Cassianer Schichten. Sie bestehen teils aus grauen oder braunen groben Sandsteinen, in denen bei Grahovo

und Koritnica *Equisetites columnalis* Brongniart nicht selten auftritt, teils aus schwarzen, glänzenden, dünn-schieferigen Schiefern, mit Spuren von kleinen verdrückten Posidonomyen, und aus kalkig-mergeligen Gebilden, die in dünneren Schichten miteinander wechseln und bei Sela, N von Podmelec eine große Menge von Versteinerungen führen, die sie als echtes St. Cassian charakterisieren. Nebst einigen Brachiopoden und vielen Bruchstücken wurden *Ammonites aon* Münster, *Cidaris dorsata* Münster, *Cidaris decorata* Münster, *Turritella lommeli* Münster und *Avicula bicorsata* Münster gesammelt. Stur stellte weiterhin fest, dass diese Schichten nur einen schmalen, nie über 20 Klafter mächtigen Zug haben und gibt ihre genaue Ausdehnung an.

Bittner (1890:122, 123) beschrieb von der Lokalität Selo folgende Brachiopoden: *Amphiclina amoena* n. sp., *Amphiclina aptera* n. sp., *Amphiclina sturii* n. sp., *Spirigera flexuosa* Münster, *Retzia* n. sp.?, *Spiriferina* sp., *Thecospira tyrolensis* Loretz, *Rhynchonella subacuta* Münster und *Terebratula* sp.

Kossmat (1901:107) berichtete von den schwarzen, matten und bröckeligen Schiefern mit eingelagerten, meist kiesführenden Sandsteinen und Breccienbänkchen, zum Teil auch festen Kalklagen, in denen man gelegentlich einige Fossilreste (Brachiopoden, Echinodermen) findet. Besonders charakteristisch ist die Fauna, welche bei dem Dorfe Sela (= Selo) unweit von Podmelec in den Schichten dieser Zone vorkommt und von Stur entdeckt wurde. Er nennt ferner die von Bittner bestimmten Brachiopoden. Weiterhin kommen dort Cephalopodenreste (*Orthoceras*, nach Stur auch *Trachyceras aon*), Cidariten etc. vor. Der Erhaltungszustand in dem zähen, schwarzen, grobsandig anwitternden Kalke ist nicht günstig. Kossmat hat in den ersten Jahren seiner Untersuchungen im Bača-Gebiet und in der Umgebung für diese Schichten die von Stur gebrauchte Bezeichnung »Cassianer Schichten« beibehalten.

Im Jahre 1903 berichtete Kossmat (1903:113), dass die Trias im Bereiche des Bača-Tales mit einem sandig-schieferigen Horizont, welcher sich durch seine Fauna als mitteltriassisch erweist und an die Cassianer oder Carditaschichten nahe anschliesst, beginnt.

In der vergleichenden stratigraphischen Tabelle (Seite 123) stellte er diese Schichten in den tieferen Teil der Obertrias, Es kommen graue und braune Sandsteine, Konglomerate, schwarze Schiefer und unreine Kalkeinlagerungen vor. Er parallelisiert diese Schichten mit den Cardita-Schichten und dem Niveau der *Amphiclina amoena* Bittner bei Selo in der Tolmeiner Gegend.

Die Bezeichnung Amphiclinen-Schichten wurde im Jahre 1907 von Kossmat (1907:10, 11) aufgestellt. »Am meisten verbreitet sind schwarze, in der Regel durch den Gebirgsdruck stark verquetschte Tonschiefer mit Einlagerungen von grauen, braun verwitternden Quarzsandsteinen, welche häufig Tonschieferfetzen, Pflanzenspuren und Pyriteinsprengungen enthalten. Auch treten Konglomeratlagen mit Geröllen von Kalk und Felsitporphyr auf, ferner Einschaltungen von braungrauen oft knolligbrecciosen Kalkbänken, welche von einem eisenhaltigen, durch Verwitterung auffällig rostgelb gefärbten Adernetz tonigen Materials durchflochten sind.«

In der Geologischen Spezialkarte Bischoflack - Idria (Škofja Loka - Idrija) sind die Amphiclinen-Schichten als sandigtonige Schichten mit Amphiclinen ausgeschieden. In den Erläuterungen zu diesem Blatt sind die schon früher veröffentlichten Angaben über die Amphiclinen-Schichten wiedergegeben (Kossmat 1910:48-50). Die in die sandig-schieferige Fazies der Amphiclinen-Schichten eingeschalteten blaugrauen, oft knolligen Kalkbänke vermitteln die Verbindung mit den cidarisführenden Kalken. Nach den neuen Ansichten Kossmats wäre möglich, dass die Amphiclinengesteine noch in das Raibler Niveau emporreichen (1910:50).

Kossmat (1913) hat in der stratigraphischen Tabelle die Amphiclinen-Schichten meist in die ladinische Stufe eingereiht, die mit dem oberen Teil jedoch noch in die karnische Stufe reichen. Die Gesteine sind dunkle Schiefer und Sandsteine, z. T. amphiclinenführend, in Wechsel mit korallenführenden Kalken vom Charakter der »Cipitkalke«.

Später schrieb Kossmat (1936:143), dass die Pseudogailtaler Grauwacken nach oben in die dunklen Schiefer des Bačatales übergehen, die bei Podmelec eine kleine Cassianer Fauna mit *Cidaris dorsata* und *Amphiclinia amoena* in dunklen, rostig anwitternden Kalken enthalten.

Winkler (1924, Taf. III) hat nach Kossmats Vorstellungen den oberen Teil der Sandsteine und Schiefer der Amphiclinen-Schichten in die Karnische Stufe eingereiht.

Später bezeichnete Winkler (1936:170, 171) die Amphiclinen-Schichten als Flysch-ähnlich.

Rakovec (1933:137, 139) folgte hinsichtlich der Amphiclinen-Schichten Kossmat (1910) und zählte sie zu den Cassianer Schichten. Sie gehen nach oben in die Raibler Schichten über.

Zuletzt betonte Rakovec (1950:6, 7), dass die Amphiclinen-Schichten keine Fortsetzung der Pseudogailtaler Schichten darstellen und dass die Amphiclinen-Schichten nicht in die Pseudogailtaler Schichten eingereiht werden dürfen.

Ramovš (1958:40) meinte, dass ein Teil der Amphiclinen-Schichten im Bača Tal und am Südhang von Porezen wahrscheinlich ein Äquivalent der Cassianer Schichten sei, andere Teile dagegen karnischen Alters sind.

In der italienischen geol. Karte des Blattes Tolmino (Carta geol. delle tre Venezie, 1:100.000) werden die Amphiclinen-Schichten im Ganzen in die Karnische Stufe eingereiht und als »Strati di Raibl dei monti di Baccia« genannt. Auf Blatt Idria sind die Amphiclinen-Schichten als karnische »Scisti marnosi e argillosi arenacei scuri« und dazwischen liegende »Calcarei giallastri« ausgeschieden.

H. Flügel (1969:137) konnte in einem Vorbericht zu vorliegender Arbeit als deren stratigraphisches Ergebnis die Einstufung in das obere Karn durch Fossilien belegen.

3. FAUNA UND ALTERSEINSTUFUNG DER KALKE (H. F.)

An Makrofossilien fand sich lediglich ein Bruchstück eines Ammoniten; welcher von O. Kühn als *Paratropites cf. dittmari* Mojsisovics bestimmt wurde (Taf II, Fig. 1). Reicher war die im Dünnschliff und Säurerückstand der Kalke festgestellte Mikrofauna. Sie besteht aus Conodonten, Fischzähnen, Ostracoden, Holothurienskleriten, Prodissoconchen, meist verkiesten Kleingastropoden, Radiolarien, Foraminiferen sowie im Schliff nicht näher determinierbaren Filamenten, Sphären und Echinodermenplatten bzw. Echinoidenstacheln. Eine Zusammenstellung der Fauna zeigt folgende Liste:

- Paratropites cf. dittmari* Mojsisovics 1883
- Paragonolella polygnathiformis* (Budurov & Stefanov 1965)
- Ozarkodina tortilis* Tage 1956
- Enantiognathus ziegleri* (Diebel 1956)
- Mortsenites* sp.
- Theelia* sp.
- Calclamnoidea* sp.
- Priscopodatus* sp.
- Ammobaculites* sp.
- Rheophax* sp.
- Ammodiscus* sp.
- Saurichthys* sp.
- Ostracoda n. gen. et n. sp.

Für die Alterseinstufung ist neben dem oben genannten Ammoniten vor allem das häufige Auftreten von *Paragondolella polygnathiformis* (Budurov & Stefanov) von großer Bedeutung, da sowohl *Paratropites dittmari* als auch die angegebene Conodonten-Art leitend für das obere Karn (Tuval = *Paragondolella polygnathiformis* - Zone von Mosher 1968b) sind.

CONODONTOPHORIDA

Paragondolella polygnathiformis (Budurov & Stefanov 1965)

Taf. I, Fig. 1-3

1968a *Paragondolella polygnathiformis* (Budurov & Stefanov 1965) - Mosher, S. 938, Taf. 118, Fig. 9-17, 19, (cum Syn.)

Material: 251 Exemplare, sowie zahlreiche Bruckstücke aus sämtlichen conodontenführenden Bänken des Straßenprofils.

Beschreibung: Das vorliegende Material stimmt völlig mit den Angaben von Mosher 1968b überein. Die Variation liegt vor allem in der Art des aufgebogenen Plattformrandes welcher glatt oder gekörnt sein kann, sowie in der verschiedenen Ausbildung der Basalgrube, wie es bereits die Abb. 16 und 19 bei Mosher 1968b zeigen.

Bemerkungen: Es handelt sich um das dominierende Hauptelement der Fauna welche ca. 97% der gesamten Conodontenfauna (individuenmäßig) ausmacht. Mosher 1968b gibt die Art als Indexfossil für das obere Karn (Tuval) an. Auch an den von ihm untersuchten Lokalitäten in Amerika ist das Dominieren der Art ein auffallendes Merkmal, während in den Hallstätter Kalken die Verhältnisse anders zu liegen scheinen.

Ozarkodina tortilis Tatge 1956

Taf. I, Fig. 4

1968a *Ozarkodina tortilis* Tatge - Mosher, S. 932, Taf. 115, Abb. 23, (cum Syn.)

Material: 6 Exemplare: Bänke 13, 32, 33, 42.

Beschreibung: Die gleichmäßige Neigung der Zähne stellt ein charakteristisches Merkmal dar.

Bemerkungen: Mosher 1968 führt diese Art neben *P. polygnathiformis* aus den oberkarnischen Hallstätterkalken des Somerauerkogels an.

Enantiognathus zieglerei (Diebel 1956)

Taf. I, Fig. 5

1968a *Enantiognathus zieglerei* (Diebel) - Mosher, S. 925, Taf. 114, Fig. 2, 8
(cum. Syn.)

Material: 3 Exemplare: Bänke 1, 5, 9.

Beschreibung: Das am vollständigsten erhaltene Exemplar zeigt gute Übereinstimmung mit der von Huckriede 1958 Taf. 12, Fig. 37 abgebildeten Form.

Bemerkungen: Die sehr langlebige Art tritt auch im Tuval auf.

HOLOTHUROIDEA

Mortensenites sp.

Material: Bank 9, 15 Exempl.

Beschreibung: Die Holothurienplatten haben maximal einen ϕ von 0,58 mm. Sie bestehen aus mehreren Platten. Ihre Gestalt ist unregelmäßig, ihr Rand ausgezackt. Die diese Platten durchbrechenden Öffnungen sind teilweise leicht länglich, teilweise quadratisch, wobei ihr ϕ zwischen 0,01 und 0,02 mm liegt. Nur bei einem Exemplar liegt er meist um 0,01 mm. Der Abstand der Poren entspricht annähernd dem ϕ .

Bemerkungen: Die Gattung wurde mit einer Ausnahme erst ab dem Lias gemeldet. Die Ausnahme betrifft *M. insolidus* Kristan-Tollmann 1963 aus dem Ladin der Südalpen. Zu dieser Art herrscht jedoch, weder was die Form der Poren anbelangt, noch hinsichtlich der von Kristan-Tollmann angegebenen Großbuckeligkeit der Oberfläche eine Beziehung.

Theelia sp.

Taf. I, Fig. 6

Material: Bank 9; 1 Exemplar.

Beschreibung: Der Sklerit hat Rädchenform mit einem ϕ von 0,2 mm. Die an der 0,06 mm großen Nabe ansetzenden 7 Speichen werden gegen die gerundete Felge zu deutlich dicker. Die Nabe ist auf der Rädchen-Oberseite knopfartig aufgewölbt. Der Felgen-Innensaum ist eingeschlagen, der Rand glatt.

Bemerkungen: Die vorliegende Form zeigt keine Ähnlichkeit mit den bisher beschriebenen triadischen Arten der Gattung.

Calclamnoidea sp.

Material: Bank 9; 4 Exemplare.

Beschreibung: Mehrere unregelmäßig perforierte Plattenbruchstücke deren Zuordnung sich aus der kragenförmigen Anordnung der Platte um eine große Öffnung ergibt.

Priscopedatus sp.

Material: Bank 9; 1 Exemplar.

Beschreibung: Die Zuordnung der von kleinen Poren durchbrochenen Skleriten-Platte ergibt sich durch das Auftreten eines normal zur Platte stehenden kurzen Dorns.

Ostracoda n. gen. et n. sp.

Taf. I, Fig. 7

Material: Bank 9; Mehrere Klappen und Bruchstücke.

Beschreibung: Der gerade Dorsalrand des stark gewölbten Gehäuses ist kürzer als die Gehäuselänge. An den dorsalen Ecken treten lange schräg aufwärts gerichtete hornartige Fortsätze auf. Die Gehäuseoberfläche ist glatt. Länge: 0,85 mm, Höhe 0,35 mm.

Bemerkungen: Durch die beiden dorsalen hornartigen Fortsätze unterscheidet sich vorliegende Form deutlich von anderen bisher aus der Trias beschriebenen Ostracoda. Das schlecht erhaltene, geringe Material erlaubt jedoch keine weitere Bearbeitung.

4. LITHOGENESE (H. F.)

(a) Untersuchungsmethoden

Zur lithogenetischen Analyse wurden von jeder Kalkbank, bzw. Schieferlage Proben entnommen, wobei zur Klärung der Schwankungen des Rückstandsgehaltes innerhalb einer Schichte mehrmals lateral und vertikal mehrere Proben geschlagen wurden.

Von jeder Kalkbank, sowie von einzelnen Schieferlagen wurden zur mikrofaziellen Analyse Dünnschliffe (z. T. orientiert) angefertigt. Der Rückstandsgehalt wurde quantitativ durch vollständige Auflösung der Kalke ermittelt. In den Tonlagen erfolgte die Karbonat-Bestimmung nach der Methode Scheibler. Um beide Werte vergleichen zu können, wurde stichprobenweise der Karbonatgehalt auch der Kalkbänke gasometrisch ermittelt, bzw. umgekehrt.

(b) Kalkbänke

Innerhalb des untersuchten Profiles treten 44 Kalkbänke mit einer Gesamtmächtigkeit von 4650 mm auf. Die Mächtigkeit der einzelnen Bänke liegt zwischen 20 und 300 mm, die durchschnittliche Mächtigkeit beträgt 102 mm, die häufigste Mächtigkeit findet sich zwischen 40 und 60 mm.

Die Begrenzung der Bänke ist scharf, wobei sie durch die Rückwitterung der schiefrigen Zwischenlagen betont wird. Die Oberfläche ist oft leicht gewellt und wulstig ausgebildet, wobei diese Erscheinung besonders an der Unterseite der Bänke deutlicher beobachtbar ist.

Zumeist tritt zwischen den Schieferlagen nur eine Kalkbank auf. Bisweilen ist diese jedoch in Teilbänke gegliedert, ohne daß zwischen den Bänken eine Tonschieferlage entwickelt wäre.

Die Farbe der Kalke ist am frischen Bruch grau.

Angewittert können die oberen Partien der Bänke etwas verfärbt sein. Es hängt dies mit der hier vorhandenen Entkalkung zusammen.

Die Bankmächtigkeit bleibt im überblickbaren Bereich konstant. Knollenbildung ist nur sehr untergeordnet in einzelnen geringmächtigen Lagen beobachtbar.

Eine deutliche Querklüftung zerlegt die einzelnen Bänke in stengel- und quaderförmige Platten.

Die Mikrofazies der Kalke ist sehr einheitlich. Es handelt sich fast durchwegs um homogene bis gefleckte, biogenführende Kalkmikrite. An Organismen treten in erster Linie Echinodermenreste (bis zu 16%) und Ostracodenquerschnitte (bis 5% maximal) in Erscheinung. Andere Reste sind taxonomisch nicht erfaßbar (Sphären etc.). Die Hohlräume der Biogene können durch chemische Spatisation gefüllt sein. Paradiagenetisch sind Stylolithen und Bildung unregelmäßiger Lösungsflecken mit Tonanreicherung, wobei teilweise Verknäulung und paradiagenetische Durchbewegung des Sedimentes beobachtbar sind. Dazu kommen deutliche Spuren bioturbater Verwühlung, wobei die Wühlgänge teilweise chemische Spatisation zeigen. Eine Besonderheit bildet Bank 30, da hier eckige Quarzkörper mit ca. 6% am Aufbau Anteil haben. Sie sind unregelmäßig verteilt. Ihr maximaler Durchmesser liegt bei 0,6 mm.

Um zu prüfen, ob innerhalb einer Bank lateral und vertikal quantitative Schwankungen des Rückstandes feststellbar sind, wurden von zwei Bänken auf eine Länge von etwa 5 m im Abstand von rund 100 cm Proben untersucht. Dabei ergab sich eine laterale Schwankung zwischen 29,0 und 20,6% bzw. 23,9 und 19,0%, d.h. eine maximale Schwankungsbreite von 8%. Dabei war keine Ordnung feststellbar. Vertikal wurde die Schwankung an einer 23 cm mächtigen Bank geprüft von der im Abstand von 2 cm Proben untersucht wurden. Die Schwankungsbreite liegt hier bei ca. 6%. Auch hier ist keine Regelmäßigkeit der Schwan-

kung feststellbar. Wir müssen daher innerhalb der Bänke mit Schwankungen des Rückstandes um 7% rechnen. Zu ähnlichen Ergebnissen kam *W o b b e r* (1965) bei der Untersuchung von Kalkbänken aus dem Lias von Süd-Wales.

Ein Vergleich von Rückstand-Prozent und Mächtigkeit ergab daher erwartungsgemäß keine deutlichen Beziehungen, wenngleich es scheint, als würde der Rückstands-Gehalt in den geringmächtigeren Bänken dazu tendieren höher zu liegen als in den mächtigeren. Deutlicher werden die Beziehungen zwischen Rückstands-bzw. Karbonatgehalt und Mächtigkeit wenn man nicht die Prozent, sondern die daraus errechneten absoluten Gehalte in mm vergleicht (Abb. 1). Hier zeigt sich eine sehr

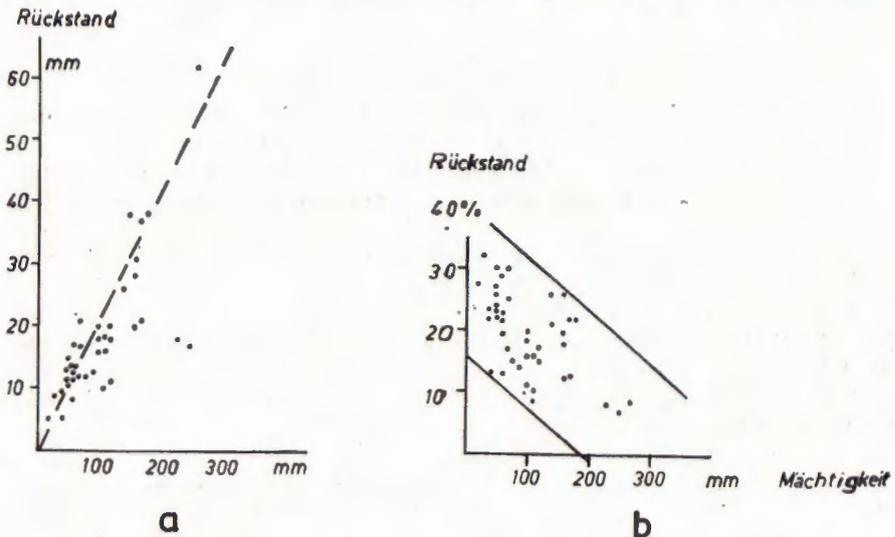


Abb. 1. Absoluter Rückstandsgehalt in mm (a), bzw. %-Gehalt (b) und Bankmächtigkeit in den Kalkbänken der Amphiclinen-Schichten von Huda Južna

Sl. 1. Apsolutni sadržaj ostatka u mm (a), odn. postotak sadržaja (b) i debljina vapnenačkih slojeva amfiklinskih naslaga Hude Južne

deutliche positive Korrelation, d. h. eine lineare Zunahme beider mit wachsender Mächtigkeit. Sie würde einem gleichbleibenden Rückstandsgehalt von ca 20% entsprechen, wobei die Schwankungsbreite zwischen 7 und 32% liegt. Dieser Wert deckt sich ziemlich gut mit dem errechneten Durchschnitt von 40 Bänken mit 20,1%.

Von 11 Kalkbänken wurde auch der Sr-Gehalt bestimmt (*H. K. Wedepohl*). Er schwankt zwischen 450 und 830 ppm mit einem Mittelwert von 620 ppm. In den untersuchten Proben liegt der Tongehalt zwischen 12,5% und 23,7% (Mittelwert: 17,4). Beziehungen

zwischen Tongehalt und Sr-Gehalt sind nicht festzustellen. Ebenso wenig lassen sich Beziehungen zwischen den Carbonatskelettanteilen (Echinodermata, Ostracoda) und dem Sr-Gehalt erkennen.

Sr-Gehalt (in ppm) und Rückstand (in %) von Kalkbänken der Amphiclinen-Schichten des Bača-Tales

| Bank Nr. | Sr-Gehalt (ppm) | Rückstand (%) |
|----------|-----------------|---------------|
| 1 | 640 | 15,8 |
| 3 | 680 | 12,3 |
| 4 | 540 | 23,7 |
| 8 | 520 | 19,1 |
| 14 | 450 | 21,9 |
| 16 | 460 | 15,8 |
| 27 | 790 | 19,0 |
| 28 | 690 | 20,2 |
| 36 | 680 | 15,1 |
| 40b | 570 | 12,5 |
| 42 | 830 | 15,7 |

(c) Tonschiefer – Bänke

43 Tonschiefer-Bänke trennen die Kalklagen voneinander. Ihre Gesamtmächtigkeit beträgt 3938 mm. Die Mächtigkeit der einzelnen Lagen schwankt zwischen 1 und 1400 mm. Die Durchschnittsmächtigkeit beträgt 91,5 mm bzw. bei Nichtberücksichtigung der 1400 m mächtigen Bank 42, 60,4 mm.

Die lichtgrauen, etwas fleckigen Schiefer sind dünngeschiefert, z. t. treten in ihnen Sandsteinlagen auf.

Mikrofaziell handelt es sich um homogene Pelite in denen einzelne Kalzitkörner (ϕ maximal 0,2 mm) schwirren. Vermutlich dürfte es sich bei diesen größtenteils um Organismenreste (Echinodermaten?) handeln. Die Schieferung ist nicht erkennbar, jedoch treten parallel zur Schichtung dunkle, ca. 0,3 mm mächtige linsenförmige Bänder auf. Auch sie umschließen einzelne Kalzitkörner. Ihre Natur ist unklar. Unter UV Licht zeigt sich keine Reaktion.

Neben diesen dunklen Lagen finden sich ebenfalls parallel zur Schichtung bis 0,3 mm mächtige helle Kalzitlagen die aus normal zur Wandung stehenden Kristalliten aufgebaut sind. Quergreifende dünne Kalzitadern sind dagegen relativ selten.

Nach den Untersuchungen von Doz. Dr. E. M. Walitzi (Mineral.-Petrogr. Inst. Univ. Graz) handelt es sich bei den Tonmineralien des säureunlöslichen Rückstandes vorwiegend um Illit. Er zeigt in den Tonschiefern eine auffallend gute Regelung von (001) // zur Schieferung (Schichtung) (Flügel & Walitzi 1968).

Der Karbonatgehalt schwankt in den Tonschieferlagen zwischen 2 und 61,7%. Die Gesteine sind somit als Tonschiefer bis mergelige Kalke zu bezeichnen. (Durchschnitt 77,4% Ton.) Meistens liegt der Karbonatanteil zwischen 5 und 15% (Tonmergel). Untersuchungen mächtigerer Lagen haben jedoch gezeigt, daß der Karbonatanteil in den Bänken nicht gleich bleibt, sondern zumeist gegen das Hangende zu deutlich ansteigt. Dabei kann der Unterschied zwischen Liegend- und Hangendzone bis über 20% betragen.

Zwischen dem Prozentgehalt an unlöslichem Rückstand und der Bankmächtigkeit zeigen sich keine deutlichen Beziehungen, wenngleich auffällt, daß mächtigere Bänke durchwegs einen höheren Prozentgehalt haben, während bei geringmächtigen Bänken dieser stark schwankt. Dagegen zeigt der absolute Rückstandsgehalt und die Mächtigkeit eine sehr gute positive Korrelation (Abb. 2).

Auffallend ist das fast völlige Fehlen von Pyrit, sowie von Organismenresten in den Tonschiefern. In einer einzigen Bank konnte eine quer zur Schichtung verlaufende, einige cm lange Wurm (?) - spur gefunden werden.

(d) Sandstein-Bänke

Die vereinzelt in der Folge auftretenden Sandsteinlagen können bis maximal 70 mm mächtig werden. Es handelt sich um Quarzsandsteine. Die eckigen bis leicht kantengerundeten Körner können maximal über 4 mm im Durchmesser erreichen. Meist liegt der Durchmesser jedoch zwischen 0,1 und 0,3 mm mit einem zweiten Maximum um 1,0 mm. Eine Gradierung ist in Schliffen nicht festzustellen.

(e) Deutung

Wie gezeigt wurde besteht der untersuchte Ausschnitt der Amphiclinen-Schichten aus einer Wechsellagerung von Tonschiefern (bis mergeligen Kalken) und Kalken. Eine Deutung ist nicht zuletzt deswegen schwierig, da aus dem übrigen Bereich der Amphiclinen-Schichten keine eigenen eingehenden Untersuchungen vorliegen. Die vorliegende Interpretation ist daher nur mit Vorbehalt auf den gesamten Ablagerungsraum der Amphiclinen-Schichten übertragbar.

Die genannte Wechsellagerung legt den Gedanken einer Rhythmik nahe. Als Ursachen werden dabei diskutiert:

1. Die Kalke können dabei
 - a) Kurzfristige Einschüttungen (»Turbidite«; »allodapische Kalke«) oder
 - b) Langfristige Bildungen darstellen oder
2. ihre Entstehung beruht auf diagenetischer Entmischung primär einheitlicher Sedimente.

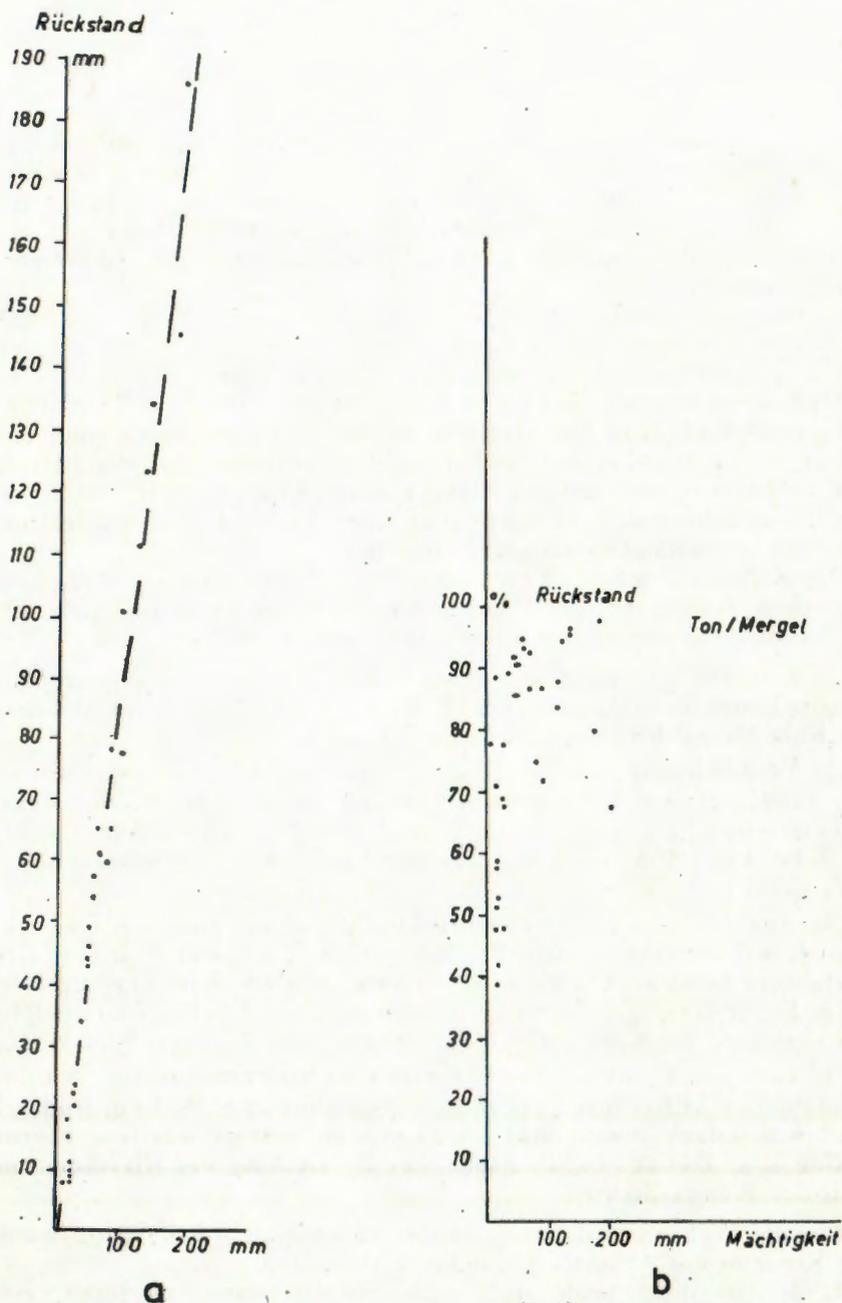


Abb. 2. Absoluter Rückstandsgehalt in mm (a), bzw. %-Gehalt (b) und Bankmächtigkeit in den Tonmergelbänken der Amphiclinen-Schichten von Huda Južna im Bača-Tal

Sl. 2. Apsolutni sadržaj ostatka u mm (a), odn. postotak sadržaja (b) i debljina slojeva glinenih lapora amfiklinskih naslaga Hude Južne u dolini Bače

Der letztgenannte Fall kann auf Grund der bioturbaten Verwühlung der Bänke, sowie ihrer Mikrofazies (chemische Spatisation primärer Hohlräume etc.) ausgeschlossen werden. (Diagenetische Lösung und Neuabscheidung von CaCO_3 werden dadurch nicht berührt und sind, wie die schichtparallelen Kalzitlagen in den Tonschiefern zeigen, sicher vorhanden gewesen.)

Ebensowenig können die Kalke als allodapische Gesteine (D. Meischner 1964, 1967) aufgefaßt werden. Dagegen spricht u. a. die deutliche Korrelation von Rückstandsgehalt und Bankmächtigkeit.

Auch wenn man mit Meischner (1967) annimmt, daß derartige mikritische Kalkbänke durch eine plötzliche Fällung zufolge einer Erhöhung der Kalzit-Partikel als Kristallisations-Keime im Fernbereich von Turbiditströmen entstanden sein können, kann man die vorliegenden Bänke infolge ihrer Durchwühlung und der genannten Korrelation terrigener Rückstand/Mächtigkeit nicht derart erklären.

Die Kalkbänke müssen somit als längerfristige, primäre Bildungen angesehen werden. In der Literatur findet man mehrere mögliche Erklärungen für derartige sedimentäre Wechsellagerungen:

(1) Zeitweise Erhöhung der Wassertemperatur mit verstärkter Karbonatsedimentation. Dies nahm z. B. B. Ziegler (1958) zur Deutung des Kalk/Mergel-Rhythmus im südwestdeutschen Ober-Jura an.

(2) Verminderung der Salinität durch zeitweise stärkeren Zustrom von Süßwasser in einem begrenzten Becken, wodurch die Karbonatausfällung zeitweilig gehemmt wird. Diese Vorstellung finden wir u. a. bei K. Bleich (1965) zur Erklärung der Verhältnisse im Schwäbischen Jura-Becken.

(3) Änderung des hydrostatischen Druckes, wobei meist an eine tektonisch bedingte Verlagerung des Meeresbodens aus dem Flach- in den Tiefwasser-Bereich gedacht wird, in dem weniger Karbonat gebildet wird. Einen derartigen Vorgang diskutierte u. a. H. Hallam 1964 zur Erklärung des Karbonat/Schiefer-Wechsels im Lias von Süd-Wales.

(4) Zeitweise Erhöhung des CO_2 -Gehaltes bei verminderter Wasserzirkulation im salzreichen Bodenwasser abgeschlossener Becken, wodurch Karbonat aufgelöst wird und die Tonlagen erklärt würden. Hieran dachte u. a. Bitterli, P. (1963) bei der Deutung der Rhythmen im Lias des Wessex-Beckens.

Für die Wahl einer dieser – oder einer anderen – Erklärung würde die Kenntnis des Ablagerungsraumes wichtig sein.

Leider ist diese heute nur sehr unvollkommen, wodurch eine Deutung der Rhythmik dzt. kaum möglich ist.

Aus der Fauna der Kalke ergeben sich hinsichtlich des Sedimentationsraumes keine positiven Anhaltspunkte, jedoch zeigt das Fehlen von Organismen der euphotischen Zone (Algen, Korallen), sowie die mikri-

tische Mikrofazies, daß es sich um Ablagerungen unterhalb der Untergrenze der Photosynthese und der Wellenbasis handeln muß. Auffallend ist das Fehlen von Lamellibranchiata und Gastropoda im Reifestadium, was ebenfalls als Hinweis dafür dienen könnte, daß es sich um keine Litoral-Ablagerung handelt, ohne daß wir jedoch allzu große Tiefe annehmen müssen.

Wichtig für eine Deutung dürfte die bioturbate Durchwühlung der Kalke einerseits, das Auftreten verkiester Fossilreste und Pyrit-Steinkerne bzw. unregelmäßiger Pyritkörper und Pyritwürfeln andererseits sein.

Ein derartiges Nebeneinander ist nach den Feststellungen von K. O. Emery (1960) an rezenten Sedimenten des südkalifornischen Meeres nur möglich, wenn in einer oberen, bioturbat durchwühlten sauerstoffreicheren Bodenschichte sich bei bakterieller Zersetzung der organischen Substanz lokal Stellen mit negativem Redox-Potential innerhalb eines positiven Redox-Bereiches bilden. Hier kommt es bei Entstehung von H_2S zur Verkiesung der Hartteile, bzw. zur Bildung von Pyritsteinkernen. In den tieferen Sedimentpartien unter Eh 0- bilden sich dagegen unregelmäßige Pyritnester und Pyritwürfel (röntgenogr. Best. Doz. Dr. E. M. Walitzki). Es zeigt dies, daß die Kalke in einem durchlüfteten Ablagerungsraum gebildet wurden, wobei in dem tieferen Teil des Kalkschlammes reduzierende Bedingungen herrschten.

Unmöglich ist dagegen heute die Deutung der Lithogenese der Ton-schiefer. Überraschenderweise konnten in ihnen weder Bitumen noch größere Mengen an Pyrit nachgewiesen werden. Das Vorhandensein eines stagnierenden, anaeroben Bodenwassers, d. h. die Deutung der Schiefer als Sapropel, an die ursprünglich gedacht wurde, ist daher unwahrscheinlich. Andererseits fehlen Fossilien, wie sie in einem durchlüfteten marinen Raum zu erwarten wären und in den Kalkbänken relativ reichlich vorhanden sind. (Die Feinschichtigkeit der Schiefer kann dabei nicht als ein indirekter Hinweis auf das primäre Fehlen von Infaunen gewertet werden. Die gute Regelung der Tonminerale parallel zur Schichtung spricht vielmehr dafür, daß es sich um eine tektonische Schieferung handelt. Darauf würde auch deuten, daß im Schliff keine Feinlamellierung erkennbar ist.)

Es könnte sein, daß postdiagenetische Lösungsvorgänge für dieses Fehlen der Fossilien eine gewisse Rolle spielen.

Die Verknüpfung von einzelnen Sandsteinbänken mit den Ton-schiefern spricht dafür, daß zeitweise auch stärkere Wasserströmungen vorhanden gewesen sein müssen. Aus den Korngrößen kann dabei auf eine Strömungsgeschwindigkeit von mindestens 40 cm/sec geschlossen werden. Es steht dies in einem auffallenden Gegensatz zu den zahlreichen Hinweisen auf Stillwasser-Fazies während der Kalk-Ton-schiefer-Sedimentation.

Die Tonschiefer umfassen ca. 38% der Mächtigkeit des untersuchten Profiles. Die Korrelation von absoluter Rückstandsmenge und Bankmächtigkeit läßt – unter der Voraussetzung einer gleichmäßigen und gleichbleibenden Ablagerung von terrigenem Material – die Mächtigkeit als Funktion der Ablagerungszeit erklären. Im Durchschnitt beträgt der Karbonatgehalt in den Tonschiefern ca. 25% (vgl. S. 30).

Setzt man voraus, daß die Sedimentationsgeschwindigkeit der terrigenen Komponente in den Kalklagen sich nicht wesentlich von der in den Tonlagen unterschieden hat, so ergibt sich aus oben genannter Zahl, daß in der gleichen Zeit etwa 4 mal so mächtige Karbonatbänke als Tonbänke abgelagert wurden, wobei die Kompaktion unberücksichtigt bleibt (Abb. 3). Vergleicht man daher die Mächtigkeit der Kalke des

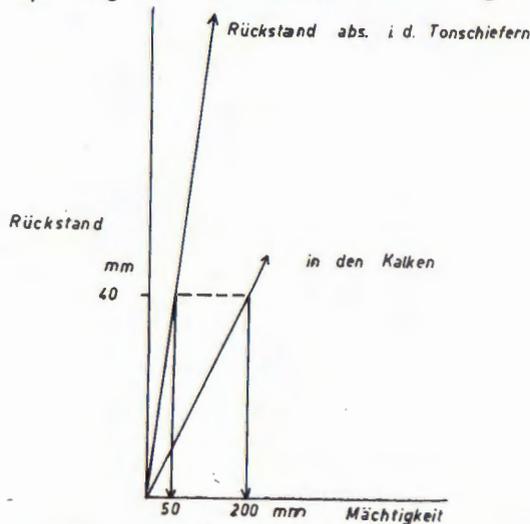


Abb. 3. Mächtigkeit in den Ton- und den Kalkbänken in der Zeiteinheit, d. h. gleichem Rückstandsgehalt

Sl. 3. Debljina glinenih i vapnenačkih slojeva u jedinici vremena, tj. u jednakom sadržaju ostatka

Profiles mit der der Schiefer, so zeigt sich, daß die Ablagerungszeit letzterer trotz halber Mächtigkeit etwa 2,4 mal so lang war, wie die der Kalke, d. h. daß – bezogen auf das Gesamtprofil – ca. 70% der Ablagerungszeit in den Tonschiefern stecken dürften.

Die Problematik der Rhythmik wird noch größer, wenn man der Frage nachgeht, ob die Ablagerungsdauer (Mächtigkeit) aufeinanderfolgender Karbonatbänke einem übergeordneten Trend gehorcht. Trägt man zu diesem Zweck den absoluten Rückstand der einzelnen Bänke,

der mit der Mächtigkeit korreliert ist, in gleichbleibenden Abständen auf, so ergibt sich eine Kurve, die keinerlei Hinweise auf einen derartigen Trend zeigt. (Abb. 4). Glättet man diese Kurve jedoch durch Mittelung aus, so zeigt sich, daß Perioden steigender und solche abnehmender Sedimentationsdauer der Kalkbänke aufeinander zu folgen



Abb. 4. Mächtigkeitsschwankung der Kalkbänke des untersuchten Profiles von Huda Južna (ausgezogene Linie) und Trendkurve bei Ausglättung durch Mittelung von 3 aufeinanderfolgender Werten (punktierte Kurve)

Sl. 4. Kolebanje debljina vapnenatkih slojeva istražene profile Hude Južne (cijela linija) i smjerna krivulja kod izravnjanja pomoću sredine triju vrijednosti koje si slijede (punktirana krivulja)

scheinen. Erwägt man, daß die Bänke durch tonige Sedimente getrennt sind, dann würde dies auf eine übergeordnete Steuerung über lange Zeiten hinweg deuten, wofür vorerst kein plausibler Grund angegeben werden kann (vgl. Schwarzscher 1964). Erst Untersuchungen längerer Profile könnten weitere Unterlagen zu einer derartigen Zeitreihen-Analyse liefern und damit klären ob dieser Beobachtung überhaupt ein realer Wert zukommt.

*Abteilung für die Paläontologie und historische
Geologie, Universität Graz,
Graz, Heinrichstrasse 26*

*Geologisch-paläontologisches Institut, Fakultät für
Naturwissenschaften und Technologie der
Universität Ljubljana,
Ljubljana, Aškerčeva 12*

Angenommen am 25. Febr. 1970.

SCHRIFTTUM

- Bitterli, P. 1963: Aspects of the Genesis of Bituminous rock sequences. - *Geol. & Mijnb.*, 42, 183-201, Gravenhage.
- Bittner, A. 1890: Brachiopoden der alpinen Trias. - *Abh. Geol. R. A.* 14, 1-325, Wien.
- Bleich, K. E. 1965: Terrestrische Bodenbildung und marine Sedimentation im Bereich des Schwäbischen Jura-Beckens. - *N. Jb. Geol. Pal., Mh.*, 1965, H. 8, 449-460, Stuttgart.
- Budurov, K. & Stefanov, S. 1965: Gattung *Gondolella* aus der Trias Bulgariens: - *Travaux Geol. Bulgarie, sér. paléont.*, 7, 115-127, Sofia.

- Carta geologica delle tre Venezie, Foglio 26 Tolmino. 1:100.000 (Fabiani, R., Leonardini, R., Kossmat, F. v. Winkler, A.) 1937. Firenze.
- Diebel, K. 1956: Über Trias-Conodonten. - *Geologie*, 5, 9-12, Berlin.
- Emery, K. O. 1960: The Sea of Southern California. - Verlag John Wiley & Sons, 366 S., New York.
- Flügel, H. W. 1969: Zum Alter der Amphiboliten-Schichten (Trias, Slovenien). - *Anz. Akad. Wiss. Wien*, S. 137, Wien.
- Flügel, H. & Walitzi, E. M. 1968: Regelung und Porosität in Tonmergeln des Wiener Beckens. - *N. Jb. Geol. Pal., Mh.*, 1968, 1-10, Stuttgart.
- Hallam, A. 1964: Origin of the Limestone-Shale Rhythm in the Blue Lias of England: A composite Theory. - *J. Geol.*, 72, 157-169, Chicago.
- Huckriede, R. 1958: Die Conodonten der mediterranen Trias und ihr stratigraphischer Wert. - *Paläont. Z.*, 82, 141-175, Stuttgart.
- Kossmat, F. 1901: Geologisches aus dem Bačathale im Küstenlande. - *Verh. Geol. R. A.* 1901, 103-111, Wien.
- Kossmat, F. 1903: Das Gebirge zwischen dem Bačathale und der Wocheiner Save. - *Verh. Geol. R. A.* 1903, 111-124, Wien.
- Kossmat, F. 1907: Geologie des Wocheiner Tunnels und der südlichen Anschlusslinie. - *Denkschr. Math.-naturwiss. Kl. Akad. Wiss.* 82, 41-102, Wien.
- Kossmat, F. 1910: Erläuterungen zur Geologischen Karte Bischoflack und Idria. - *Geol. R. A.*, 101 S., Wien.
- Kossmat, F. 1913: Die adriatische Umrandung in der alpinen Faltenregion. - *Mitt. Geol. Ges.*, 6, 61-165, Wien.
- Kossmat, F. 1936: Paläogeographie und Tektonik. - Verlag Bornträger, 413 S., Berlin.
- Kristan-Tollmann, E. 1963: Holothurien-Sklerite aus der Trias der Ostalpen. - *Sitz. Ber. Akad. Wiss., Math.-naturw., Kl.*, 172, 351-380, Wien.
- Meischner, K. D. 1964: Alpidische Kalke, Turbidite in Riff-nahen Sedimentationsbecken. - *Turbidites*, 156-191, Amsterdam.
- Meischner, K. D. 1967: Paläoökologische Untersuchungen an gebankten Kalken. - *Geol. Fören. Förhandl.*, 89, 465-469, Stockholm.
- Mosher, L. C. 1968a: Triassic Conodonts from Western North America and Europe and their Correlation. - *J. Paleont.*, 42, 895-946, Tulsa.
- Mosher, L. C. 1968b: Evolution of Triassic Platform Conodonts. - *J. Paleont.* 42, 947-954, Tulsa.
- Rakovec, I. 1933: Vodnik po zbirkah Narodnega muzeja v Ljubljani. Geološko paleontološki oddelek. - 119-185, Ljubljana.
- Rakovec, I. 1950: O nastanku in porenu psevdoziljskih skladov. - *Geografski vestnik*, 22, 1-24, Ljubljana.
- Ramovš, A. 1958: Geološki razvoj slovenskega ozemlja. - *Mladi geolog I*, Mladinska knjiga, 89 S., Ljubljana.
- Schwarzacher, W. 1964: An application of statistical Time-series Analysis of a Limestone-Shale Sequence. - *J. Geol.*, 72, 195-213, Chicago.
- Stur, D. 1858: Das Isonzo-Thal von Flitsch abwärts bis Görz, die Umgebungen von Wippach, Adelsberg, Planina und die Wochein. - *Jb. Geol. R. A.* 9, 324-366, Wien.
- Tatge, U. 1956: Conodonten aus dem Germanischen Muschelkalk. - *Paläont. Z.*, 30, 108-127, 129-147, Stuttgart.

- Winkler, A. 1924: Ueber den Bau der östlichen Südalpen. – Mitt. Geol. Ges. Wien 16, 1–272, Wien.
- Winkler-Hermaden, A. 1936: Neuere Forschungsergebnisse über Schichtfolge und Bau der östlichen Südalpen I. – Geologische Rundschau 27/1, 156–195, Stuttgart.
- Wobber, F. J. 1965: Sedimentology of the Lias (Lower Jurassic) of South Wales. – J. Sed. Petrol., 35, 683–703, Tulsa.
- Ziegler, B. 1958: Feinstratigraphische Untersuchungen im Oberjura Südwestdeutschlands (ihre Bedeutung für Paläontologie und Paläogeographie). – Ecl. Geol. Helv. 51, 265–278, Basel.

H. W. FLÜGEL i A. RAMOVŠ

PRIOLOG POZNAVANJU AMFIKLINSKIH SLOJEVA SLOVENIJE

Amfiklinske slojeve doline Bače karakterizira izmjena slojeva biogenih glinenih škriljaca i vapnenačkih mikrita. Prema konodontima i cefalopodima uvrštavaju se u gornji karn (tuval: Paragondolella polygnathiformis – zona). Za objašnjenje litogeneze istražili smo mikrofacies vapnenaca, nadalje u kiselinama netopivi ostatak, zatim sadržaj karbonata u glinenim škriljoima, kao i sadržaj stroncija. Taj je između 450 i 830 ppm i ne pokazuje nikakvih odnosa prema sadržaju gline.

Tumačenje litogeneze dovelo je do shvaćanja, da su se u afotičkom području bazena s mirnom vodom uz pretežno glinenu sedimentaciju prilikom dugotrajnije primarne sedimentacione promjene taložili vapnenci. Kod toga usporedba apsolutne množine taloga, tj. debljina sloja pokazuje, da je u oba tipa stijena debljina funkcija trajanja taloženja. Iz toga može se zaključiti da su u jedinici vremena nastali četini puta deblji slojevi vapnenca od glinenih škriljavaca. Razlog promjene u sedimentaciji nije se mogao objasniti.

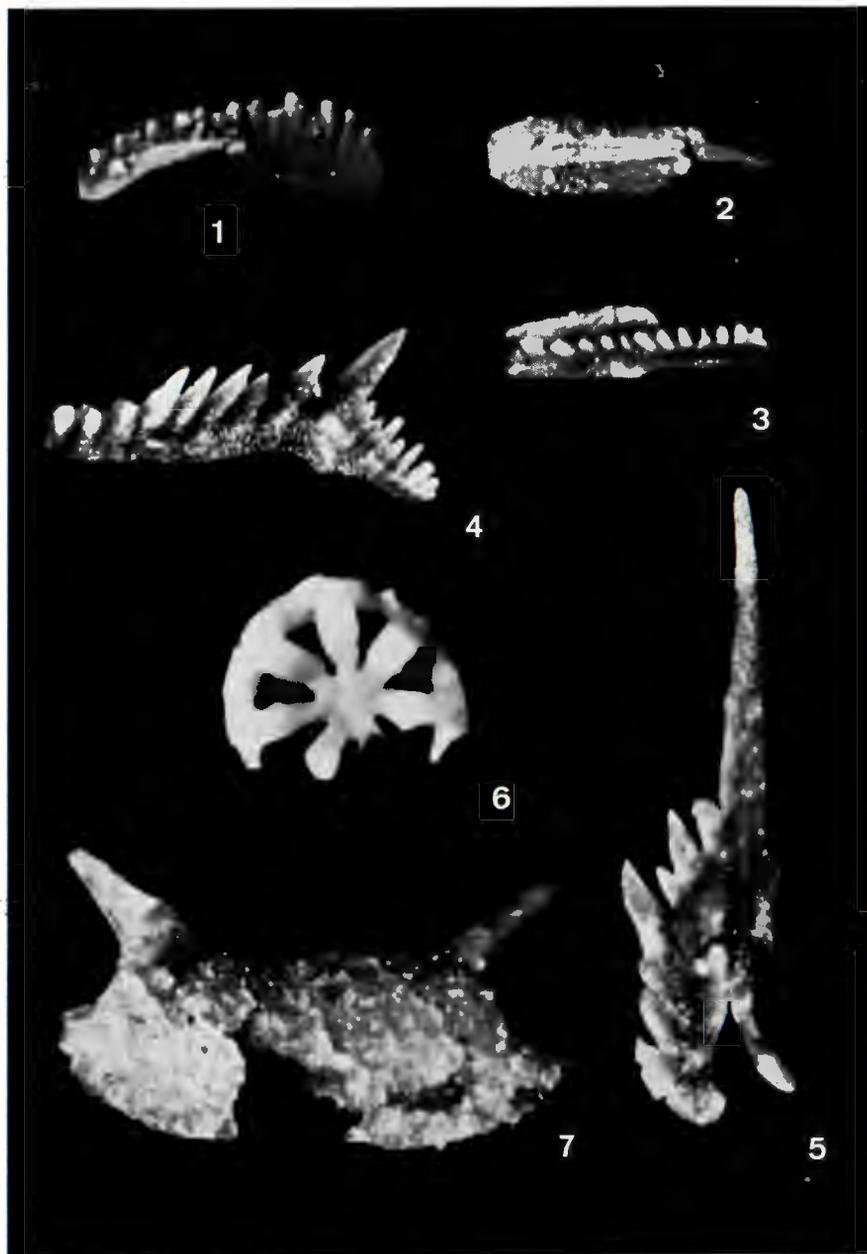
*Katedra za paleontologiju i historijsku geologiju
Univerzitet Graz, Heinrichstrasse 26*

*Geološko-paleontološki zavod
Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo
Univerze v Ljubljani, Aškerčeva 12*

Primljeno 25. II 1970.

TAFEL — TABLA I

- 1-3. *Paragondolella polygnathiformis* (Budurov & Stefanov 1965) 1, 2. Ober- und 3. Unterseite. Amphiclinen-Schichten, Turval, Bača-Tal, UGP. 2680/1. × 55.
1, 2. Gornja strana, 3. Donja strana. Amfiklinski slojevi, tuval. Dolina Bače. 55 ×
4. *Ozarkodina tortilis* Tatge 1956. Amphiclinen-Schichten, Bača-Tal, UGP 2680/2. × 90.
Amfiklinski slojevi. Dolina Bače. × 90.
5. *Enanthiognathus zieglerei* (Diebel 1956). Amphiclinen-Schichten, Bača-Tal. UGP. 2680/3. × 100.
Amfiklinski slojevi, dolina Bače. × 100.
6. *Theelia* sp. Amphiclinen-Schichten, Bača-Tal. UGP. 2680/4. × 170.
Amfiklinski slojevi, dolina Bače. × 170.
7. Ostracoda n. gen., n. sp. Amphiclinen-Schichten. Bača-Tal. UGP. 2680/5. × 78.
Amfiklinski slojevi, dolina Bače. × 78.
(UGP, = Sammlung Universität Graz, Paläontologie)



TAFEL -- TABLA II

1. *Paratropites* cf. *dittmari* Mojsisovics 1883. Amphiclinen-Schichten. UGP.
2681, \times 2,5.
Amfiklinski slojevi, \times 2,5.

2. Microfazies der Kalke der Amphiclinen-Schichten von Huda Južna im Bača-Tal.
Ostracoden-Anreicherung in biogenführenden Mikriten, \times 10.

Mikrofacijes vapnenca amfiklinskih slojeva Hude Južne u dolini Bače. Nakupina ostrakoda u biogenim mikritima. \times 10.

