Sind die devonischen Riffe des Sauerlandes heutigen Korallenriffen vergleichbar?

Andreas MAY, Münster

Kurzfassung:

In diesem Artikel wird begründet, warum die Massenkalk-Riffe (Mittel- bis Oberdevon) des Sauerlandes nicht vergleichbar mit rezenten Korallenriffen sind. Daraus wird ein neues Modell entwickelt, das die beobachteten Karbonatfazies widerspruchsfrei erklären kann. Dieses Modell geht davon aus, daß der "Riffkern" des Massenkalk-Riffs keine Barriere darstellte, sondern den obersten Teil des beckenwärts gerichteten Abhanges der Karbonatplattform.

Abstract:

In this paper reasons are given, why the Massenkalk reefs (Middle to Upper Devonian) of the Sauerland are not comparable to recent coral reefs. A new model is developed, explaining the observed carbonate facies without contradiction. This model assumes, that the "reef cores" of the Massenkalk reefs were no barrier, but the uppermost part of the basinward directed slope of the carbonate platform.

1. Einführung

Der Massenkalk des Sauerlandes ist das Relikt von Riffkomplexen, die im oberen Mitteldevon und unteren Oberdevon im Rhenoherzynischen Becken wuchsen. Die wichtigsten Massenkalk-Vorkommen des Sauerlandes sind: Raum Hagen-Iserlohn-Balve, Attendorn-Elspe und Brilon. Es sind mächtige, vielerorts wirtschaftlich genutzte Kalkstein-Vorkommen. Besondere Aufmerksamkeit fand in den letzten Jahren der Massenkalk von Brilon, zu dem eine Fülle von Publikationen erschien, wie z. B.: ERRENST (1993), MACHEL (1990), MACHEL & HUNTER (1994), MALMSHEIMER & MENSINK & STRITZKE (1991), MALMSHEIMER & FLAJS & KOCH-FRÜCHTL (1996), MAY (1987, 1988), STOPPEL (1990) und STRITZKE (1989, 1990). Aber auch der Massenkalk im Raum Hagen-Iserlohn-Balve wird aktuell erforscht - siehe z. B. KOCH-FRÜCHTL & FRÜCHTL (1993), MAY (1988, 1990), MAY & BECKER (1996), SCHÄ-FER & MAY [in Vorb.] und SCHUDACK (1993).

In den meisten Fällen wird postuliert, daß die devonischen Riffe des Sauerlandes heutigen Korallenriffen vergleichbar sind und die anhand der Untersuchung rezenter Korallenriffe gewonnenen Modelle werden mit oder ohne Vorbehalte auf die devonischen Riffe angewandt. Da sich der Verfasser schon seit längerem mit den Massenkalk-Riffen des Sauerlandes beschäftigt (MAY 1987-1996), hat er allerdings erhebliche Zweifel an einer simplen Gleichsetzung devonischer und rezenter Riffe bekommen. Dieser Artikel läßt sich deshalb auch als Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten und Grenzen des Aktualitätsprinzips an einem exemplarischen Fall verstehen. Ich möchte damit nicht das Aktualitätsprinzip schlechthin in Frage stellen, denn der Rückschluß aus den heutigen Verhältnissen auf die erdgeschichtliche Vergangenheit ist sowohl in der Geologie als auch in der Paläontologie die unbestreitbare Basis aller wissenschaftlichen Erkenntnis. Unverzichtbar ist es allerdings, sich immer die Grenzen der Übertragbarkeit vor Augen zu führen.

2. Wichtige Charakteristika moderner Riffe

Zur Beantwortung der Frage, ob die devonischen Riffe des Sauerlandes heutigen Korallenriffen vergleichbar sind, müssen wir uns kurz einige wichtige Charakteristika moderner Korallenriffe vergegenwärtigen - ausführliche Darstellungen, auf die hier verwiesen sei, geben z. B. FAGERSTROM (1987), GEISTER (1983) und SCHUMACHER (1976). Wichtig ist der bis in den Gezeitenbereich ragende Riffkern, dessen Außenrand die Wellen bricht. Nach innen schließt sich die Lagune mit ihrem flachen und ± stillen Wasser an. Sie nimmt den größten Teil des Riff-Bereiches ein. Die Lagune wird durch den brandungsresistenten Riffkern geschützt. Nach außen folgt als oberster Teil des Vorriffs die Riffkante. Der am stärksten erhobene und die Wellen brechende Teil des Riffkerns ist der sogenannte "Algenrücken" oder "Kalkalgenwall", der in den Gezeitenbereich hineinragt (GEISTER 1983: 190; SCHUMACHER 1976: 92). Dahinter schließen sich Blockzone und Riffwatt an. Während die rezenten Korallenriffe insgesamt zwar überwiegend aus den Skeletten von Korallen aus der Gruppe der Scleractinia aufgebaut werden, besteht der Algenrücken hauptsächlich aus den krustenbildenden Kalkskeletten von Rotalgen aus Gruppe der Corallinaceen - sie besitzen beim Aufbau der brandungsresistenten Teile entscheidende Bedeutung. Dazwischen wachsen Scleractinier. Es läßt sich also feststellen: Die wichtigsten Riffbildner der rezenten Korallenriffe sind Steinkorallen (Scleractinia) - wobei koloniebildende Formen überwiegen - und Rotalgen. Der Riffkern reicht in den Gezeitenbereich.

3. Vergleich der Bildner devonischer und heutiger Riffe

Um die devonischen Riffe des Sauerlandes mit heutigen Korallenriffen vergleichen zu können, müssen auf jeden Fall die Riffbildner näher betrachtet werden, denn Riffe bestehen nun einmal aus den Kalkskeletten von am Boden festgewachsenen Lebewesen. Außerdem hat auch die Paläontologie - vergleichbar der Geologie - einen aktualistischen Ansatz, da sie nur aus der Untersuchung der rezenten Lebewesen auf die fossilen Lebewesen und ihre Ökologie zurückschließen kann.

Wir können - streng aktualistisch - folgendes Postulat formulieren: Wenn die Riffe des Devon-Massenkalks und der Gegenwart von vergleichbaren Lebewesen in vergleichbarer Weise aufgebaut wurden, sollten auch die Riffe miteinander vergleichbar sein. Wir müssen also herausfinden, welche Lebewesen die Devon-Riffe aufbauten. Dabei sind wir auf die als Fossilien erhaltenen Skelette angewiesen. Die Rekonstruktion ausgestorbener Lebewesens aus den Fossilien ist nur dann kein Problem, wenn die Skelett-Teile sehr charakteristisch (wie z. B. Säugetier-Knochen oder -Zähne) sind und **direkte** Nachkommen heute noch leben. Das klingt trivial, ist es aber leider nicht. Für alle wichtigen Riffbildner des Devons gilt nämlich, daß sie im Verlaufe des Paläozoikums verschwanden und im Mesozoikum durch andere Gruppen ersetzt wurden. Außerdem sind ihre Skelette ziemlich arm an Merkmalen. Deshalb waren die Verwandtschaftsbeziehungen der riffbildenden Lebewesen des Devons zu denen der Gegenwart bis vor wenigen Jahren heftig umstritten. Im weiteren sollen kurz die wichtigsten Riffbildner-Gruppen und ihre aktuelle systematische Zuordnung vorgestellt werden. Um den Rahmen dieses Artikels nicht zu sprengen, wird auf eine Begründung der systematischen Zuordnungen verzichtet, zumal sich in den Arbeiten von COPPER & PLUSQUELLEC (1993), FAGERSTROM (1987), HILL (1981), MAY (1993 a - c) und STEARN & PICKETT (1994) zahlreiche Informationen und Hinweise auf weiterführende Literatur finden.

Die wichtigste und bei weitem dominierende Riffbildner-Gruppe in den Massenkalk-Riffen waren die **Stromatoporen.** Sie haben knollig, lagig oder ästig aussehende Skelette, die meist Faust- bis Kopfgröße, aber auch bis zu Metergröße erreichen. Unter dem Mikroskop zeigt sich, daß diese Knollen ein feines dreidimensionales Gerüst aus horizontal und vertikal angeordneten Platten und Pfeilern besitzen, dessen unterschiedliche Ausbildung die Bestimmung ermöglicht (siehe z. B. MAY 1993 c; STEARN & PICKETT 1994). Die Stromatoporen gehören in die Verwandtschaft der sogenannten "corallinen Schwämme". Neuere Forschungen haben ergeben, daß die corallinen Schwämme des Meso- und Känozoikums keine einheitliche Gruppe sind und unter den Schwämmen aufgeteilt werden müssen. Seitdem ist umstritten, ob auch die Stromatoporen des Paläozoikums aufgeteilt werden müssen oder ob sie eine einheitliche Gruppe sind, wie es z. B. STEARN (1982 b) vertritt. Sicher ist aber, daß die paläozoischen Stromatoporen zu den Schwämmen gehören (MAY 1993 c; STEARN & PICKETT 1994). Die rezenten "corallinen Schwämme" haben keine Bedeutung als Riffbildner.

Die **tabulaten Korallen** sind nach den Stromatoporen die zweitwichtigsten Riffbildner des Massenkalkes. Sie stellen etwa 20 % der Riffbildner des Massenkalks (MAY 1988). Die tabulaten Korallen sind immer koloniebildend. Häufiger als knollige Kolonien treten ästige Kolonien auf. In ihren Skeletten sind die Septen zu dornenförmigen Rudimenten reduziert. Die einzelnen Skelettröhren werden nur noch durch Böden untergliedert. Aufgrund oberflächlicher Ähnlichkeiten mit corallinen Schwämmen wird seit den 70er Jahren immer wieder die Korallen-Natur der Tabulaten in Frage gestellt, aber neuere Untersuchungen bestätigen die Zuordnung zur Klasse Anthozoa (siehe z. B.: COPPER & PLUSQUELLEC 1993). Sie gehören aber nicht in dieselbe Unterklasse wie die rugosen Korallen und die rezenten Scleractinia, sondern stellen eine selbständige Gruppe dar (HILL 1981; MAY 1993 a).

Bei den Skeletten der **rugosen Korallen** erkennt man auf den ersten Blick die Ähnlichkeit zu den Skeletten der heutigen Steinkorallen (= Scleractinia). Ebenso wie die Scleractinia besaßen auch die rugosen Korallen röhrenförmige Skelette mit radial angeordneten Septen. Da sich aber die Gesetzmäßigkeit der Septenanordnung und die Skelettmineralogie - Kalzit versus Aragonit - zwischen den rugosen Korallen (nur Paläozoikum) und den Scleractinia (nur Meso- bis Känozoikum) unterscheidet, ist umstritten, wie eng beide Gruppen von Korallen miteinander verwandt sind. Nach dem heutigen Stand der Kenntnis sind die Rugosa nicht die direkten Vorläufer der Scleractinia (HILL 1981; MAY 1993 b). Rugose Korallen sind im Massenkalk ziemlich selten, und, wenn man sie findet, handelt es sich meist um Einzelkorallen; koloniebildende Korallen treten nur vereinzelt auf.

Wenn wir die hauptsächlichen Riffbildner der Gegenwart und des Devons miteinander vergleichen, stellen wir keine Übereinstimmung fest. Heute sind es Scleractinia - und zwar überwiegend koloniebildende Formen - und kalkabscheidende Rotalgen, die die Korallenriffe hauptsächlich aufbauen. Im Devon waren die zu den Schwämmen zu rechnenden Stromatoporen die hauptsächlichen Riffbildner. Korallen hatten in den devonischen Massenkalk-Riffen nur untergeordnete Bedeutung und waren durch zwei Gruppen vertreten, die nicht direkte Vorläufer der Scleractinia sind. Darüber hinaus sind die näher verwandten Rugosen - abweichend von den rezenten Verhältnissen - hauptsächlich durch Einzelkorallen vertreten.

Kalkalgen sind extrem selten im Massenkalk und Rotalgen fehlen vollständig (MAY (1988, 1994 b). Hin und wieder finden sich problematische Algen wie *Renalcis* (MACHEL 1990: Taf. 2; MAY 1994 a: 39; MAY 1994 b: Abb. 15 + 19; vgl.: TSIEN 1974: 27 + 30). Während die rezenten Rotalgenkrusten das Riff gegen die Brandung resistent machen, können die zarten Skelette von *Renalcis* das sicher nicht erreicht haben. Die auftretenden Riffbildner erlauben es also **nicht**, die Verhältnisse aus den rezenten Riffen auf die devonischen Riffe zu übertra-

gen. Nach dem vorliegenden Befund müssen wir vielmehr damit rechnen, daß sich devonische Riffe und rezente Riffe gravierend voneinander unterscheiden.

Unverdrossen von den oben dargestellten systematischen Unterschieden zwischen den rezenten und den devonischen Riffbildnern wird oft versucht, anhand der Wuchsformen der Riffbildner direkte Vergleiche zwischen rezenten und devonischen Riffen durchzuführen. Abgesehen davon, daß dieses Vorgehen aufgrund der ganz unterschiedlichen systematischen Gruppen in rezenten und devonischen Riffen sehr problematisch ist, funktioniert es nicht einmal beim Vergleich verschiedener rezenter Riffe! STEARN (1982 a) konnte nachweisen, daß in rezenten Riffen die verschiedenen Wuchsform-Typen unter einer großen Bandbreite von Umweltbedingungen auftreten und daß die Verteilungsmuster zwischen verschiedenen rezenten Riffen sehr unterschiedlich sein können. Wenn sich aber schon für die rezenten Riffe kein einheitliches Modell herausarbeiten läßt, ist die Frage berechtigt, ob eine Übertragung auf das Devon nicht unsinnig ist.



Abb. 1: Gesteinstypen und Umweltbedingungen in den zyklischen Abfolgen des lagunären Massenkalks im Sauerland.

Fig. 1: Carbonate types and environmental conditions within the sedimentary cycles in the lagoonal Massenkalk of the Sauerland.

4. Vergleich der Riffe anhand sedimentologischer Kriterien

Da die Auswertung der Riffbildner keine befriedigenden Ergebnisse erbracht hat, müssen zu einem Vergleich der devonischen mit den rezenten Riffen die Sedimente der verschiedenen Teile der Riffkomplexe untersucht werden, um daraus Rückschlüsse auf den Bau der Riffkomplexe ziehen zu können.

Dazu soll als Beispiel das Briloner Riff herangezogen werden, das von verschiedenen Seiten intensiv untersucht wurde (siehe Kap. 1). Die dort beobachteten Karbonatfazies und -abfolgen lassen sich in vergleichbarer Weise bei den anderen Massenkalk-Riffen des Sauerlandes (und des Bergischen Landes) nachweisen. Der Riffkomplex von Brilon und der Riffkomplex von Attendorn-Elspe lagen am Schelfrand. Diese Lage am Schelfrand prägt das Briloner Riff. Ein Riffkern-Bereich ist nur am langen Südostrand des Riffes entwickelt. Nach Südosten schließt sich der Riffschutt des Vorriffs an und nach Nordwesten folgt ein weit ausgedehnter Bereich mit lagunärem bzw. Rückriff-Charakter.

4.1. Lagunärer Bereich

In den lagunären Bereichen lassen sich häufig zyklische Abfolgen beobachten, die meist dem in **Abbildung 1** dargestellten Schema folgen. Die verschiedenen Gesteinstypen lassen aufgrund ihrer Sedimentzusammensetzung und Fossilführung eine gleichsinnige kontinuierliche Zunahme von Wassertiefe, Wasserturbulenz und Angleichung an normal-marine Salinitätsverhältnisse erkennen. Am häufigsten ist der oberste Typ (Birdseye-Kalke), am zweithäufigsten sind *Amphipora*-Kalke (MAY 1987). Der oberste Gesteinstyp sind Birdseye-Kalke, die oft ein laminares Gefüge zeigen. Diese Birdseye-Kalke werden auf die sedimentbindende Wirkung von Algenmatten zurückgeführt. Zahlreiche Untersuchungen an rezenten und fossilen Kalkwatten zeigen, daß in dieser Weise aufgebaute Birdseye-Kalke für den Intertidal-Bereich charakteristisch sind. Dieses Glied der zyklischen Abfolge entstand im Gezeitenbereich bei geringer Wasserturbulenz unter den extremsten (bzw. am stärksten schwankenden) Salinitätsverhältnissen.

Das nächstfolgende Glied sind die *Amphipora*-Kalke. In einer mikritischen Matrix sind zahlreiche Äste der fragilen dünnäctigen Stromatopore *Amphipora* (Astdurchmesser ca. 3 mm); meist sind die Äste parallel zur Schichtung eingeregelt, sie können aber auch vereinzelt noch als autochthone Rasen mit Ästen in Lebendstellung gefunden werden. In etwas tieferem Wasser dominieren *Stachyodes*-Äste in den Kalken. *Stachyodes* ist eine *Amphipora* ähnliche Stromatopore, hat aber erheblich dickere und robustere Äste (Astdurchmesser ca. 10 mm). Danach folgen Kalke mit zahlreichen knolligen Stromatoporen, zwischen denen eine mikritische Matrix mit zahlreichen Bioklasten entwickelt ist. Schon allein bei der Durchsicht dieser Glieder erkennt man, daß im lagunären Bereich mit zunehmender Wassertiefe die Wasserturbulenz ebenfalls zunahm: Nach unten werden die Riffbildner-Skelette immer robuster und die Matrix führt immer mehr Bioklasten.

Das tiefste - und seltenste - Glied in der Abfolge lagunärer Kalke, das aber immer noch im flachen Subtidal entstand, sind dunkle Kalke mit einer diversen Fauna aus Stromatoporen, tabulaten Korallen und rugosen Korallen. Hier zeigt die Riffbildner-Fauna deutlich, daß die Salinität weitgehend normal-marinen Verhältnissen entsprach und ± konstant war.

Wir benötigen nun ein Modell für die Massenkalk-Riffe, das in der Lage ist, die hier beschriebenen Abfolgen und die darin sichtbaren Trends zu erklären. Dazu stellt **Abbildung 2** oben zuerst das klassische Modell für die Massenkalk-Riffe dar. Dieses Modell geht davon aus, daß der Bau und die Zonierung eines rezenten Korallenriffs einfach auf ein devonisches Riff übertragen werden kann. In diesem Modell reicht der Riffkern in den Gezeitenbereich hinein und bildet so eine Barriere, hinter der die Lagune folgt. Mit diesem Modell läßt sich zwar das Auftreten von Birdseye-Kalken und von mikritischen Kalken mit Riffbildnern erklären; aber mit diesem Modell läßt sich nicht erklären, warum die Gesteinstypen des lagunären Bereiches in den Zyklen in dieser Reihenfolge auftreten. Ebensowenig läßt sich erklären, warum mit zunehmender Wassertiefe die Wasserbewegung zunimmt und sich die Salinitäts-Verhältnisse dem normal-marinen nähern.

Alle diese Phänomene lassen sich sehr leicht erklären, wenn man ein neues Modell anwendet (Abbildung 2 unten), das sich vom klassischen Modell dadurch unterscheidet, daß der Riffkern keine Barriere bildet. Im lagunären Bereich des Riffes erfolgt die Abnahme der Wasserturbulenz durch Bodenreibung, und die Salinitätsverhältnisse werden durch Niederschläge und/oder Evaporation beeinflußt. Am Rand des lagunären Bereichs ist die Wassertiefe noch relativ groß, die Turbulenz groß und die Salinität normal. Zum Kern hin ändert sich das kontinuierlich. So lassen sich auch leicht die zyklischen Abfolgen (Abb. 1) verstehen: Unser Beobachtungspunkt mitten im lagunären Bereich befindet sich normalerweise im Gezeitenbereich - Birdseye-Kalke entstehen. Bei jedem Meeresspiegelanstieg stößt das Meereswasser in Richtung zum Kern des lagunären Bereichs vor. Mit fortschreitendem Meerespiegelanstieg normalisiert sich an unserem Beobachtungspunkt der Salzgehalt des Wassers immer mehr. Da mit fortschreitendem Meerespiegelanstieg Strömung und Wellenbewegung immer weiter in den lagunären Bereich vorstoßen können, nimmt an unserem Beobachtungspunkt die Wasserbewegung kontinuierlich zu. Diese Meeresspiegelanstiege können sehr gering gewesen sein, da die Wassertiefe im lagunären Massenkalk zwischen 0 und 5 m gelegen haben dürfte (vgl. z. B.: MAY 1988: 187).



- Abb. 2: Modelle zur Erklärung der Gesteinsverteilung in den Massenkalk-Riffkomplexen des Sauerlandes.
- Fig. 2: Models explaining the facies distribution in the Massenkalk reef-complexes of the Sauerland. The upper model is based on the comparison with recent coral reefs, the lower model is based on the data presented in the paper.

4.2. Riffkern

Der Bereich des Riffkerns in den Massenkalk-Riffen besteht aus arenitischen Kalken mit vielen autochthonen Riffbildnern. Bei den autochthonen Riffbildnern kann es sich um *Stachyodes*-Rasen handeln, aber mindestens ebenso häufig sind Pakete mit vielen großen, kugeligen bis knolligen Stromatoporen oder aus großen lagigen Stromatoporen (MACHEL 1990; MA-CHEL & HUNTER 1994; MALMSHEIMER & MENSINK & STRITZKE 1991). Die arenitische Matrix besteht überwiegend aus Crinoidenschutt. Bei diesen Gesteinen handelt es sich zumindest zum Teil um echte Gerüstkalke (= "Framestones") (vgl. z. B.: TSIEN 1984, 1994). Ein Vergleich mit den Kalken der rezenten Algenrücken mit ihrer sehr intensiven und engen Umkrustung durch Rotalgen ist aber nicht möglich. Deshalb können die devonischen Riffkerne nicht so brandungsresistent wie die rezenten gewesen sein.

Auffällig ist, daß die Kalke des Riffkern-Bereichs fast ausschließlich im Subtidal gebildet wurden. Sie entstanden damit also unter einer etwas größeren Wassertiefe als die Hauptmasse der lagunären Kalke. Darüber hinaus sind im Briloner Riff die Riffkern-Kalke auf einen schmalen Bereich am Südostrand beschränkt - also zum Schelfrand hin. Beide Beobachtungen fügen sich sehr gut in das von mir vorgeschlagene neue Modell (Abb. 2 unten). Demnach lag der "Riffkern" etwas tiefer als die eigentliche Karbonatplattform. Der "Riffkern" bildete den obersten Teil des beckenwärts gerichteten Abhanges der Karbonatplattform. Hier waren die Turbulenz und der Nährstoffreichtum des Meereswassers groß genug, um ein reiches Riffbildner-Wachstum zu ermöglichen.

4.3. Vorriff

Das Vorriff ist durch Echinodermenschutt-Arenite gekennzeichnet. Meist geben sich diese Kalksteine deutlich als Turbidite zu erkennen (EDER et al. 1983; STRITZKE 1989, 1990; MAY 1994 a). Die gröbsten Partien dieser Turbidite enthalten häufig Riffbildner-Fragmente, aber vorzugsweise die dünne ästige Stromatopore *Amphipora*, die für den lagunären Bereich charakteristisch ist. Die Echinodermen-Reste, die in allen Riffschuttkalken dominieren, sind - soweit beurteilbar - Crinoidenreste. Diese Crinoiden wuchsen zum Teil wohl im Bereich der Riffkerne, hauptsächlich aber in darunter folgenden Crinoiden-"Wäldern". Anders läßt sich diese enorme Dominanz der Echinodermenkalke in den Vorriff-Sedimenten nicht erklären. In den feineren Partien der Turbidite treten neben den Echinodermenresten sehr häufig Lumps und Peloide auf, die zum größten Teil im lagunären Bereich entstanden sind. Es läßt sich also feststellen, daß die Partikel der Riffschutt-Kalke des Vorriffs zum allergrößten Teil nicht aus dem Riffkern stammen, sondern aus dem lagunären Bereich oder dem oberen Teil des Vorriffes. Im Vergleich zu rezenten Riffen - in deren Vorriff-Bereichen Blöcke von mehreren Metern Größe durchaus normal sind (McILREATH & JAMES 1984) - fehlt in den Massenkalk-Riffen der grobe Riffschutt aus dem Riffkern.

Alle diese Beobachtungen an den Vorriff-Kalken ergeben Sinn, wenn man das neue Modell für die Massenkalk-Riffe des Sauerlandes anwendet: Da der Riffkern nicht bis in den Gezeitenbereich ragte und keine Barriere darstellte, an der sich die Wellen brechen, wurde im Bereich des Riffkerns nicht so viel und nicht so grober Schutt produziert. Außerdem konnten ohne Schwierigkeit große Mengen Material aus dem lagunären Bereich in den Vorriff-Bereich transportiert werden.

5. Rückblick

Rückblickend läßt sich feststellen, daß die direkte Übertragung von Modellen rezenter Korallenriffe auf die Massenkalk-Riffe des Devons nicht sinnvoll ist. Aufgrund der völlig unterschiedlichen Riffbildner läßt sich das Aktualitätsprinzip auf die Devon-Riffe nicht mehr uneingeschränkt übertragen. Eine gründliche sedimentologische bzw. mikrofazielle Analyse erlaubt aber auch hier die Entwicklung sinnvoller Modelle.

6. Literaturverzeichnis

- COPPER, P. & PLUSQUELLEC, Y. (1993): Ultrastructure of the walls, tabulae and "polyps" in Early Silurian Favosites from Anticosti Island, Canada. - Courier Forsch.-Inst. Senckenberg, **164**: 301-308, 5 Abb.; Frankfurt a. M.
- EDER, F.W.; ENGEL, W.; FRANKE, W., & SADLER, P. M. (1983): Devonian and Carboniferous Limestone-Turbidites of the Rheinisches Schiefergebirge and Their Tectonic Significance.
 In: MARTIN, H., & EDER, F. W. [Hrsg.]: Intracontinental Fold Belts: 93-124, 13 Abb., 2 Taf.; Berlin (Springer).
- ERRENST, C. (1993): Koloniebildende Phillipsastreidae und Hexagonariinae aus dem Givetium des Messinghäuser Sattels und vom Südrand des Briloner Massenkalkes (nordöstliches Sauerland). - Geol. Paläont. Westfalen, 26: 7-45, 4 Abb., 1 Tab., 7 Taf.; Münster (Landschaftsverband Westfalen-Lippe).
- FAGERSTROM, J. A. (1987): The evolution of reef communities. xv + 600 S., 51 Taf.; New York (John Wiley & sons).
- GEISTER, J. (1983): Holozäne westindische Korallenriffe: Geomorphologie, Ökologie und Fazies. - Facies, 9: 173-284, 57 Abb., 8 Tab., Taf 25-35; Erlangen.
- HILL, D. (1981): Rugosa and Tabulata. In: TEICHERT, C. [Hrsg.]: Treatise on Invertebrate Paleontology, Part F [Coelenterata] Suppl. 1: xl - 672S., 462 Abb., 3 Tab.; Boulder/Colorado & Lawrence/Kansas.
- KOCH-FRÜCHTL, U., & FRÜCHTL, M. (1993): Stratigraphie und Faziesanalyse einer mitteldevonischen Karbonatabfolge im Remscheid-Altenaer Sattel (Sauerland). - Geol. Paläont. Westfalen, 26: 47-75, 13 Abb., 4 Taf.; Münster (Landschaftsverb. Westf.-Lippe).
- MACHEL, H.-G. (1990): Faziesinterpretation des Briloner Riffs mit Hilfe eines Faziesmodells für devonische Riffkarbonate. Geol. Jb., **D 95:** 43-83, 5 Abb., 6 Taf.; Hannover.
- MACHEL, H.-G., & HUNTER, I. G. (1994): Facies Models for Middle to Late Devonian Shallowmarine Carbonates, with Comparisons to Modern Reefs: a Guide for Facies Analysis. -Facies, **30:** 155-176, 5 Abb., Taf 30-36; Erlangen.
- MALMSHEIMER, K. W., & MENSINK, H., & STRITZKE, R. (1991): Gesteinsvielfalt im Riffgebiet um Brilon. - Geol. Paläont. Westfalen, **18**: 67-83, 18 Abb.; Münster.
- MALMSHEIMER, K. W., & FLAJS, G., & KOCH-FRÜCHTL, U. (1996): Middle Devonian Initial Reef-Facies from the Rhenish Schiefergebirge (Sauerland and Eifel), Western Germany.
 In: REITNER, J., & NEUWEILER, F., & GUNKEL, F. [Hrsg.]: Global and Regional Controls on Biogenic Sedimentation. I. Reef Evolution, Research Reports. -Göttinger Arb. Geol. Paläont., Sb2: 371-375; Göttingen.
- MAY, A. (1987): Der Massenkalk (Devon) nördlich von Brilon (Sauerland). Geol. Paläont. Westfalen, **10:** 51-84, 12 Abb., 1 Tab.; Münster (Landschaftsverb. Westfalen-Lippe).
- MAY, A. (1988): Fossilführung und Palökologie des lagunären Massenkalkes (Devon) im Sauerland (Rheinisches Schiefergebirge). - Paläont. Z., **62:** 175-192, 6 Abb., 4 Tab.; Stuttgart.
- MAY, A. (1990): Die rugose Koloniekoralle *Argutastrea* aus dem Massenkalk (Devon) des Hönnetals (Rechtsrheinisches Schiefergebirge). - Dortmunder Beitr. Landeskde., naturwiss. Mitt., **24:** 101-108, 2 Abb., 1 Tab.; Dortmund.
- MAY, A. (1993 a): Korallen aus dem höheren Eifelium und unteren Givetium (Devon) des nordwestlichen Sauerlandes (Rheinisches Schiefergebirge). Teil I: Tabulate Korallen. - Palaeontographica, Abt. A, **227:** 87-224, 28 Abb., 6 Tab., 15 Taf.; Stuttgart.
- MAY, A. (1993 b): Korallen aus dem höheren Eifelium und unteren Givetium (Devon) des nordwestlichen Sauerlandes (Rheinisches Schiefergebirge). Teil II: Rugose Korallen, Chaetetiden und spezielle Themen. - Palaeontographica, Abt. A, 228: 1-103, 18 Abb., 1 Tab., 15 Taf.; Stuttgart.
- MAY, A. (1993 c): Stratigraphie, Stromatoporen-Fauna und Palökologie von Korallenkalken aus dem Ober-Eifelium und Unter-Givetium (Devon) des nordwestlichen Sauerlandes (Rheinisches Schiefergebirge). Geol. Paläont. Westfalen, **24:** 93 S., 3 Abb., 4 Tab., 12 Taf.; Münster.

- MAY, A. (1994 a): Microfacies Controls on Weathering of Carbonate Building Stones: Devonian (Northern Sauerland, Germany). - Facies, **30**: 193-208, 1 Abb., 2 Tab., Taf. 37-39; Erlangen.
- MAY, A. (1994 b): Foraminiferen, Kalkalgen und andere Mikrofossilien aus dem Givetium und Frasnium (Devon) des Sauerlandes (Rheinisches Schiefergebirge). Dortmunder Beitr. Landeskde., naturwiss. Mitt., **28:** 7-31, 19 Abb., 2 Tab.; Dortmund.
- MAY, A. (1995): IV. Stromatoporen und Korallen. In: KOCH, L. [Hrsg.]: Fossilien aus dem Schwelmer Kalk; Edition Archaea: 37-44, 10 Abb.; Gelsenkirchen (B. Krause Verl.).
- MAY, A. (1996): Erdgeschichte und Fossilien des Kreises Olpe. In: Trampelpfade in die Erdgeschichte. Zur Geologie des Kreises Olpe: 5-56, 47 Abb.; Attendorn (Kreisheimatmus.).
- MAY, A., & BECKER, R. T. (1996): Ein Korallen-Horizont im Unteren Bänderschiefer (höchstes Mittel-Devon) von Hohenlimburg-Elsey im Nordsauerland (Rheinisches Schiefergebirge).
 Berliner geowiss. Abh., E 18: 209-241, 1 Abb., 2 Tab., 3 Taf.; Berlin.
- McILREATH, I. A., & JAMES, N. P. (1984): Carbonate Slopes. In: WALKER, R. G. [Hrsg.]: Facies Models, Second Edition; Geoscience Canada, Repr. Ser., 1: 245-257, 16 Abb.; Toronto (Geol. Assoc. Canada).
- SCHÄFER, M. & MAY, A. [in Vorb.]: Geologie des Massenkalks (Devon) und seines Hangenden zwischen Hagen-Eppenhausen und Hagen-Elsey (MTB 4611 Hohenlimburg; Rechtsrheinisches Schiefergebirge).
- SCHUDACK, M. E. (1993): Karbonatzyklen in Riff- und Lagunenbereichen des devonischen Massenkalkkomplexes von Asbeck (Hönnetal, Rheinisches Schiefergebirge). - Geol. Paläont. Westfalen, 26: 77-106, 19 Abb.; Münster (Landschaftsverb. Westf.-Lippe).
- SCHUHMACHER, H. (1976): Korallenriffe. Ihre Verbreitung, Tierwelt und Ökologie. 275 S., 234 Abb.; München (BLV).
- STEARN, C. W. (1982a): The shapes of Paleozoic and modern reef-builders: a critical review. - Paleobiology, **8** (3): 228-241, 3 Abb.; Chicago.
- STEARN, C. W. (1982b): The Unity of the Stromatoporoidea. Third North American Paleontological Convention, Proceedings vol.: 511-516, 1 Abb.; Montreal.
- STEARN, C. W., & PICKETT, J. W. (1994): The stromatoporoid animal revisited: Building the skeleton. Lethaia, **27:** 1-10, 9 Abb.; Oslo.
- STOPPEL, D. [Hrsg] (1990): Zur Geologie des Briloner Riffs, Teil 1. Geol. Jb., **D 95:** 330 S., 41 Abb., 11 Tab., 17 Taf.; Hannover.
- STRITZKE, R. (1989): Stratigraphie, Faziesanalyse und Paläogeographie im Oberdevon des Briloner Vorriffgebiets (Ostsauerland). - Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **35:** 75-106, 6 Abb., 3 Tab., 3 Taf.; Krefeld.
- STRITZKE, R. (1990): Die Karbonatsedimentation im Briloner Vorriffbereich. Geol. Jb., D 95: 253-315, 9 Abb., 3 Tab., 3 Taf.; Hannover.
- TSIEN, H. H. (1974): Paleoecology of Middle Devonian and Frasnian in Belgium. International Symposium on Belgian Micropaleontological Limits, Namur 1974, Publ. 12: 53 pp., 31 figs., 5 tabs.; Brussels (Geol. Surv. Belg.).
- TSIEN, H. H. (1984): Organisms: Their Ecology and Function in Carbonate Construction. Palaeontographica amer., **54:** 415-420, 6 Abb.; Ithaca / New York.
- TSIEN, H. H. (1994): Construction of reefs through geologic time with emphasis on the role of non-skeletal microrganisms. Acta geol. taiwanica, **31:** 1-30, 19 figs.; Taipei.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Andreas MAY, Heisstraße 14, 48145 Münster.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Dortmunder Beiträge zur Landeskunde

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: 31

Autor(en)/Author(s): May Andreas

Artikel/Article: <u>Sind die devonischen Riffe des Sauerlandes heutigen</u> Korallenriffen vergleichbar? 127-135