

Aus der Sektion Geologische Wissenschaften der Ernst-Moritz-Arndt-Universität
Greifswald

Wissenschaftsbereich Geologie

(Leiter des Wissenschaftsbereiches: Prof. Dr. sc. K. Ruchholz)

Das Rübeländer Mud Mound im Riffkomplex von Elbingerode (Harz) und seine sedimentologischen Eigenschaften

Von **Helmut Weller**

Mit 12 Abbildungen

(Eingegangen am 31. Mai 1988)

Mud Mounds blieben innerhalb der rhenoharzynischen Geosynklinalriffe bisher unerkannt. Nachdem rätselhafte gefleckte Schlammkalke vom Rübeländer „Höhlenrestaurant“ als derartige Bildungen interpretiert (Weller 1987) und ihre Sedimentologie in geraffter Form illustriert wurde (Weller i. Dr.), erscheint es wichtig, dieses nicht nur für das Devonriff von Elbingerode herausragende sedimentologische Phänomen näher zu erläutern und seine Genese abzuleiten. Die vorangestellten generellen Kennzeichen von Mud Mounds dienen dem besseren Verständnis ihres Baues und ihrer Verbreitung.

Merkmale und Definition von Mud Mounds

In Verbindung mit fossilen Riffen treten im Phanerozoikum Karbonatschlamm-anhäufungen mit vergleichbaren bio- und lithofaziellen Merkmalen auf. Es sind aus Mikrit aufgebaute Hügelstrukturen im Dekameter- bis Hektometerbereich in der Ausdehnung und im Dekameterbereich in der Mächtigkeit. Allen gemeinsam ist eine kuppig-hügelförmige Gestalt, eine Bildung im tieferen ruhigen Wasser und der Aufbau aus Mud- und Wackestones (Dunham 1962). Unterschiedliche Aspekte beleuchtend resultieren verschiedene Begriffe für diese Karbonatkörper:

- „Mud Mounds“ (T sien 1974 ff.; Ross u. a. 1975; Wilson 1975; Monty 1976 ff.; Flügel 1978; Pratt 1982; James 1983; Lees u. Miller 1985; usw.);
- „Micritic Mounds“, „Lime Mud Mounds“ (Wilson 1975);
- „Lime Mud Buildups“ (Heckel 1974);
- „Deep Water Bioherms“ (Playfort 1980);
- „Quiet Water Carbonate Buildups“ (Burchette 1981);
- „Stillwasserbioherm“ (Füchtbauer u. Müller 1970; Krebs 1971);
- „Schlamm bioherm“ (Flügel 1978).

Nach dem beherrschenden Element „Stromatactis“ (Dupont 1881) wurde auch der Begriff „Stromatactis-Reef“ (Bathurst 1959) oder „Stromatactis Bioherm“ (Philcox 1965) benutzt.

Allein aus den Jahresdaten ist ablesbar, daß zwar einzelne Eigenschaften lange bekannt waren, ihre paläogeographisch-stoffliche Interpretation aber erst in den siebziger Jahren in ein Modell mündete. Ihre Ausdehnung und auch wirtschaftliche Bedeutung hält sich in bescheidenen Grenzen gegenüber den eigentlichen Riffen. Mud Mounds spielen aber eine wesentliche Rolle bei der Beurteilung der Riff-Paläoge-

graphie, da sie in jedem Fall die Riff-Außenflanken bzw. offenmarinen Einschnürungen in die Riffe markieren. Hinzu kommen in ihnen ausgedrückte spezifische Bildungsmerkmale, wie Sedimentcharakter, Fauna, Strömungen, Wassertiefe, Brandungswirkungen.

Ein Mud Mound ist keine einfach strömungsbedingt an bestimmten Positionen entstehende Kalk-Schlammhäufung, sondern ein linsenförmiges Bauwerk aus Mikrit als Wacke- und Mudstone, das durch die kalkschlammbindende und -bildende Tätigkeit von Mikroorganismen zu einem Hügel aufwächst. Die feinkörnige lutitische Matrix, eine offenmarine Fauna und das Fehlen von Abrasionsmerkmalen lassen auf einen Bildungsraum im tieferen Wasser schließen, der unterhalb der Wellenbasis gelegen ist. Sie erreichen mit den Topregionen oft die Wellenzone und werden gelegentlich von Sturmwellen beeinflusst. Es dominieren aber Stillwasser-Verhältnisse. Entsprechend dem Wilson-Modell (1975) zur Fazieszonenverteilung entstehen Mud Mounds sowohl auf Karbonatschelfen (im Faziesbelt 2 = Schelf bzw. tiefes Undathem und im FB 7 = offenmarine Plattform bzw. flaches Undathem), als auch an den Flanken von Schelfen und Riffen (FB 3 = Beckenrand, FB 4 = Schelfhang und in den von Wilson als Typ I der organischen Riffe bezeichneten "downslope mud accumulations" = FB 5).

Nicht in Betracht kommen sollten allerdings die verbreiteten Mikritakkumulationen im Rückriffbereich (back reef) bzw. auf den Gezeitenflächen (tidal flats), wo extrem variable Bedingungen herrschen (Salinität, Temperatur, Redoxpotential, Wasserbedeckung) und wo ganz allgemein die Wasserzirkulation eingeschränkt ist, d. h. Wilson's Faziesbelt 8. Charakteristische Merkmale lassen Mud Mounds gut von organischen Riffen (organic reef Wilson 1975; ecologic reef Dunham 1970) unterscheiden, bei denen skelettbildende Riffbiogene zu einem ridigen Gerüst mit zwischenlagerndem meist größerem Biodetritus in der Wellenzone aufwachsen.

Eine Analyse publizierter Angaben und von Geländebefunden ergab folgende Merkmale bzw. Baufaktoren von Mud Mounds (Weller, i. Dr.):

1. Sie bestehen überwiegend aus Kalkschlamm (Mikrit).
2. Ein stützendes Boundstonegerüst aus kalkabscheidenden Riffbildnern fehlt.
3. Charakteristische Elemente sind Stromatactis und Zebrakalklagen.
4. Der Mikrit wird hauptsächlich durch biogene Prozesse akkumuliert (Einfangen und in situ-Produktion), wobei sich zunehmend klarer die Tätigkeit von Mikroorganismen wie Algen, Cyanobakterien und Bakterien zeigt (Monty 1982 a, b, 1984; Pratt 1982; Tsien 1982, 1985 a, b).
5. Die Hügel sind meist zonar gebaut: Im Kern des Hügels Mikrite mit Stromatactis, darüber als Abdeckung und Schutz vor Aufarbeitung eine Bindstonehülle (Wilson 1975) aus Stromatolithen und/oder Korallen bzw. Stromatoporen und an den Flanken bioklastische Sedimente.
6. Rutschungsgefüge ist meist nachweisbar.
7. Die Fauna ist offenmarin, pelagisch (u. a. Nautiloidea, Ammonoidea, Tentaculiten, Conodonten), dabei meist arten- und individuenarm und, abgesehen von monospezifischen Formen (Spongienartige im Harzer Devon), kleinwüchsig.
8. Der Bildungsraum liegt unterhalb der Wellenbasis und kann bis in die aphotische Zone hinabreichen (Lees u. a. 1985).
9. Sie besitzen eine kissenförmig-hügelige Gestalt ("mounds") mit steilen Flanken bis zu 50° und geringe Ausmaße.
10. Ein frühes Einsetzen diagenetischer Prozesse vermutlich unter Mitwirkung mikrobieller Tätigkeit (biocementstones: Tsien 1982) erlaubt kaum eine Kompaktion.

Mud Mounds treten verbreitet im Paläozoikum auf, es werden aber auch mesozoische und rezente Bildungen als solche interpretiert. Aus intrakratonischen Becken bzw. von Karbonatrampen wurden die ältesten Vertreter illustriert (Unterkambrium von Sardinien: Bechstädt u. a. 1985; Ordovizium der USA und Schwedens: Ross u. a. 1975; Silur vom Midcontinent-Schelf der USA und von Quebec/Canada: Wilson 1975, Bourque 1979). Devonische Schlammhügel wurden von Australien, von Marokko, von Europa und Nordamerika beschrieben, wobei die Frasn-Mud Mounds des belgischen Oberdevon (insbesondere die F 2j-Mounds: Lecompte 1970, Tsien 1971 ff.) eine besonders intensive Bearbeitung erfuhren. Von ihnen wurden entscheidende sedimentologisch-biologische Schlussfolgerungen zur Genese abgeleitet (Monty 1982 a, b, 1984; Monty u. a. 1982; Tsien 1985 a, b).

Ubiquitär auf der ganzen Nordhalbkugel ist das unterkarbonische Waulsortian (Dupont 1863) verbreitet. Es sind bryozoen- und crinoidenführende Mud Mounds mit Stromatactis, an denen Wilson (1975) Modellvorstellungen abgeleitet hat. Wie Lees u. Miller (1985) kritisch vermerken, werden sie sogar für die Architypen aller paläozoischen nicht-skeletalen Mounds gehalten. Darüber hinaus gibt es Mud Mounds auch noch im späten Paläozoikum in weiterer Verbreitung (Oberkarbon/Perm mit dominierenden plattigen Algen und Stromatactis: Wilson 1975). Von geringerer Bedeutung sind mesozoische Schlammhügel. Kretazische und rezente Bildungen sind umstritten.

Am Aufbau von Mud Mounds sind mehrere Prozesse beteiligt, die Wilson (1975) aus verschiedenen Bauten idealisiert.

1. Mechanische Akkumulation von feinem und größerem Sediment ist verantwortlich für die Lokalisierung des Hügels. Durch angenommene sanfte Strömungen entstehen basale bioklastische Wackestones mit Brachiopodenschill-Lagen und Echioidermenschutt. Hierüber gibt das Rübäländer Mud Mound aufschlußbedingt keine Information.

2. Das Wachstums des Hügels wird durch die kalkschlammfangende Tätigkeit (trapping, baffling) von Organismen, die alterstypisch und meist monospezifisch sind, gedeutet (Ordoviz: Spongien, Algen; Ordoviz, Silur, Unterkarbon: Bryozoen; für das Devon wären Cyanobakterien oder ähnliche Mikroben zu ergänzen; Oberkarbon, Perm: plattige Algen; Trias: Korallen; Jura: Spongien; Kreide: Rudisten; rezent Meeresgräser).

Die in situ-Karbonatproduktion von Mikroben und daraus gefolgt der hügelartige Aufbau dürfte aber – zumindest für die devonischen Vertreter – der entscheidende Wachstumsfaktor sein. Die Matrix ist oft durch Rutschungsprozesse interndeformiert.

3. Das Erreichen der Wellenbasis und die Flankenneigung dürfte die Notwendigkeit der Stabilisierung des gelantinösen Kalkschlammes bedingen. Durch Kolonisierung von riffbildenden sessilen Formen, wie Korallen und Hydrozoen, kann sich hierauf ein ökologisches Riff aufbauen, im stilleren Wasser können aber auch lamellare Formen diese stabilisierende Funktion übernehmen. Einen zusätzlichen Schutz bilden inkrustierende Organismen (Stromatoporen, Spongien), die den gesamten Hügel als geringmächtige Haut überziehen und abdecken, wenn die Wachstumsrate des Hügels gering bleibt. Stromatolithische laminierte Lagen übernehmen diese Schutzfunktion gelegentlich und markieren die Dominationsphase (Alberstadt u. Walker 1973). An den Mound-Flanken akkumulieren bioklastische Packstones und seltener bei kräftiger Wasserbewegung ein Talus.

4. Wesentlich ist eine frühe phreatische Zementation, die heute ebenso biologisch stimuliert betrachtet wird (Tsien 1982), für die Stabilisierung des Hügels.

Mud Mounds im Elbingeröder Komplex

1. Zum Aufbau des Elbingeröder Riffes

Der Elbingeröder Komplex ist ein atollartiger isolierter Riffkörper im Rheinischen Trog der Varisziden (Typ A der mitteleuropäischen Devonriffe nach Krebs 1971, 1974). Er besitzt einen 500–1000 m mächtigen vulkanischen Sockel (Zöllich 1939) aus Spiliten, Keratophyren und deren Tuffen (Mucke 1973) von Untergivetalter. Auf dieser submarinen Vulkanitschwelle hat sich im höheren Givet und Frasn ein differenziert aufgebautes, paläogeographisch gegliedertes Stromatoporen-Korallen-Kalkalgenriff phasenhaft entwickelt (Weller 1987, Ruchholz u. Weller 1988). Insbesondere die Hauptphase der Karbonatbildung und eigentliche Riffentwicklung konnte räumlich, zeitlich und stofflich untergliedert werden (Abb. 1). Ein einleitendes und oberflächlich weit verbreitetes Atollstadium im höheren Givet (Grenzziehung dm/do i. S. Ziegler u. Klapper 1985), das der Dorp-Fazies im Lahn-Dill-Gebiet (Krebs 1974) entspricht, besitzt alle Merkmale und Baueinheiten eines klassischen, wenngleich kompliziert gebauten Atolls in horizontaler und bathymetrischer Gliederung (pelagische Styliolitenkalk, hämatitführende Schuttkalke in Verbindung mit den Lahn-Dill-Typ-Erzen des tieferen Riffhanges, Riffthalus, Riffkernrelikte und mächtige Lagunen- bzw. Rückriffbildungen). Eine generalisierte Darstellung der Außen- und der Rückriffkalke und ihr Bezug zu den Schalsteinsätteln gibt Abb. 2 wieder.

Im Frasn schließt sich bei räumlicher Verlagerung des Bildungsraumes ein Kappenstadium an, in dem Kalke der Ibergfazies (Krebs 1971, 1974) dominieren und dem Rückriffbildungen fehlen. Es besteht aus Schuttkalken mit eingeschalteten Riffkernboundstones und einem Mud Mound, dessen Merkmale und Bau Gegenstand der weiteren Ausführungen sind. Die Nachphase der Kalkablagerung ist gekennzeichnet durch Mangersedimentation auf einer Tiefschwelle nach dem Riffsterben in den höchsten Teilen der *Pa. gigas*-Zone und Erhaltung spärlicher Relikte dieser Phase in Spalten und Taschen.

2. Das Mud Mound von Rübeler

2.1. Bedeutung und Vorkommen

Von den Mud Mounds des Frasn aus dem Becken von Dinant nördlich der Ardennenmassive konnten insbesondere C. Monty und H. H. Tsien eine Fülle von Indizien für eine vollkommen neuartige Interpretation des Mound-Aufbaues der Kalkschlammakkumulation, der Deutung der vieldiskutierten Stromatactis usw. ableiten. Weitere Anregungen zur Lösung des Mud Mound-Problems, das bei Wilson (1975) noch wichtige Fragen offen ließen, können durch den Erstnachweis solcher Bildungen im Elbingeröder Komplex auch von hier beigesteuert werden.

Es handelt sich im Elbingeröder Komplex um Schlammkalke mit Stromatactis, dickwandigen spongienartigen Biogenen und mit stromatolithischen Bindstonekörpern und -lagen. Ein stützendes Gerüst aus Riffbildnern fehlt. Die mikritische Matrix war Anlaß für eine Deutung dieser Sonderbildungen als Beckensediment (Palme 1977) und die hier als Stromatolithe definierten Körper wurden vom gleichen Autor neutral als „Milchkalke“ bzw. Stillwasser-Kalkpelite bezeichnet. Strutz (1982) sah diese Serie als interreef-Bildung an.

Das Vorkommen der als Mud Mound interpretierten Gesteine (Weller 1987) ist auf den Rübeler Raum des Elbingeröder Komplexes beschränkt. Seine typische und mächtigste Ausbildung erreicht es in den Felsen nördlich und südlich des Bahnhofes Rübeler. Geringmächtig ist diese Fazies noch nach Westen hin im Bielstein und nach Osten in den Klippen östlich Rübeler den Riffkalke eingeschaltet.

Eine künstliche Höhlung gegenüber dem Bahnhof Rübeler, das sog. „Höhlenrestaurant“ wird als Typusaufschluß angesehen, und nach ihm wurde anfangs eben-

falls neutral die Matrix benannt. Die Mikritserie erreicht hier eine Mächtigkeit von mehr als 30 m und erstreckt sich lateral etwa 200 m am Hang. Die basalen Partien sind nicht aufgeschlossen. Auch in der nahen „Herrmannshöhle“ sowie in Klippen am nördlichen Bodehang und in der dort befindlichen „Baumannshöhle“ finden sich typische Anschnitte.

2.2. Sedimentologische Merkmale und Genese

Die entstehenden Merkmale in Mud Mounds hängen unmittelbar mit den Bildungsprozessen zusammen. Es sind dies vor allem die Mikritbildung, -akkumulation und -bindung, die in einem kausal zu großen Teilen biologisch verknüpften Prozess in situ ablaufen, der sich im gegenwärtigen Erkenntnisgang (Monty 1982 a, b, 1984; Tsien 1985 a, b) herauskristallisiert. Diese Vorgänge führen zur hügelartigen, dabei geschichteten und von Stromatactis durchsetzten Kalkschlammanhäufung. Der Hügel wächst allmählich in die Nähe der Brandungszone hinauf, in der zunehmend sedimentbindende lagige Organismen eingeschaltet sind. Die Brandung kann sowohl Mikrit als auch Bindstonelagen aufarbeiten, auch kann beides in die flankierenden Schichten gelangen. Ein ökologisches Riff bzw. dessen Schutt kann schließlich aufwachsen. Alle diese Elemente finden sich auch im Rübeler Mud Mound:

- geschichtete Mikritmatrix, die Anzeichen von Mikrobentätigkeit zeigt, von Stromatactis durchsetzt ist (Abb. 3-7), Zebrakalke (Abb. 8, 9) führt;
- nach oben hin schalten sich zunehmend Stromatolithlagen ein, die als Bindstones fungieren (Abb. 3 und 10-12);
- dem Hügel aufsitzend lagern Riffschuttsedimente mit echten Boundstones, die ein durch dominierend destruktive Prozesse zerstörtes Riff anzeigen und in dem ebenfalls Stromatolithe als Rinnen- und Hohlraumfüllungen, aber auch als schichtparallele Lagen eingeschaltet sind.

Westliches Rhenoheryzynikum					Östliches Rhenoheryzynikum			
PAECKELMANN 1913, 1922		KREBS 1968, 1971 ff			Vert. 1987			
Alter	Einheiten	Entwicklungs- stadium	Fazies	Paläo- geographie	Phase	Stadium	Paläo- geographie	Alter
—	—	—	—	—	Nachphase	Postriff-	Tiefwasser/ Spalten	da 2- cd
do	Iberger Kalk	Kuppen- Riff-	Iberg- Dorp-	Vorderriff Riffkern Hinterriff	Hauptphase (Riff)	Kappen-	Außenriff Riffkern Schlammhügel	do 1
	Dorper Kalk					Atoill-	Pelagikum Außenriff Riffkern Rückriff	dm 0
dm	Eskesberger Kalk	Plattform- Schwelm	Schwelm	Vorphase		? Plattform	Flachwasser	
	Schwelmer Kalk							

Differenzierung der Givet- / Frasne- Riffkomplexe im Rhenoheryzynikum

We 87

Abb. 1. Entwicklungsetappen der rhenoheryzynischen Geosynklinalriffe

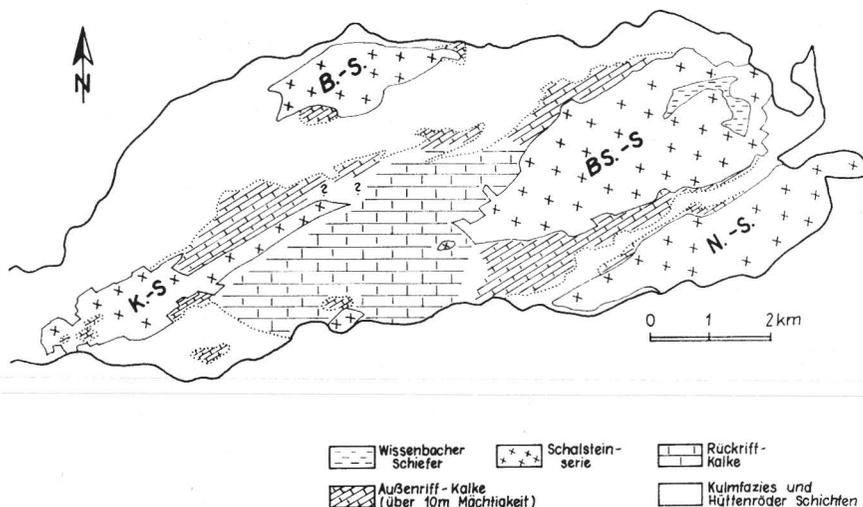


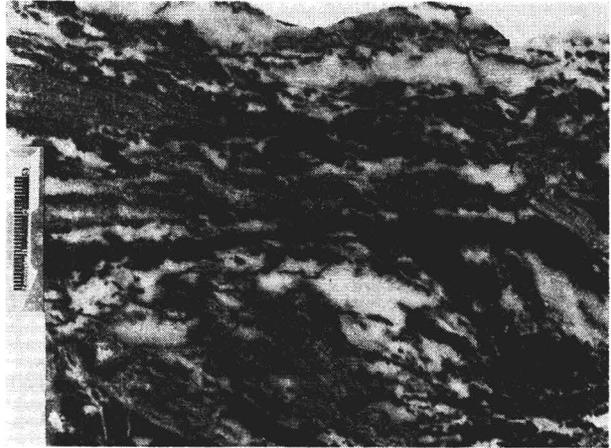
Abb. 2. Generalisierte Karte des Elbingeröder Komplexes mit den Vulkanitaufbrüchen von Neuwerk (N.-S.), Braunesumpf (BS.-S.), Büchenberg (B.-S.) und Königshütte (K.-S.) und mit der Verbreitung der Rückriff- (Atollstadium) sowie der Außenriffkalke (Atoll- und Kappenstadium)

2.2.1. Mikritische Matrix

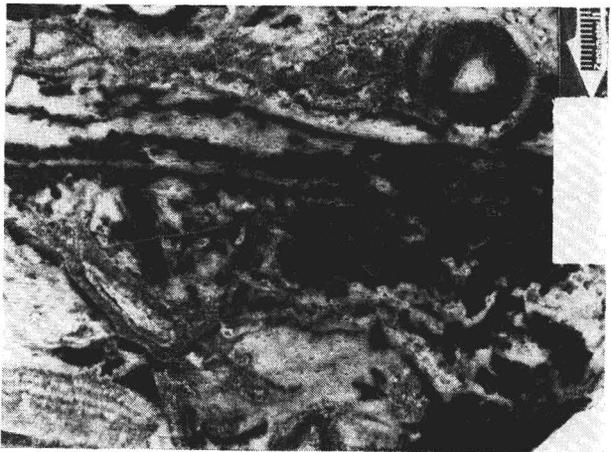
Im Aufschlußbild (Abb. 3) erscheint der Kalk dunkel und deutlich, aber uneben wellig geschichtet durch in der Schichtung orientierte Stromatactis und eine unklare Hell-/Dunkelfleckung. Im Anschluß (Abb. 4 bis 6) zeigt sich die Schichtung aufgelöst in brecciöse mehrere cm große, weiße und schwarze, scharf gegeneinander abgegrenzte Mikritkörper, die unterschiedliche Genese besitzen dürften. Zwischengeschaltet sind typische Stromatactis mit ebener Basis und unregelmäßigem Dach, die als Paläoniveliere anzusehen sind. Die Ursache für die Zerlegung der Matrix in diffuse Mikritkörper wird durch eine stetig wirkende Sedifluktion des weichen Schlammes erklärbar. Insbesondere in höheren Hügelteilen (Abb. 3 unten) sind außerdem in zunehmender Menge stromatolithische Bindstonelagen, bogig laminiert, eingeschaltet. Dunkle und helle Matrix unterscheiden sich in mehreren Eigenschaften. Die dunklen Anteile sind durchweg Wackestones, gelegentlich auch Packstones aus feinem Biodetritus: seltenen winzigen Crinoidenresten, gelegentlich gehäuften Styliolinen (Abb. 5 unten), Ostracoden, Mollusken. Ein klastischer pelitischer Eintrag ist zu verzeichnen und drückt sich in einem geringen röntgenographisch nachgewiesenen Quarzanteil (keine authigenen Quarze im Schliff) und im mit 6% gegenüber dem hellen Mikrit doppelt so hohen HCl-unlöslichem Rückstand aus. Das Gefüge ist matrixgestützt.

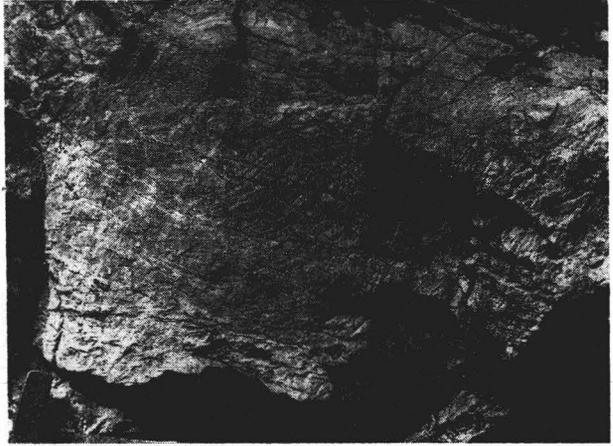
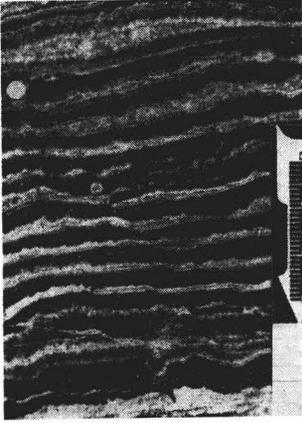
Die hellen Mikrite hingegen sind reine Mudstones mit anderem Spurenelementgehalt (weniger Mn, Fe, Zn) und von heller Farbe (beige bis zart rosa) mit einem mikrobiell gedeuteten Spezifikum. In der Schichtung orientiert sind sie durchzogen von feinsten Spatitbläschen, die dem im Inter- bis Supratidal angesiedelten LF-Gefüge (birds eye-structures Shinn 1983) ähnlich, nur kleiner dimensioniert sind. Sie werden als „Pseudo-LF-Gefüge“ bezeichnet.

Ihre Entstehung ist in Verbindung zu sehen mit der Bildung der hellen Mudstones, die als reine in situ-Produkte calciumkarbonatproduzierender Mikrobekolonien gedeutet werden. Es wird angenommen, daß es sich hierbei um durch (?) Cyanobakterien gebildeten Mikrogen-/Kalk-Gel von ursprünglich gallertartiger Konsistenz handelt. Die Mikroben dürften sich weitgehend autotroph ernährt haben, denn



3	4
5	
7	6





8	10
9	11
	12

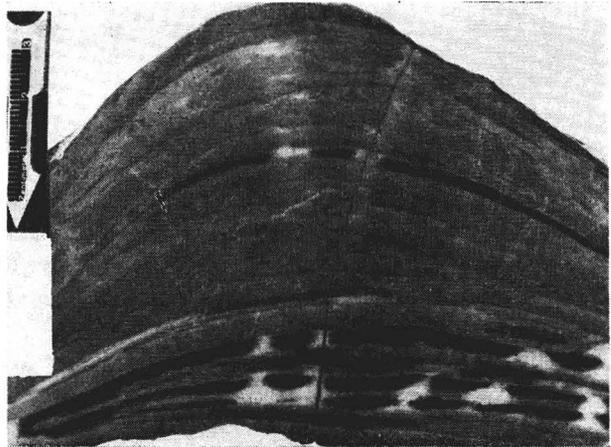
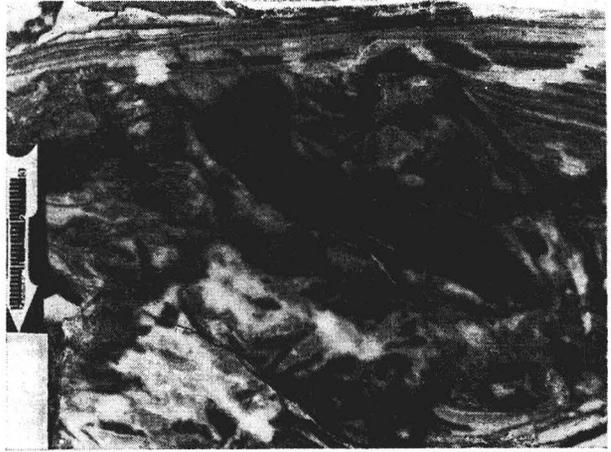


Abb. 3. Aufschlußwand im Rübeler Mud Mound am „Höhlenrestaurant“ mit stromatolithischen Bindstonelagen, die bogig laminiert die mikritische, stromatactisführende Matrix binden

Bildhöhe 0,8 m

Abb. 4. Anschliff der Matrix des Mud Mound vom „Höhlenrestaurant“ Rübelerland, die aufgebaut wird aus zergritlenen Schlieren und reliktschen Lagen schwarzer Wackestones und heller Mudstones mit Pseudo-LF-Gefüge, dazwischen schwarmartig oder in gestreckten Gängen kalzitgefüllte Stromatactis

Abb. 5. Dünnschliff-Foto der Mud Mound-Matrix (Negativwirkung!); über einem styliolenführenden dunklen Wackestone wächst geopetal Kalkspat auf (? microbial spar), der von Mudstone mit Pseudo-LF-Gefüge überdeckt wird

Maßstablänge: 5 mm

Abb. 6. Mud Mound-Matrix vom Typusaufschluß mit Pseudo-LF-Gefüge im hellen Mudstone, kleinen und großen Stromatactis und rechts oben mit einer geopetal gefüllten Spongienartigen Anschliff

Abb. 7. Großes Exemplar einer Spongienartigen mit dicker, poröser Wandung, gelegen in Mud Mound-Matrix;

charakteristisch mehrphasig gefüllter Gastralraum:

unten stromatolithische Füllung, oben radialfribröser Zement und schließlich detritisch eingefüllter Wackestone

Anschliff; Maßstab 1 cm; leg. F. Synwoldt

Abb. 8. Anschliff eines Zebrakalkes vom „Höhlenrestaurant“ Rübelerland, in dem mikrobiell verursachte Faserkalkitrasen und dunkle Wackestones mit pelagischen Fossilresten (Nautiliden) rhythmisch wechsellagern; Sackungsrutschungen deformieren ganze Pakete

Abb. 9. Feinbau eines Zebrakalkes im Dünnschliff (Negativeffekt!); rhythmische Abfolge von Wackestones mit Tentaculiten, Ostracoden, von Mudstones ohne Planktonen und von wahrscheinlich mikrobiell gebildeten, geopetal gewachsenen Faserkalkitrasen

Maßstablänge: 5 mm

Abb. 10. Stromatolith von der Westseite des „Bärenfelsens“ in Rübelerland; Morphotyp der bikonvex aufgebauten *Ursoscopulus*-Körper mit bogiger Internlamination

Hammer als Maßstab

Abb. 11. Eine Bindstonelage aus *Ursoscopulus*-Stromatolithen überwächst sediflukktiv aufgestapelte Mud- und Wackestones der Mud Mound-Matrix; Klippen westlich oberhalb des „Höhlenrestaurants“ Rübelerland

Anschliff

Abb. 12. Sedentär kuppelförmig gewachsener *Ursoscopulus*-Stromatolith, der aufgebaut wird aus rhythmisch wechselnden Laminen, die als fossilisierte Mikrobenmatten stumpf zungenförmig übereinandergreifen; Einzellagen mit geopetalem Farbwechsel; Klippen oberhalb des „Höhlenrestaurants“ Rübelerland

Anschliff; leg. F. Synwoldt

es stand reichlich gelöstes CO₂ im vulkannahen Meerwasser zur Verfügung. Auch Heterotrophie ist denkbar, da genügend zersetzbare organische Substanz, planktonische Organismen, deren Hartteilreste in den dunklen Anteilen erhalten sind, anfiel. Im Stoffwechselprozeß entzog die Mikrobenkolonie sukzessiv dem im Meerwasser gelösten Calciumhydrogenkarbonat das CO₂, was zur Ausscheidung von Mikrit innerhalb der Kolonie als Agglomerat winziger Partikel führte. Die gallertartige Konsistenz der Mikroben/Mikrit-Kolonie verhinderte die völlige Freisetzung des produzierten Sauerstoffes, der sich in perlschnurartigen Bläschenreihen sammelte, die bald durch Calcit geschlossen wurden.

Beide Mikrittypen erscheinen im Anschliffbild in chaotischem Nebeneinander diffus geformter dunkler und heller Anteile (Abb. 4 bis 6). Nur selten sind sie in abwechselnden Lagen, die eine Rhythmisizität der Kalkschlammabildung suggerieren, reliktsch erhalten (Abb. 6, oberes Drittel; Abb. 4 dunkle Lage in Bildmitte). Diese

Schichtungsrelikte dürften die Schlammbildungsflächen auf dem geneigten Hang des Mud Mound wiedergeben und damit die Paläoneigung anzeigen. Es ist bemerkenswert, daß die „fossilen Wasserwaagen“ der Stromatactis, die die Lage der Horizontalen (Paläonivelliere) bedeuten, einen immer wieder etwa gleichbleibenden Winkel zu den dunklen Schichten bilden. In der Typuslokalität sind es 26–28° (vgl. Abb. 6). Damit ist es möglich, für diesen Teil des Mud Mound eine primäre entsprechende Hangneigung zu bestimmen.

Diese Neigung ist gleichzeitig die Voraussetzung neben der gallertartigen Konsistenz des Kalkschlammes, daß Mikritakkumulation und persistente Sedifluktion immer in den jeweils oberen Lagen des Hügels abliefen und ein Zerfließen bzw. Zerreißen der primären Lagerung verursachten.

2.2.2. Stromatactis und Zebrakalk

Ein drittes wichtiges Element der Matrix sind die ausgedehnten Systeme von radialstrahligem grauem Kalzit, teils nester- und schwarmartig von wenigen cm Seiterstreckung teils in dm-langen Bahnen. Es handelt sich um *Stromatactis*, die im belgischen Frasné und im Waulsortian durchaus vergleichbar ausgebildet sind, wie die Darstellungen von Tsien (1985 a), Lees u. a. (1985) zeigen. Burchette (1981) bezeichnet sie als „... most distinctive sedimentary structure of mud mounds ...“ und beschränkt sie auf diese Fazies. Sie werden von allen eindeutigen Mud Mounds vom Ordoviz bis zur Trias erwähnt, kommen aber nicht in allen Teilen des Hügels vor (Tsien 1985 a). Es sind Faserkalzitkörper innerhalb von Mikriten, die eine ebene oder mäßig gebogene Basisfläche besitzen, unter der häufig Internsediment verzeichnet wurde. Ihre Dachfläche über der Kalzitfüllung ist unregelmäßig girlandenartig. Oft werden sie als Hohlraumgefüge angesehen (Bechstädt 1974). Ihre Genese ist seit der Erstdefinition durch Dupont (1881) als stromatoporenartiger Organismus heftig diskutiert worden. Die Deutungen reichen von rein sedimentär-anorganisch (Entwässerungsbahnen: Heckel 1972; durch slumping entstehende Öffnungen: Schwarzacher 1961), über Rekristallisation von Mudstone (Ross u. a. 1975) bis zu biogen verursachten Formen (Hohlraumbildung nach Weichkörperzerfall: Bathurst 1959; Rekristallisation von Stromatoporen: Dupont 1881, bzw. von Algenkolonien: Tsien 1971; körperliche Form von Mikrobekolonien, die Kalzit selbst produzierten: Monty 1982 b, Tsien 1985 a). Letzterer beschreibt und abstrahiert ökologisch variierende Formen und Größen und deutet sie als Abbild organischer Kolonien (Algen verbunden mit Bakterien), die sich selbst stützen im umgebenden gerüstfreien Kalkschlamm und somit als Fossil. Die Spatfüllung wird gleichsam als Pseudomorphose der Kolonie (biologisch produzierter Mikrit kristallisiert zu Faserkalzit) betrachtet, die subsequent gelöst und durch Generationen von Internsediment ersetzt werden können.

Die *Stromatactis* im Rübeler Mound ist vielfältig in der Form und in der Füllung. Einerseits existieren kleinere Spatfüllungen von mm bis wenige cm lateraler Ausdehnung, mit bogig-ebener Basis aus dunklem Wackestone und einem teilweise geopetal aufgewachsenem grauen Kalzitrasen (Abb. 5). Oft finden sie sich in Schwärmen. Teilweise ist aber auch der Kalzit durch Rekristallisation als randständige, radiaxiale „Zementtapeten“ (drusig) ausgebildet. Den zentralen Zwickel kann klarer blockiger Kalzit oder Internsediment füllen. Beides kann fehlen. Andererseits treten lateral bis über 0,5 m ausgedehnte, 1 bis 2 cm mächtige graue Kalzitkristallbahnen auf. Auch sie haben eine unduliert ebene Basis und ein leicht gegliedertes Dach. Sie lagern parallel zur Schichtung (dunkle Lage auf Abb. 4) und lenken lystrisch in eine Ebene ein, die im Winkel von 25 bis 28° zur Schichtung liegt. Besonders die letztere Lagerung besitzt die stromatactistypischen ebenen Bodenflächen (Paläonivelliere), die auch bei den kleineren *Stromatactis* gehäuft in der gleichen Ebene auftreten. Insbesondere dieser Umstand läßt für die *Stromatactis* des Rübeler Mounds den

Schluß zu, daß die von Tsien (1985 a) für die belgischen F2j-Stromatactis postulierte ausschließliche mikrobielle Bildungsursache hier nicht die alleinige sein kann. Eine Mitwirkung kalkproduzierender Mikroben wird angenommen (das ergibt sich aus dem Aufbau der gesondert behandelten Zebrakalke). Sie besiedeln aber im vorliegenden Falle bevorzugt wassergefüllte Hohlräume, die durch das Zerfließen des Kalkschlammes entstehen (Gleitbahnen, Zwickel zwischen übereinandergelassenen Gallertklumpen). In die entstehenden Räume wird Internsediment (Wackestone) oder Mikrogen-Mikrit abgelagert. Da die Füllung bereits vor dem Abschluß des Fließprozesses einsetzt, ist diese Basisfläche oft bogig. Erst danach kristallisiert die Spathaube, wahrscheinlich ebenfalls unter mikrobieller Beteiligung.

Die Zebrakalke stellen eine dekorative Sonderform der Stromatactis dar. Es sind 15 bis 50 cm mächtige Schichtpakete, die aus einer engständigen Wechselfolge dunkler Mikrite und heller Kalzitlagen aufgebaut sind und die über einige Dekameter lateral aushalten können. Ross u. a. (1975) und Tsien (1985 a) halten sie für typisch basale Bildungen im Mud Mounds. Erstere erwähnen aber auch Vorkommen in höheren Teilen entlang der Flanken des Moundkernes. Im Rübeler Mound ist die Basis des Hügels nicht zugänglich. Die Zebrakalklagen, von denen mindestens 4 existieren, liegen in den höheren Mound-Teilen flankennah, greifen einige Meter in den mikritischen Kern ein und entwickeln sich offenbar im Gefolge rhythmisch wiederkehrender ökologischer Bedingungen aus der und in die Matrix.

Die Rübeler Zebrakalke bestehen aus einer horizontalen rhythmischen Wechselfolge von zumindest zwei Mikrittypen von mm- bis cm-Mächtigkeit und ebenso mächtigen Faserkalzitlagen. Die Einzellagen können über mehrere Meter aushalten, aber auch di- und konvergieren, wobei die Eigenschaften lagenspezifisch bleiben (entweder in \pm konstanter Mächtigkeit und Bau aushaltend, oder als in einzelne Spatschmitzen aufgelöste Partien; vgl. Abb. 8). Die Mikritlagen erweisen sich im Schliffbild in der Hauptsache als schwarzgraue biotritische Wackestones bis Packstones mit pelagischen kleinwüchsigen Faunenresten aus Tentakuliten, Styliolinen, Ostracoden, seltenen pelagischen Muscheln, Ammoniten, Orthoceren, Foraminiferen, Conodonten (Abb. 8 und 9).

Im oberen, noch dunklen Teil der Laminen fehlen die Schalenreste und zeigen eine mögliche Periodizität des Planktonfalles an. Die Fauna ist undeformiert und besitzt oft geopetale Spathauben, d. h. eine frühe Zementation hat eine kompaktive Gefügedeformation verhindert. Basal greifen die Wackestones über die Girlanden des liegenden Kalzitrasens, während die Hangendgrenze glatter ist. Oft, aber nicht immer schließt ein heller, geringmächtiger und mikrobiell geduteter Mikrittyp die Wackestonelage nach oben hin ab und bildet die Basis für die Kalzitrasen. In einem Fall sind in diese mikrobiellen Mudstones, die dann bis 5 mm mächtig werden und auch rosa gefärbt sein können, peloidale Lagen eingeschaltet, wie sie auch von Ross u. a. (1975) vom Ordovizium Nevadas beschrieben werden.

Die Faserkalzitlagen werden 1 bis 10 mm mächtig, besitzen meist eine ebene Basis und ein geopetal nach oben orientiertes Kalzitwachstum (Abb. 9). Die bipolar gefüllten mächtigeren Lagen werden durch sekundäre Rekristallisation primärer Rasen erklärt. Eine Bildung der Kalzitlagen im Sinne einer klassisch-diagenetischen als Füllung aufgerissener Spalten (Lees 1964; Fischer 1964) oder lagenweise vollkommener Rekristallisation vermag nicht, die komplexe Erscheinungsform zu erklären. Gegen eine Deutung als "sheet cracks" spricht das stromatactoid unregelmäßige Dach. Auch sind Fossilreste niemals durch sie zerrissen. Zwanglos jedoch läßt sich der Gedanke von Monty (1982 a) verfolgen, der eine primäre Kalzitproduktion durch Mikroben, Bakterien oder Blau-Grün-Algen (heute: Cyanobakterien) als "microbial spar" ableitet. Von gleichen Bedingungen geht auch Tsien (1985 a) für die Stromatactis aus. Es wird angenommen, daß es sich bei den Bildnern der Kalzitrasen entweder um

andere Mikrobengruppen als bei denjenigen der hellen mikrobiellen Mudstones oder um artenreine handelt, auch wenn der körperliche Nachweis noch aussteht. Der Verf. (i. Dr.) äußerte den Gedanken, daß das Kristallwachstum dadurch begünstigt worden sein kann, daß in den Mikrobenmatten die Mikritpartikel bereits kristallographisch orientiert deponiert wurden.

Eine bogig ebene Basisfläche über biogenen Mudstones, ein Aufwärtswuchs bei Kristallvergrößerung und das bizarr geformte Dach der Rasen sprechen für eine primär-biogene Bildung. Eine anorganische Kristallisation infolge wiederkehrender Überkonzentration schließt der Bildungsraum aus. Das Kristallwachstum dauert beim Einsetzen der Hartteilsedimentation noch an, da direkt aufliegende Schalen z. T. noch umwachsen werden (Abb. 9), ohne daß eine Assimilation der zarten Schalen bzw. ihre Rekrystallisation einsetzte.

Für die Zebrakalke ist mithin eine rhythmische, primäre Bildung aller Lagen abzuleiten bei früher, vermutlich auch biogen stimulierter Zementation. Ein zeitliches Nacheinander von echter planktonischer Sedimentation, von mikrobiellem Überwachsen nach Verlangsamung bzw. Aussetzen des „Planktonfalls“ bis zum Wachstum spatproduzierender Organismen führt so zum Aufbau eines warvenähnlichen Typus-sediments für Mud Mounds.

Das Gesamtgefüge der Zebrakalkpakete ist im Gegensatz zur Mound-Matrix durch spätsedimentäre Gleitprozesse nur leicht flexurartig deformiert (Abb. 8).

2.2.3. Makrofauna

Mud Mounds führen oft nur eine monospezifische und zudem individuenarme Makrofauna. Im Rübeler Mound sind es spongienartige Problematika (Abb. 6 und 7), die 2 bis 15 cm Größe erreichen. Meist sind sie als kugelige dickwandige Formen vollkörperlich und undeformiert erhalten. Die bis zu 2 cm dicke Wandung ist von radialen Porensystemen durchzogen, die Querverbindungen und kugelige Kammern besitzen. Skelettelemente (Skleren) waren bisher nicht nachweisbar, ebenso wenig ein eindeutiges Osculum. Gewisse Bauelemente der Wandung könnten auf einen Leucontyp der Poriphora hindeuten. Für Receptaculiten fehlen die typischen Skelettelemente.

Die Poren sind mit dunkler Mound-Matrix gefüllt, während das Gewebe durch hellen Mikrit und mikrokristallinen Spat – wahrscheinlich beides mikrobiell gebildet, wodurch das Fossil erhaltungsfähig wurde – substituiert erscheint. Der Gastralraum ist mehrphasig geopetal gefüllt (Abb. 7). Im liegenden Teil finden sich entweder dunkle Wackestones oder häufiger stromatolithische Lagen dunkler und heller Mudstones mit Pseudo-LF-Gefüge, die mit einer Mikroben-Spatlage abschließen können. In der oberen Hälfte wechseln vom Rand zur Mitte mikrobielle Mikrite und radial-fibröser Kalzit. Abschließend ist meist ein dunkler Wackestone detritisch eingefüllt. Selten finden sich einzelne Exemplare von Nautiliden, ästigen Tabulata und rugosen Solitärkorallen, inkrustierenden Stromatoporen, Trilobiten, Muscheln in der Matrix eingestreut.

2.2.4. Stromatolithen

Ebenmäßig intern geschichtete und scheinbar unregelmäßig linsenförmige laminierte Mudstonekörper (Milchkalke; Palme 1977) werden als Stromatolithen eines neuartigen Typs interpretiert (Weller 1987). Diese Stromatolithen, die bevorzugt in den höheren und lateralen Teilen des Rübeler Mud Mounds, aber auch in den überlagernden Schuttkalken auftreten, sind in besonders großen und typischen, wenn auch scheinbar chaotisch lagernden Exemplaren im einzeln stehenden „Bärenfels“ gegenüber der „Hermannshöhle“ Rübeler Mound aufgeschlossen. Dieser Fels wird als Typusauf-

schluß und der auf Abb. 10 gezeigte bikonvex gebaute Körper als Morphotyp dieser Stromatolithengruppe betrachtet. Da die verursachende Mikrobengruppe bisher noch nicht identifiziert werden konnte, wurde die neutrale Bezeichnung Morphotyp gewählt. Als Gruppenname wird *Ursoscopulus* (lat. „Bärenfels“, *ursus* – Bär, *scopulus* – Felsen) vorgeschlagen. Die Stromatolithen sind feinlagig aufgebaut (Laminestärke von 2 bis 20, meist etwa 5 mm) und bilden Laminenkomplexe, die nach unten, nach oben oder bikonvex gewölbt sind. Diese Formen entstehen atektonisch durch mikrobielles Wachstum bei Füllung von Depressionen und uhrglasförmigem Aufwuchs. Jede geometrische Regelmäßigkeit fehlt: keine parallelen Achsen, Wölbungen sind unterschiedlich stark und polar am gleichen Körper (Abb. 10 und 12). Die jeweils oben und unten scharf begrenzten Einzellaminen besitzen einen charakteristischen geopetalen Farbwechsel: die Basiszone ist immer dunkler (grau, schwarz), nach oben hin folgt ein diffuser wolkig-unebener Übergang in eine helle (hellgrau, beige) Dachzone, die zentral hämatitpigmentiert sein kann. Dem Farbwechsel liegt kein Wechsel der Partikelgrößen zugrunde. Es sind durchweg homogene Mudstones. Die Ursachen des Farbwechsels könnten in einem wechselnden Nährstoffangebot der Mikrobenmatten liegen. Lateral keilen die Laminen nicht aus, sondern enden stumpf zungenförmig (Abb. 12), was als wichtiges Indiz für ein Matten-Wachstum von Mikrobenkolonien angesehen wird. Makro- und Mikrofossilien fehlen nahezu völlig, außer seltenen planktonischen Resten von Styliolinen, kleinen Ammoniten und Muscheln. Eine ökologische Erklärung dieses Phänomens dürfte am ehesten akzeptabel sein, da auch die hellen Mudstones der Mound-Matrix frei von Fossilresten sind.

Auf der Suche nach den Verursachern der *Ursoscopulus*-Körper wurden zunächst Systeme feiner Tuben von 0,2–0,3 mm Durchmesser verfolgt, die in einigen Laminen auftreten und die geopetal spat- und mikritgefüllt sind. Die schlauchartige Alge *Girvanella*, die ähnliche Formen erzeugt, scheidet wegen weitaus geringerer Abmessungen (0,01 bis 0,04 mm) aus, ebenso Cyanobakterien und Pilze. Sie dürften entweder bioturbate Erscheinungen oder aber, da sie jeweils innerhalb einer Lamine verbleiben, symbiotisch in den Mikrobenmatten lebende Biogene unbekannter Zuordnung sein. In einzelnen Dünnschliffen existieren aber feinste fädchenförmige Filamente von weniger als 0,01 mm Stärke, die Claude Monty (in litt. 1987) für Relikte eines sehr dichten Aufwuchses von filamentösen Cyanobakterien hält, die als Netzwerk feinsten, entsprechend dünner Filamente fossilisiert wurden und die die Laminen aufgebaut haben dürften. Tatsächlich vermögen Cyanobakterien beispielsweise der Gattung *Nostoc* flächige Lager bzw. Matten aus einer Gallertmasse zu bilden, in die die eigentlichen perlchnurartig aneinandergereihten Zellen, ein dichtes Maschenwerk bildend, eingebettet liegen. Die Zellkolonienreihen produzieren die Gallerthülle und zerfallen beim Absterben ± regelmäßig eingebauter Grenzstellen in eine Vielzahl neu sich weiterteilender Zellreihen, wodurch ein Netzwerk von Zellreihen in einer gemeinsamen Gallertmasse entsteht. Diese vermag sich lateral als Matte auszubreiten, scheinbar „fortzukriechen“.

Die Hämatitpigmentierungen in den hellen Dachzonen der Stromatolithlaminen dürften die Produkte von Eisenbakterien sein, die als chemoautotrophe Organismen in ebenfalls gallertartigen Kolonien Eisen-2-Verbindungen in dreiwertige oxidieren können und feindispers verteilten Hämatit hinterlassen. Gelegentlich können ganze Laminen ausschließlich von Eisenbakterien aufgebaut sein (dunkle Lagen auf Abb. 11 unten).

Da in jedem Fall CO₂ photo- oder chemoautotroph assimiliert wird, fällt stets Kalk als Nebenprodukt an, das den Bakterien- und Cyanobakterienkolonien resp. -matten fossile Erhaltungsfähigkeit gibt. Vertiefte Aussagen zur Stromatolithgenese sind gemeinsam mit Claude Monty in Vorbereitung.

Die Stromatolithen treten in den hangenden Bereichen des Rübeler Mud

Mound als linsenförmige Körper und schichtparallele Einschaltungen mit Bindstonecharakter auf (Abb. 3 unten, Abb. 11). Aufarbeitung oder Zerfließen von Stromatolithlagen zusammen mit Mound-Matrix und erneutes Überwachsen durch neue Matten ist eine wiederholte Erscheinung (Abb. 11). An der Mound-Flanke haben sich durch Gleitprozesse mächtige Agglomerate von Stromatolithen in chaotischer Lagerung akkumuliert. Die Folge des Bärenfelsens wird als solche Flankenbildung angesehen. *Ursoscopulus*-Stromatolithe können auch in den das Mud Mound überlagernden Schuttalkalen als Lagen, Zwickelfüllung zwischen Biogenen, Rinnen- und Hohlraumfüllungen zumeist als Endostromatolithen (Monty 1982 b) auftreten. Die ökologischen Bedingungen für ein Wachstum derartiger Cyanobakterienmatten waren darüber hinaus auch in anderen Kernbereichen des Elbingeröder Riffes bereits im Givet und auch noch im höheren Frasné (und evtl. jünger) im Sinne ökologischer Nischen gegeben, wo laminierte Kalke oft als Endostromatolithen (Monty 1982 b) vorkommen. Sie sind somit keine ausschließlichen Mud Mound-Besiedler, obwohl sie auf dessen Top ideale Bedingungen fanden.

2.3. Bau und Entwicklung des Rübeler Mud Mounds

Das Rübeler Mud Mound besteht aus geschichteten Schlammkalken, die einerseits von hellen, mikrobiell gebildeten Mudstones und andererseits von dunklen Wackestones mit planktonischem winzigen Fossildetritus aufgebaut werden. Gerüstbildner fehlen und größere kugelförmige spongienartige Problematika sind die einzigen charakteristischen Makrofossilien.

Das Rübeler Mud Mound besaß eine Hügelgestalt, obwohl weder die basalen Partien (basale Wackestones: Wilson 1975, bzw. basale Zebrakalke: Ross u. a. 1975) noch ein eindeutiger Querschnitt aufgeschlossen sind. Im „Höhlenrestaurant“ finden sich die höheren und flankennahen Partien mit Zebrakalken und Stromatolithen. Aus den Paläonivellieren der mound-typischen Stromatactis wurde eine primäre Flankenneigung des Hügels von 26 bis 28° ermittelt. Bei Wilson (1975) galt der Mechanismus der Hügelbildung noch als ungelöstes Problem. Aus dem Rübeler Mound wird abgeleitet, daß schleimabsondernde Mikrobenkolonien, vermutlich Cyanobakterien, die photo- oder chemoautotroph Mikrit selbst produzieren und diesen in gelatinösen Matten auch gebunden haben, für den Aufbau verantwortlich sind. Die Flankenneigung begünstigte ein Zerfließen des primären Schichtverbandes. Dem entgegen wirkte eine frühe, mikrobiell induzierte Zementation, so daß immer nur die hangenden Schlammlagen fließen konnten und noch Relikte des primären Schichtgefüges erhalten blieben. Die Mikroben waren somit gleichzeitig Bildner und Fixierer von Mikrit. Auch die Kalzitrasen und -füllungen in Zebrakalken und z. T. in den Stromatactis werden mikrobiell verursacht angesehen, wohingegen für die Öffnung der Stromatactishohlräume die Gleitprozesse verantwortlich gewesen sein dürften, was bereits Schwarzacher (1961) und Wilson (1975) für wahrscheinlich hielten. Cyano- und Eisenbakterien werden als Bildner der neuen *Ursoscopulus*-Stromatolithen betrachtet.

Trotz aller maskierenden Gleitvorgänge offenbart sich in mehreren Kalktypen des Mud Mound eine deutliche, offenbar exogen-ökologisch bedingte Rhythmisierung der Bildung. Insbesondere die Mound-Matrix und die Zebrakalke zeigen diese wechselvolle Bildungsgeschichte zwischen verstärktem Planktonfall und dessen nahezu völligem Aussetzen unter Ausbreitung der Mikrobenmatten bis hin zum Aufbau der mikrobiellen Spatrasen. Über den Takt dieser warvenähnlichen Bildungen sind noch keine Angaben möglich. Bei Stromatolithen können auch bevorzugt metabolische Ursachen für den Laminenwechsel in Frage kommen.

Das Rübeler Mud Mound bedurfte einer offenermarinen Einstülpung aus vermutlich südlicher (bis SW) Richtung in das Frasné-Kappenstadium des Riffes von etwa 1 km Breite. Es wuchs aus Wassertiefen von unterhalb der Wellenbasis (? > 50 m)

bis an diese heran. Hier konnten sich mit höherem Licht- und Nährstoffangebot Stromatolithlagen als Bindstones entwickeln (Bindstonedach: Wilson 1975), die an den Flanken gravitativ oder durch Brandung chaotisch lagernde mächtigere Akkumulationen bilden, wie dies am Bärenfels der Fall ist. Schließlich wird der Schlammhügel von Schuttkalken des Kappenstadiums, ausgehend von aufsitzenden Riffkernboundstones überdeckt, die auch die marine Bucht auffüllen.

Zusammenfassung

In Schuttkalken des Kappenstadiums (Frasne) im Elbingeröder Komplex/Harz gelang es erstmals für die rhenohertzynischen Trogriffe ein Mud Mound mit charakteristischen Merkmalen nachzuweisen. Mud Mounds sind hügelartige Kalkschlambauten ohne Gerüstbildner, die im offeneren Stillwasser akkumulieren und durch Mud- und Wackestonematrix, Stromatactis, Zebrakalke und stromatolithische Bindstones in höheren Teilen ausgewiesen sind. Mikrobenkolonien, vermutlich Cyanobakterien, werden als die wesentlichen Bildner der Matrix, der Zebrakalke und eines neuartigen Stromatolithentyps (*Ursoscopulus*) erkannt. Sie werden in einem rhythmischen Bildungsprozess zusammen mit feinsten Planktonresten hügelartig angehäuft und unterliegen beständigen oberflächlichen Sedimentgleitungen, die die primären Gefüge auflösen.

Summary

In talus limestones of the cap-stage (Frasnian) within the reef complex of Elbingerode/Harz Mts. it succeeded to prove a mud mound with characteristic features.

Mud mounds are hill-shaped lime mud buildups without framework accumulated in open-marine quite water. Their identity is proven by a matrix of mud- and wackestones, stromatactis, zebralimestones, and stromatolitic bindstones in the upper parts. Microbial communities, presumably cyanobacteria are considered to be the essential creators of the matrix, of the zebralimestones and of novel types of stromatolites (*Ursoscopulus*). They accumulated hill-shaped during a rhythmical process of formation together with finest remains of plancton and undergo permanent superficial sedimentary slide actions decomposing the primary structures.

Verf. dankt den Herren Prof. Dr. Th. Bechstäd (Freiburg/Br.), Doz. Dr. E. Herrig (Greifswald), Dr. K. Krainer (Innsbruck), Prof. Dr. C. Monty (Nantes), Dr. D. Weyer (Magdeburg) für wertvolle Anregungen und dem Direktor der Sektion Geologische Wissenschaften Prof. Dr. G. Steinich für die guten Arbeitsmöglichkeiten.

Schrifttum

- Alberstadt, L. P., und K. R. Walker: Stages of ecological succession in lower Paleozoic reefs of North America. Abstr. with Progr., Geol. Soc. Amer.; Boulder 5 (1973) 530-532.
- Bathurst, R. G. C.: The cavernous structure of some Mississippian stromatactis reefs in Lancashire, England. J. of Geology, Chicago 67 (1959) 506-521.
- Bechstäd, T.: Sind Stromatactis und radialfibröser Calcit Faziesindikatoren? N. Jb. Geol. Paläont. Monatsh., Stuttgart 174 (1974) 643-663.
- Bechstäd, T., M. Boni und M. Selg: The lower Cambrian of Sardinia: from a clastic tidal shelf to an isolated carbonate platform. Facies, Erlangen 12 (1985) 113-140.
- Bourque, P. A.: Facies of the Silurian West Point reef complex. Quebec. Geol. Assoc. Canada, Field Guidebook B-2 (1979), 29 S.
- Burchette, T. P.: European Devonian reefs: a review of current concepts and models. in: Toomey, D. F. (ed.): European reef models. Soc. Econ. Pal. Min. Spec. Publ., Tulsa 30 (1981) 85-142.

- Dunham, R. J.: Classification of carbonate rocks according to depositional texture. in: Ham. E. W. (ed.): Classification of carbonate rocks. AAPG Memoir, Tulsa 1 (1962) 108–122.
- Dunham, R. J.: Stratigraphic versus ecologic reefs. AAPG Bull., Tulsa 54 (1970) 1931–1932.
- Dupont, E.: Sur le calcaire carbonifère de la Belgique et du Hainaut français. Bull. Acad. Roy. Sci. Belg., Sér. 2, 15 (1863) 86 ff.
- Dupont, E.: Sur l'origine des calcaires devoniens de la Belgique. *ibid.*, Ser. 3, 2 (1881) 264–280.
- Fischer, A. G.: The Lofer-cyclothem of the Alpine Triassic. in: Merriam, D. F. (ed.): Symposium on cyclic sedimentation. State Geol. Surv. Kansas Bull., Lawrence 169 (1964) 107–149.
- Flügel, E.: Mikrofazielle Untersuchungsmethoden von Kalken. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag 1978. 454 S.
- Füchtbauer, H., und G. Müller: Sedimente und Sedimentgesteine. Stuttgart: Schweizerbart 1970. 726 S.
- Hackel, P. H.: Pennsylvanian stratigraphic reefs in Kansas, some modern comparisons and implications. Geol. Rdsch., Stuttgart 61 (1972) 584–598.
- Heckel, P. H.: Carbonate buildups in the geologic record: A review. In: Laporte, L. (ed.): Reefs in time and space. SEPM Spec. Publ., Tulsa 18 (1974) 90–154.
- James, N. P.: Reef environment. In: Scholle, P. A.; Bebout, D. G.; C. H. Moore (eds): Carbonate depositional environments. AAPG Memoir, Tulsa 33 (1983) 345–440.
- Krebs, W.: Die devonischen Riffe in Mitteleuropa. Mittlgn. TU Braunschweig 6 (1971) 12 S.
- Krebs, W.: Devonian carbonate complexes of central Europe. In: Laporte, L. (ed.): Reefs in time and space. SEPM Spec. Publ., Tulsa 18 (1974) 155–208.
- Lecompte, M.: Die Riffe im Devon der Ardennen und ihre Bildungsbedingungen. *Geologica et Palaeontologica*, Marburg 4 (1970) 25–71.
- Lees, A.: The structure and origin of the Waulsortian (lower Carboniferous) „Reefs“ of west-central Eire. Phil. Trans. Roy. Soc., Ser. B No 740, London 247 (1964) 483–531.
- Lees, A., V. Hallet und D. Hibo: Facies variation in Waulsortian buildups, Part 1; A model from Belgium. Geol. Journ., London 20 (1985) 133–158.
- Lees, A., und J. Miller: Facies variation in Waulsortian buildups, Part 2. Mid-Dinantian buildups from Europe and North America. *ibid.* 159–180.
- Monty, C.: The origin and development of cryptalgal fabrics. In: Walter, M. R. (ed.): Stromatolites. Amsterdam: Elsevier 1976 (Developm. in Sedim. 20) 193–249.
- Monty, C.: Microbial spars. 11th int. Congr. Sediment. Hamilton/Canada: IAS Abstr. of papers (1982 a) S. 26.
- Monty, C.: Cavity or fissure dwelling stromatolites (endostromatolites) from Belgian Devonian mud mounds (extend. abstr.). Ann. Soc. Geol. Belg., Bruxelles 105 (1982 b) 343–344.
- Monty, C.: Stromatolites in Earth history. *Terra Cognita* 4 (1984) 423–430.
- Monty, C., M. C. Bernet-Rollande und A. F. Maurin: Reinterpretation of the Frasnian classical „reefs“ of the southern Ardennes, Belgium (extend. abstr.). Ann. Soc. Geol. Belg., Bruxelles 105 (1982) 339–341.
- Mucke, D.: Initialer Magmatismus im Elbingeröder Komplex. Leipzig 1973. 221 S. (FFH C-279).
- Palme, H.: Beitrag zur palaeogeographischen Entwicklung der Riffkalke des Elbingeröder Komplexes im Harz (Mittel- bis Oberdevon). Hall. Jb. Geowiss., Gotha, Leipzig 2 (1977) 27–40.
- Philcox, M. E.: Sedimentation of upper Devonian stromatolite-bioherms, Alberta, Canada. Geol. Soc. Amer. Spec. Paper, Boulder 82 (1965) 150.
- Playford, P. E.: Devonian „Great Barriere Reef“ of Canning basin, Western Australia. AAPG Bull., Tulsa 64 (1980) 814–840.

- Pratt, B. R.: Stromatolitic framework of carbonate mud mounds. *J. sed. Petrol.*, Tulsa **52** (1982) 1203–1227.
- Ross, R. J., V. Jaanusson und I. Friedman: Lithology and origin of Middle Ordovician calcareous mud mound at Meiklejohn Peak, Southern Nevada. *U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.*, Washington **871** (1975) 48 S.
- Ruchholz, K., und H. Weller: Stratigraphie, Lithologie, Tektonik und Lagerstätten des Elbingeröder Komplexes. Exk.-führer GGW-Harztagung Mai 1988 Elbingerode, Berlin 1988. 5–21.
- Schwarzacher, W.: Petrology and structure of some lower Carboniferous reefs in north-western Ireland. *AAPG Bull.*, Tulsa **45** (1961) 1481–1503.
- Shinn, E. A.: Tidal flat environment. In: Scholle, P. A.; D. G. Bebout; C. H. Moore (eds.): Carbonate depositional environments. *AAPG Memoir*, Tulsa **33** (1983) 171–210.
- Strutz, R.: Lithologische Untersuchungen an Karbonatgesteinen im Ostteil des Elbingeröder Komplexes (Harz). Greifswald, E.-M.-Arndt-Univ., Dipl.-Arb. 1982.
- Tsien, H. H.: The Middle and Upper Devonian reef-complexes of Belgium. *Petrol. Geol. Taiwan* **8** (1971) 119–173.
- Tsien, H. H.: Paleogeology of Middle Devonian and Frasnian in Belgium. *Int. Symp. Belg. Micropal. limits, Namur 1974*, Bruxelles Publ. 12, 1974. 53 S.
- Tsien, H. H.: Ancient reefs and reef carbonates. *Proc. 4th Intern. Coral Reef Symp. Manila* **1** (1982) 601–609.
- Tsien, H. H.: Origin of stromatolites – a replacement of colonial microbial accretions. In: Toomey, D. F.; Nitecki, M. H. (eds.): Paleogeology. Contemporary research and applications. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag 1985 (a) 274–289.
- Tsien, H. H.: Algal-bacterial origin of micrites in mud mounds. *ibidem* (1985 b) 290–296.
- Weller, H.: Zum stofflichen Aufbau devonischer Geosynklinalriffe am Beispiel des östlichen Rhenoharzsynklinalraums. *Mittlgn. Ges. Geol. Wiss. DDR, Berlin* **15** (Nr. 2/3) (1987) 37.
- Weller, H.: Sedimentologie von Mud Mounds und ihr Nachweis im Harz. *Wiss. Z. E.-M.-Arndt-Univ., Math.-nat.-wiss. R., Greifswald (i. Dr.)* (v. Bubnoff/Jaekel-Festschr.).
- Wilson, J. L.: Carbonate facies in geologic history. New York, Heidelberg, Berlin: Springer Verlag 1975. 471 S.
- Ziegler, W., und G. Klapper: Stages of the Devonian system. *Episodes, Ottawa* **8** (1985) 104–109.
- Zöllich, M. S.: Zur Deckenfrage im Mittelharz. Die tektonische Stellung der Schalsteinsattel bei Elbingerode. *Abh. preuß. geol. Landesanst. N. F., Berlin* **191** (1939) 146 S.

Dr. H. Weller

Sektion Geologische Wissenschaften
der Ernst-Moritz-Arndt-Universität

Jahnstraße 17 a
Greifswald
DDR - 2200