Fachinformationsdienst Biodiversitätsforschung

UB Universitäts Bibliothek Frankfurt am Main

DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

FID Biodiversitätsforschung

Mitteilungen der Pollichia

Stromatolithe und andere Mikrobialithe sowie Kalkalgen im Rotliegend (Permo-Silesium) des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland)

Stapf, Karl R. G.

2005

Digitalisiert durch die *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main* im Rahmen des DFG-geförderten Projekts *FID Biodiversitätsforschung (BIOfid)*

Weitere Informationen
Nähere Informationen zu diesem Werk finden Sie im:
Suchportal der Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main.

Bitte benutzen Sie beim Zitieren des vorliegenden Digitalisats den folgenden persistenten Identifikator:

urn:nbn:de:hebis:30:4-126928

Visual Library

Mitt. POLLICHIA	**91** für 2004 u. 2005	21 – 40	13 Abb.	Bad Dürkheim 2005
				ISSN 0341-9665

Karl R.G. **STAPF**

Stromatolithe und andere Mikrobialithe sowie Kalkalgen im Rotliegend (Permo-Silesium) des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland)

Kurzfassung

STAPF, K.R.G. (2005): Stromatolithe und andere Mikrobialithe sowie Kalkalgen im Rotliegend (Permo-Silesium) des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland).— Mitt. POLLICHIA, **91** f. 2004/2005: 21 – 40, 13 Abb., Bad Dürkheim

Stromatolithe als laminierte, aus verschiedenen Komponenten bestehende Karbonatsedimente, sind im Rotliegend des Saar-Nahe-Beckens charakteristische Mikrobialithe. Sie wurden unter dem Einfluss von Cyanobakterien-Matten sedimentiert und enthalten z. T. noch primäre Reste von thallösen, benthischen Algen, die durch verkalkende Formen von Grünalgen, Charophyten und ?Rotalgen überliefert sind. Beim Phytoplankton gibt es mit der Grünalge *Botryococcus* den einzigen Vertreter. Die Stromatolithe des Saar-Nahe-Beckens treten sowohl in lakustrischen als auch in fluviatilen Rotliegend-Sedimenten auf. In ihren lakustrischen Erscheinungsformen erreichen sie ähnlich große Dimensionen, wie sie in rezenten Seen gefunden werden.

Abstract

STAPF, K.R.G. (2005): Stromatolithe und andere Mikrobialithe sowie Kalkalgen im Rotliegend (Permo-Silesium) des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland)

[Stromatolites and other microbialites as well as calcareous algae in the Rotliegend (Permo-Silesian) of the Saar-Nahe Basin (SW-Germany)].— Mitt. POLLICHIA, **91** f. 2004/2005: 21 – 40, 13 Abb., Bad Duerkheim

Stromatolites as laminated carbonate deposits consisting of different components, are characteristic microbialites in the Rotliegend of the Saar-Nahe Basin. They were deposited under the influence of cyanobacterial mats and partly have still primary remains of thalli containing, benthic algae which are preserved by calcified forms of green algae, charophytes and ?red algae. Within the phytoplankton the green alga *Botryococcus* is the only representative. The stromatolites of the Saar-Nahe Basin occur in lacustrine as well as in fluvial Rotliegend sediments. With their lacustrine forms they reach similar dimensions as in Recent lakes.

Résumé

STAPF, K.R.G. (2005): Stromatolithe und andere Mikrobialithe sowie Kalkalgen im Rotliegend (Permo-Silesium) des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland)

[Stromatolithes et autres microbialithes ainsi qu'algues calcaires dans le Rotliegend (Permo-Silésien) du bassin sarro-lorrain (Allemagne du Sud-Ouest)].— Mitt. POLLICHIA, **91** p. 2004/2005: 21 – 40, 13 Abb., Bad Durkheim

Les stromatolithes, sédiments carbonatés, laminés, à composants divers, sont des microbialithes caractéristiques du Rotliegend du bassin sarro-lorrain. Ils ont été sédimentés sous l'influence de nattes de cyanobactéries et contiennent encore partiellement des restes d'algues benthiques, qui ont été conservés par des formes d'algues vertes, charophytes et ?d'algues rouges productrices de calcaire. L'unique représentant du phytoplancton est l'algue verte *Botryococcus*. Les stromatolithes du bassin sarro-lorrain se rencontrent aussi bien dans les sédiments du Rotliegend lacustres que dans ceux fluviatiles. Dans leurs formes lacustres, ils atteignent des tailles comparables à celles que l'on trouve dans les lacs récents.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

1 Einleitung und Stand der Forschung

Stromatolithe sind laminierte, aus verschiedenen Komponenten bestehende Mikrobialithe, die unter dem Einfluss von Cyanobakterien-Matten sedimentiert werden (RIDING 1999, FLÜGEL 2004). Die Mannigfaltigkeit ihrer Formen wird erzeugt durch die Reaktion der Cyanobakterienfilme mit dem umgebenden, detritischen Sediment und den physikalischen Faktoren des Ablagerungsraumes. Es können säulen-, keulen- und kuppelförmige (dann handelt es sich nach VOGEL 1963, FLÜGEL & FLÜGEL-KAHLER 1992, RIDING 2002 sowie KIESSLING et al. 2002 um Riffe) und/oder wellige Formen auftreten (dann Rasen bildend). Besonders die Riffnatur kommt durch die Beobachtung zahlreicher rezenter Stromatolithen sowohl im Süßwasser (OSBORNE et al. 1982, KEMPE et al. 1991, ARP 1995), als auch im marinen Bereich klar zum Ausdruck (BAULD 1984, CHIVAS et al. 1990, RIDING et al. 1991, REID et al. 2003). Die Untergliederung der Stromatolithe in agglutinierte Stromatolithe, Skelett-Stromatolithe, Süßwasser-Tuff-Stromatolithe und in terrestrische Stromatolithe, wie sie FLÜGEL (2004) vornahm, wird hier nicht durchgeführt.

Die oben gegebene Definition und die genannten Vorkommen belegen mit der zitierten Literatur eindeutig, dass die biogene Entstehung der Stromatolithe außer jedem Zweifel steht (STAPF 1997). Es ist daher absurd, wenn etwas anderes behauptet wird, wie es GROTZINGER & ROTHMAN (1996) getan haben.

Mikrobialithe (Überbegriff für alle von Cyanobakterien und anderen niederen Organismen gebildeten Stromatolithe, Onkolithe, Mikrobenmatten und Biolaminite) sind laminierte oder auch nicht-laminierte biosedimentäre Ablagerungen, die aufgrund der Kontrolle durch benthische Mikrobenfilme, organische Substanzen degradierende Mikro-Organismen, benthische Metazoen-Gemeinschaften, freie organische Substanzen und das Sediment-Einfangen entstehen (FLÜGEL 2004: 85). Bei der Bildung von kalkigen Mikrobialithen spielen das Einfangen und Binden von detritischen Sedimentpartikeln (Bildung von Mikroben-Boundstones), die anorganische Calcifizierung (Bildung von Mikroben-Kalktuffen) und die biologisch beeinflusste Calcifizierung (Bildung von Mikroben-Framestones) eine Rolle (RIDING 1991b, MERZ 1992, MERZ & ZANKL 1993, RIDING 2000, RIDING & AWRAMIK 2000). Mikrobialithe bestehen im allgemeinen nicht aus Skelettresten. Um ihre Morphologie von den aus Skeletts oder Skelettresten bestehenden Biohermen und Biostromen zu unterscheiden, schlugen BURNE & MOORE (1987) die Bezeichnungen Mikroben-Lithoherme bzw. Mikroben-Lithostrome vor. Nach CLAUSING (2001) sind Mikrobialithe die auffälligsten und bekanntesten Relikte fossiler Cyanobakterien im Permo-Silesium. Sie existieren mit zahlreichen Morphotypen (s. Kap. 4), die als Stromatolithe, Thrombolithe (KENNARD & JAMES 1986, KENNARD 1994, MOORE & BURNE 1994, SHAPIRO 2000), Onkolithe (VERRECCHIA et al. 1997), Mikro-Onkolithe/Oolithe und Mikrobenmatten anzusprechen sind (RIDING 1991a) und die bisher meist als „Algenkalke" beschrieben wurden. Gemäß der oben gen. Definition sind Stromatolithe keine biologischen Taxa, sondern biosedimentäre Strukturen, die als Resultat der Aktivitäten komplexer, unterschiedlicher Mikrobengemeinschaften gebildet werden. Eine Inkrustation findet noch bei geringen Lichtverhältnissen statt, begünstigt durch die Fähigkeit vieler Mikroben, fakultativ auf autotrophe Ernährung umstellen zu können. Nach Untersuchungen zahlreicher Forscher ist sicher, dass Cyanobakterien vor allem an der Bildung feinkörniger Mikrobialithe beteiligt sind (WALTER 1994, MONTY 1981, BERTRAND-SARFATI & MONTY 1994). Formelle Differenzen behindern eine breitere Anwendung der Stromatolith-Forschung. Dadurch wird die Möglichkeit, Rekonstruktionsansätze für Paläoökosysteme mit Hilfe der Mikrobialithe zu entwickeln, in den Hintergrund gedrängt.

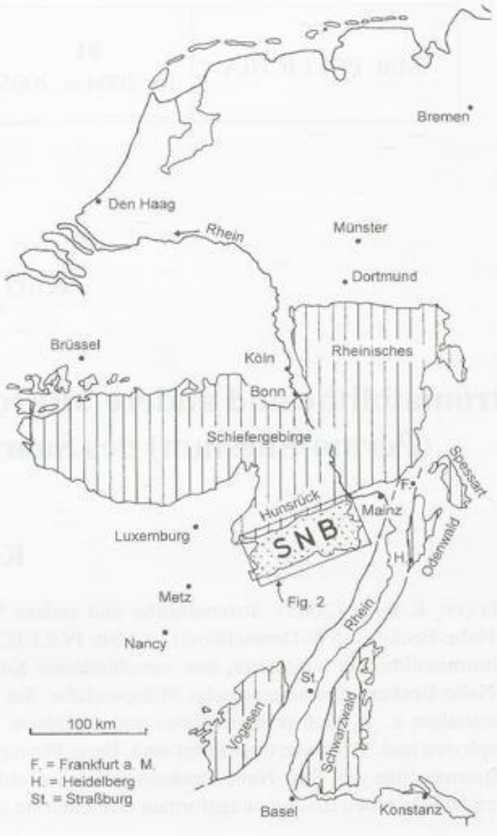


Abbildung 1: Die Lage des Saar-Nahe-Beckens innerhalb SW-Deutschlands.

Aus der Lombardei (italienische Süd-Alpen in der Nähe des Comer Sees) beschrieben FREYTET et al. (1996) z. T. bakteriell entstandene, permische

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

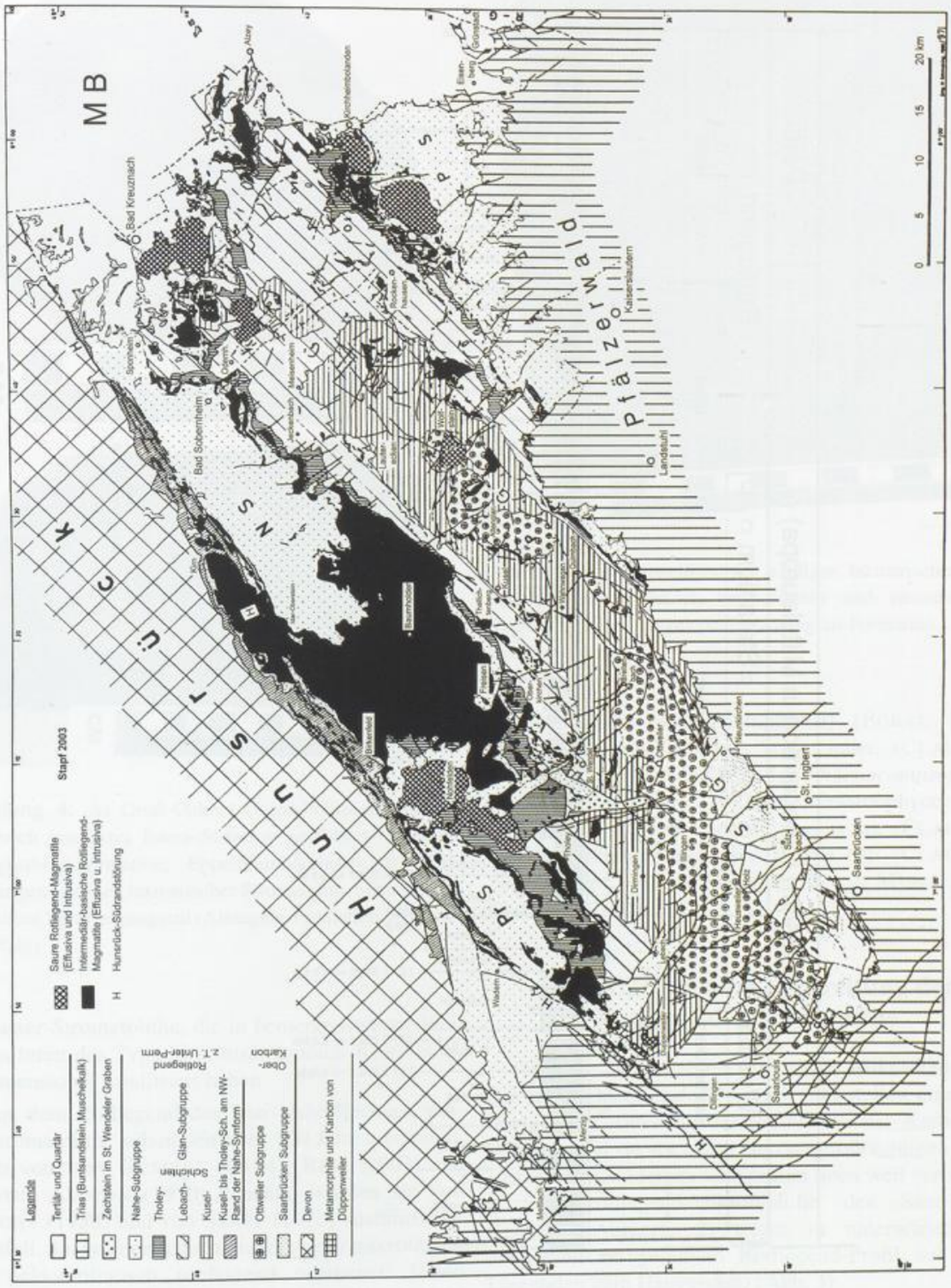


Abbildung 2: Geologische Übersichtsskizze des Saar-Nahe-Beckens [aus STAPF (2003)]. PrS = Prims-Synform; NS = Nahe-Synform; SG = Saarbrücker Gewölbe; PG = Pfälzer Gewölbe; PS = Pfälzer Synform; MB = Mainzer Bruchfeld; RG = Rheingraben. Am Westrand des St. Wendeler Grabens (westl. des eingezeichneten Ortsnamens St. Wendel) gibt es drei kleine Buntsandstein-Reliktvorkommen, die nicht eingezeichnet sind.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

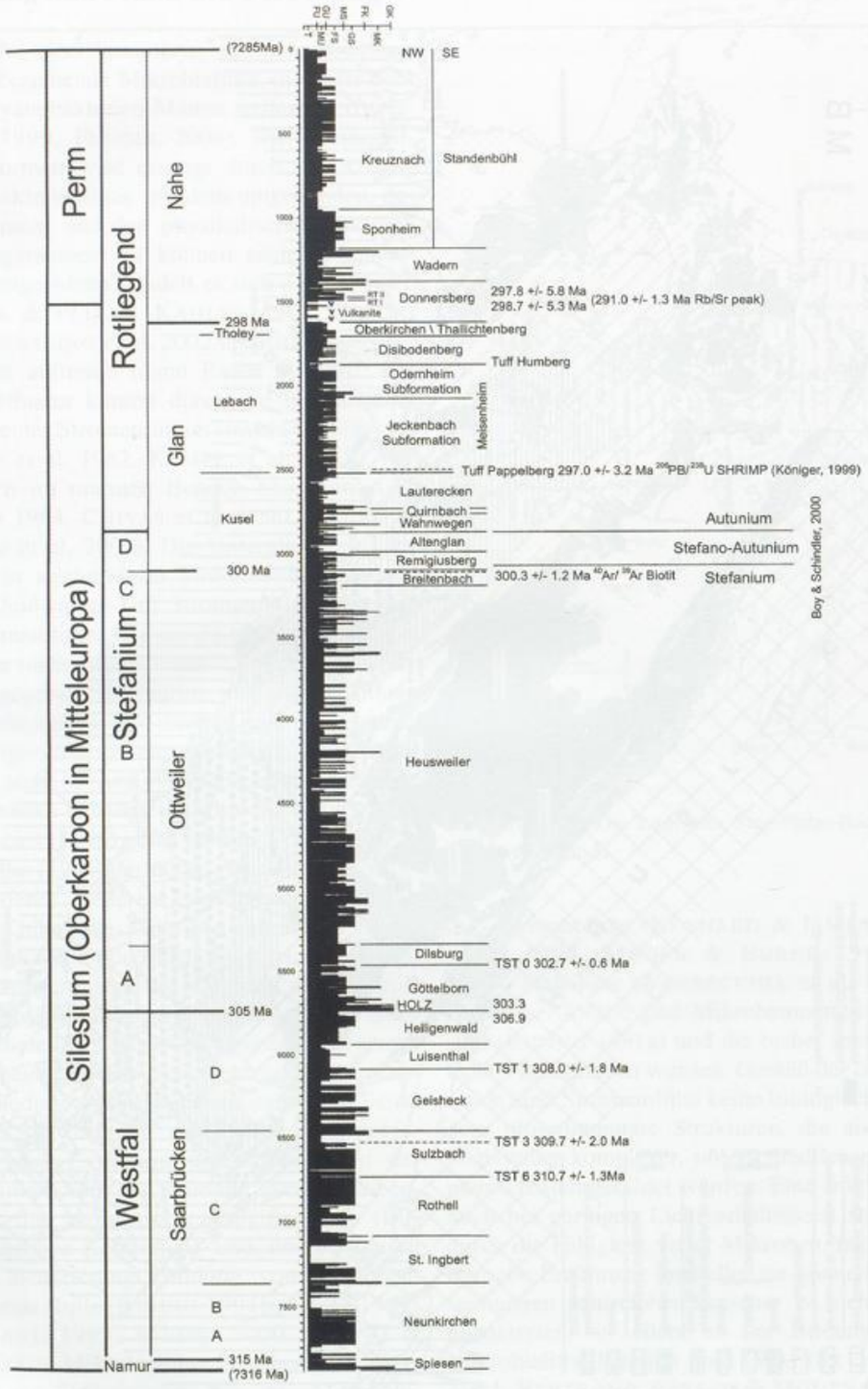


Abbildung 3: Stratigraphische Abfolge im Silesium und Rotliegend (Permo-Silesium) des Saar-Nahe-Beckens [aus STAPF (2003)]. Die einzelnen Namensrubriken der Abbildung bezeichnen von links nach rechts chronostratigraphische Systeme (Bsp. Perm), lithostratigraphische Gruppen (Bsp. Rotliegend), lithostratigraphische Sub-Gruppen (Bsp. Nahe-Subgruppe), informale Schichtenbezeichnungen (Bsp. Tholey-Schichten) und schließlich Formationsnamen (Bsp. Standenbühl-Formation). Die kleine querstehende Skala am Top der Abbildung bezeichnet die Korngrößen von Sedimenten von T = Tonstein (links) bis GK = Grobkonglomerat (rechts). Der Name HOLZ bezeichnet das Holzer Konglomerat an der Basis des Stefaniums]. Benennung des Silesiums nach Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg. 2002).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

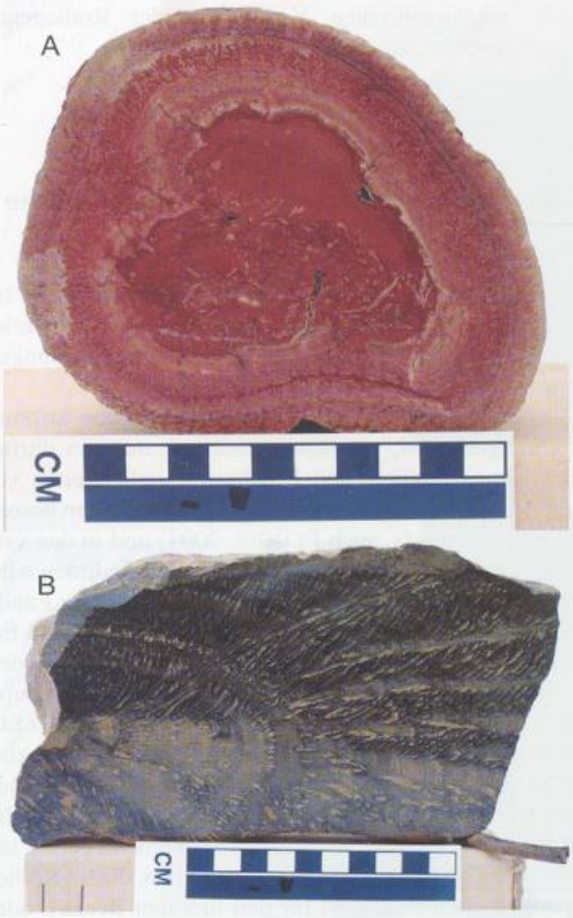


Abbildung 4: A) Groß-Onkoid (thrombolithisch) mit einem durch gradiertes Intern-Sediment verfüllten Hohlraum (Remigiusberg-Formation, Eppelborn/Saarland); B) Kuppelförmiger, säuliger, lakustrischer Stromatolith, mit mehrfach gegabeltem Verzweigungsstil (Altenglan-Formation, Altenkirchen/Pfalz).



Abbildung 5: Kuppelförmiger, säuliger, lakustrischer Stromatolith, mit mehrfach verzweigtem und zusammengewachsenem Verzweigungsstil (Altenglan-Formation, Altenkirchen/Pfalz).

Süßwasser-Stromatolithe, die in bemerkenswerter Weise Koniferen des Typs *Cassinisia orobica* KERP et al. dreidimensional fossilisiert haben.

Aus dem Rotliegend des Saar-Nahe-Beckens werden Stromatolithe schon seit über 100 Jahren erwähnt. Bereits von VON GÜMBEL (1894), REIS (1903) und von VON AMMON (1910) genannt, wurden sie von HABICHT (1953) und von STAPF (1970) ausführlicher behandelt. Sie wurden jedoch bisher weder mikrofaziell noch paläontologisch umfassend bearbeitet. Einen neueren Kenntnisstand beschrieb CLAUSING (2001). Danach wurden neben Rotliegend-Stromatolithen des Saar-Nahe-Beckens folgende Mikrobialithe und bestimmbare Algen in der Reihenfolge zunehmender Tiefe erwähnt: Mikrobenmatten (CLAUSING 1993), Mikro-Onkoide/Ooide (CLAUSING 1990), die Grünalge *Botryococcus* (CLAUSING 1990, 1999), Gyrogonite (spiralig gebaute Oogonien = fossile weibliche Geschlechtsorgane von Charophyten) (FORST 1996), *Stomochara volvenkovensis* = sp. indet. (CLAUSING 1996), die Kalkalge und ?Rotalge *Phaenocompsopogon pustulatus* (CLAUSING 1992), die ?Prasinophyceen *Leiosphaeridia* sp. und *Cymatiosphaera* sp. (CLAUSING 1993), Seekreide/Calcitkristalle Typ ME (CLAUSING 2001) sowie „weiße Algen" (TRUNKO & MUNK 1990; CLAUSING 1993).

2 Stratigraphische Verbreitung der Rotliegend-Mikrobialithe

Im Saar-Nahe-Becken erscheinen Mikrobialithe in den unterschiedlichsten Niveaus und stellen einen beträchtlichen Anteil an der Produktion der Karbonate. Bekannt sind sie vor allem aus den großräumigen Seen, jedoch auch in kleinen temporären Seen weit verbreitet.

Die Rotliegend-Mikrobialithe des Saar-Nahe-Beckens (Abb. 1, 2) treten in unterschiedlicher Häufigkeit im gesamten Rotliegend-Profil auf (vom Liegenden zum Hangenden) (Abb. 3):

- in der Remigiusberg-Formation (Stromatolithe und Onkolithe) (STAPF 1989, 1998a) (Abb. 4A);
- in der Altenglan-Formation (Stromatolithe, Thrombolithe, Onkolithe, knollige Mikrobialithe und Biolaminite, Abb. 4B – 9A). Dort haben sie ihr Maximum (STAPF 1970, 1989, 2001a, 2001b).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

In dieser Formation lässt sich als Besonderheit und als Beispiel für isochrone Mikrobialithe ein 5 – 10 cm mächtiges Mikrobialith-Bänkchen, das zwischen jeweils 1 – 4 cm und 2 – 4 cm mächtige rhyolithische Tuff-Horizonte eingelagert ist, über 30 km streichende Entfernung (SW - NE) verfolgen. Die beiden rhyolithischen Tuffe stellen isochrone Leithorizonte dar. Aufgrund der weiten Verbreitung und der gleichbleibenden Ausbildung kann auch der Mikrobialith als isochron gelten. Er besteht meist aus knolligen Mikrobialithen und Stromatolithen. Diese bilden oft kissenförmige Lithoherme (Durchmesser 40 cm, Höhe 10 cm) oder 1 cm dicke Lithostrome. Der obere der beiden rhyolithischen Tuffe liegt direkt über den Stromatolithen und beendete als vulkanischer Aschenregen ihr Wachstum. Die Biolaminite (GERDES & KRUMBEIN 1987) mit deutlich ausgebildeter, etwas unregelmäßiger Lamination wurden im Untertage-Bergbaubetrieb im ehem. Kalkbergwerk Otto Kappel/Wolfstein (Pfalz) abgebaut (STAPF 2001a) (Abb. 9A);

- in der Quirnbach-Formation (Stromatolithe). Im Odenbacher-Kalkstein im unmittelbar Hangenden des Odenbacher-Flözes wurden Stromatolithe von VON GÜMBEL (1894), von VON AMMON (1910), REIS (1921), und HABICHT (1953: 394) genannt und von HABICHT auch abgebildet. In neuerer Zeit hat sich CLAUSING (1989, 1990) damit beschäftigt. Das Odenbacher-Flöz nimmt eine Fläche von 3.330 km^2 ein und dementsprechend auch der Odenbacher-Kalkstein mit seinen eingelagerten Mikrobialithen. HABICHT (1953) deutete die Stromatolithe im Odenbacher-Kalkstein als seeufernahe Bildungen;

- in der Lauterecken-Formation (Stromatolithe, Abb. 10) (CLAUSING 1989, 1990);

- in der Meisenheim-Formation (onkoidführende Calci-Mudstones) (CLAUSING et al. 1992);

- in der Donnersberg-Formation (Stromatolithe und Onkolithe, z. T. mit Groß-Onkoiden, Abb. 11). Im nordöstlichen Verbreitungsgebiet (Donnersberg-Raum) des in dieser Formation weitverbreiteten Jakobsweiler-Kalksteins (etwa 47 km SW-NE-Entfernung) sind Stromatolithe und Onkolithe häufig (STAPF 1998a) und werden dort als seeufernahe Bildungen betrachtet;

- in der Wadern-Formation, dort in rotbraunen Peliten (Abb. 12B);

- in der Sponheim-Formation (Stromatolithe und z. T. Groß-Onkoide), dort im Sobernheimer-Kalkstein (STAPF 1989) (genauere Angaben zur stratigraphischen Verbreitung der Rotliegend-Stromatolithe s. STAPF 1998a, 1998b).

3 Lakustrine und fluviatile Rotliegend-Stromatolithe, Mikrobialithe und Kalk-Algen

Meistens sind die Rotliegend-Stromatolithe als lakustrische Formen ausgebildet (Abb. 4 – 9A), in relativ wenigen Fällen jedoch auch als fluviatile Bildungen (Abb. 9C; Abb. 10B).

Am häufigsten wurden bisher lakustrische Stromatolithe gefunden, was damit zusammenhängen dürfte, dass ihre Bildungs- und Erhaltungsmöglichkeiten vor allem in Litoral- bzw. Sublitoral-Zonen von Seen besonders gut waren (s. auch FLÜGEL 2004) und in den vergangenen Jahren lakustrische Rotliegend-Sedimente intensiv erforscht wurden, wodurch die Anzahl der Funde anstieg. Im Gegensatz dazu sind die Bildungs- und Erhaltungsmöglichkeiten von Stromatolithen in fluviatilen Sedimenten deutlich schlechter und wenn überhaupt, in Überflutungsbereichen von Flüssen gegeben (GALLI & SARTI 1989, STRACCIA et al. 1990, GEBHARDT et al. 2000). Diese Bereiche waren für die Rotliegend-Forscher bisher jedoch weniger interessant, so dass die Anzahl der Stromatolith-Funde entsprechend gering ist.

Die Morphotypen von Stromatolithen, die im Rotliegend erhalten sind, sind für den litoralen Bereich oder den Übergangsbereich zum Sublitoral typisch. Grundlagenarbeiten zur Stromatolith-Entwicklung nennen als Lebensraum ufernahes und auch uferferneres Flachwasser und korrelieren dies mit dem Höhenwachstum, das proportional zur Wassertiefe zunimmt (LINK et al. 1978). Gesteuert wird dies durch den klastischen Eintrag, der durch absolute Menge, Korngröße und Geschwindigkeit das Wachstum und die Wuchsform reguliert. Ein rascher Anstieg der Hintergrund-Sedimentation aus der Suspensionsfracht, sowie die schnelle Absenkung des Seebeckens und die generelle Verringerung von Lichtquanten wirken sich einzeln oder kombiniert auf die Stromatolithbildner letal aus (CLAUSING 2001). Diese Erkenntnisse können im Rotliegend des Saar-Nahe-Beckens sehr gut überprüft werden. Die fazielle Analyse der Stromatolith-führenden Horizonte belegt, dass die aus marinen Ablagerungen gewonnenen Variablen auch im lakustrischen Bereich gültig sind. Mit zunehmender Wassertiefe oder Entfernung vom Ufer ist ein morphologischer Übergang von ausgedehnten, welligen Cyanobakterienmatten über lateral verbundene Halbkugeln hin zu kuppelartigen (gewölbten) Stromatolithen festzustellen. Im Saar-Nahe-Becken kennzeichnen Stromatolithe häufig die Initialphase der Seenentwicklung. Dies lässt sich an entsprechenden Profilabfolgen nachweisen (Bsp. Odenbach-See, Lauterecken-Formation).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

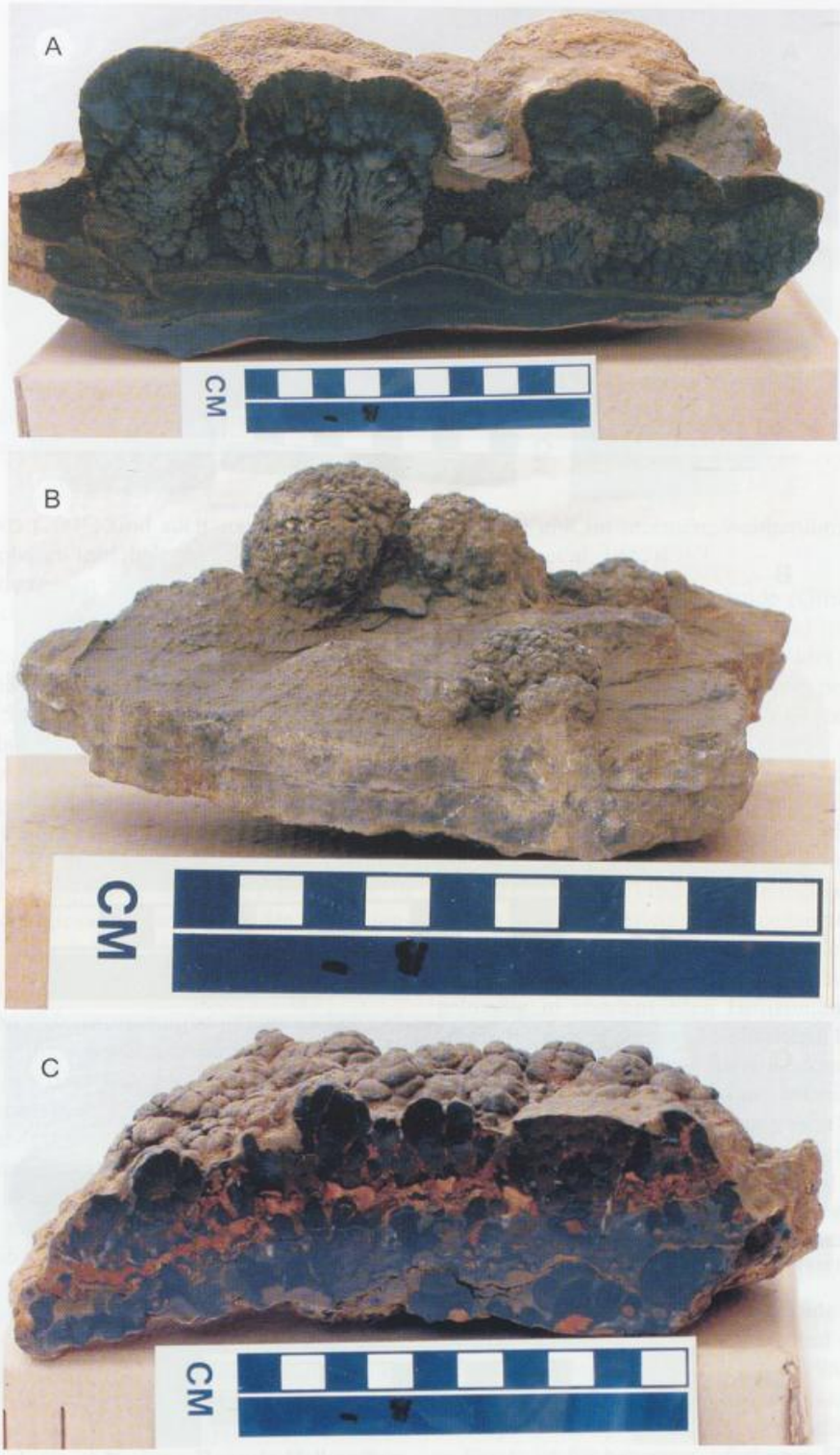


Abbildung 6: A) Kuppelförmiger, säuliger, lakustrischer Stromatolith (= Riff), in zwei Generationen, zwischen den Kuppeln Onkolithe und hellgrüne, bentonitisierte, rhyolithische Tuffe, unten dendroider, oben zweifach gegabelter Verzweigungsstil (Altenglan-Formation, nördl. Altenglan/Pfalz); B) Stromatolithe als Riffe, von gelben, bentonitisierten, rhyolithischen Tuffen überdeckt (Altenglan-Formation, Altenglan/Pfalz, an der Straße nach Altenglan-Patersbach);C) Säuliger, lakustrischer Stromatolith mit zweifach gegabeltem Verzweigungsstil (Altenglan-Formation, nördl. Altenglan/Pfalz).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

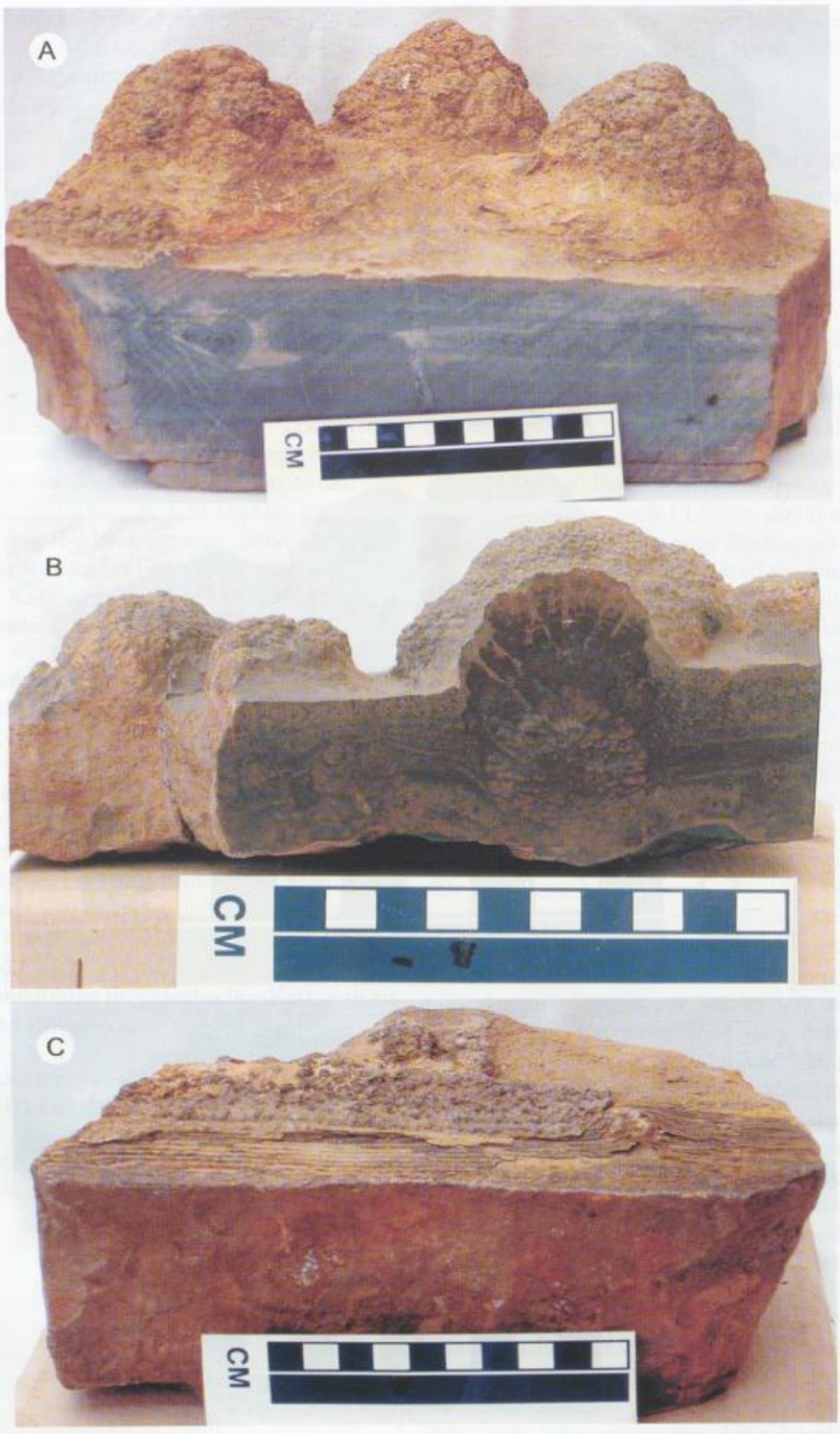


Abbildung 7: A) Stromatolithe als Riffe (Altenglan-Formation, Reckweilerhof/Pfalz); B) Kuppelförmige, säulige, lakustrische Stromatolithe (= Riffe), mit mehrfach gegabeltem Verzweigungsstil, zwischen Onkolithen aufgewachsen (Altenglan-Formation, Bosenbach-Friedelhausen/Pfalz); C) Stromatolithe als Calamiten-umkrustende Rasen, teilweise auch als Riffe ausgebildet (Altenglan-Formation, ehem. Kalkwerk Hein, Hinzweiler/Pfalz, an der Straße zwischen Hinzweiler und Aschbach).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main



Abbildung 8: Groß-Onkoid, thrombolithisch, mit zentralem, inkohltem Pflanzenrest, frühdiagenetisch lagenparallel pyritisiert (Altenglan-Formation, nördl. Altenglan/Pfalz).

Nach CLAUSING (2001) sind auch zwischengeschaltete Flachwasserphasen innerhalb einzelner Seehorizonte durch eine Bildung von Stromatolithen charakterisiert (Bsp. Jeckenbach-See, Meisenheim-Formation).

Dass die Stromatolithe im Litoral- bzw. Sublitoral-Bereich von ehemaligen Seen entstanden sind, konnte eindeutig von STAPF (1970, 2001a, 2001b) aufgrund minutiösen Gelände-Nachweises (Detail-Kartierung 1 : 25000) nachgewiesen werden. Im Falle der Vorkommen in der überwiegend lakustrischen Altenglan-Formation handelt es sich bei dem Litoral- bzw. Sublitoral-Bereich um das Gebiet der sog. Pfälzer Kuppeln (Potzberg, Herrmannsberg, Königsberg, Sellberg, Potschberg), in dem während der Gesamtentwicklung der Altenglan-Formation eine Litoral- bzw. Untiefen-Zone vorhanden war.

Dort konnten sich Stromatolithe gut entwickeln; eine Erscheinung, die sowohl aus anderen Rotliegend-Becken [z. B. aus dem Blanzy - Le Creusot-Becken, franz. Zentralmassiv (GAND et al. 1993, STAPF & GAND 1994) und aus anderen Rotliegend-Becken des nördlichen, französischen Zentralmassivs (FREYTET et al. 1992)] als auch aus jüngeren stratigraphischen Systemen bekannt ist [s. im paläozänen - eozänen, nordostspanischen Ebro-Becken (ANADÓN & ZAMARREÑO 1981, ZAMARREÑO et al. 1997), im eozänen - unteroligozänen südlichen Rheingraben (DURINGER & GALL 1993, 1994), im miozänen Nördlinger Ries-Krater (RIDING 1979, ARP 1995), im pliozänen - pleistozänen Lake Turkana/Kenia (ABELL et al. 1982), im pleistozänen Great Salt Lake/USA (HALLEY 1976), im pleistozänen - holozänen Baringo-Bogoria-Halbgraben, Gregory Rift Valley/Kenia (CASANOVA 1986, CASANOVA & RENAULT in TIERCELIN & VINCENS 1987, CASANOVA 1994), im rezenten Kelly Lake, British Columbia, Kanada (FERRIS et al. 1997), im ebenfalls rezenten Lake Clifton, West-Australien (MOORE et al. 1984, BURNE & MOORE 1993, FRIEDMAN 1995), in rezenten Becken Nordost-Mexikos (WINSBOROUGH et al. 1994) und im rezenten, weltberühmten Toten Meer (GARBER et al. 1987)].

Die Fazies isolierter Onkoide (Groß-Onkoide nach CLAUSING 1990 und STAPF 1998a) ist im Saar-Nahe-Becken wesentlich seltener ausgebildet als aus dem marinen Bereich beschrieben. In den permo-silesischen Seen sind morphologische Übergänge zu kuppelartigen (gewölbten) Stromatolithen oder auch zu Cyanobakterienmatten zu finden. In der Regel sind größere Pflanzenreste oder Schalenbruchstücke durch die Mikroorganismen umkrustet worden. Die Bildung der *Girvanella*-Onkoide erfolgte in einem Milieu mit erhöhtem klastischen Eintrag (PERYT 1980). Dies deutet an, dass andere Cyanobakterien als Produzenten fungierten als diejenigen, die die Stromatolithen bildeten (CLAUSING 2001). Kleine Onkoide im cm-Maßstab treten regelmäßig in kondensierten Horizonten, z. B. in Muschelschillen und anderen fossilreichen Lagen auf. Nach den Vorkommen im Saar-Nahe-Becken zeigen Onkoide Flachwasserbedingungen an, wobei eine Verringerung der Größe mit der Entfernung vom Ufer, steigender Wassertiefe und erhöhter Turbulenz einhergeht. Ähnliche Verhältnisse beobachteten DAVAUD & GIRARDCLOS (2001) im Genfer See. Demgegenüber wurden Groß-Onkoide aus ufernahen Bereichen des Bodensee-Untersees von SCHÄFER & STAPF (1978) beschrieben.

Eine Fazies der Mikro-Onkoide wurde durch CLAUSING (1990) für das Rotliegend des Saar-Nahe-Beckens sowie von KOWALCZYK (1983) für das Rotliegend der Wetterau und von MARELL (1989) für das Rotliegend im Sprendlinger Horst nachgewiesen. Diese Fazies ist für bewegtes, uferfernes Flachwasser charakteristisch. Mikro-Onkoide können eine gute Sortierung aufweisen und Nuclei aus kleinen, klastischen oder bioklastischen Partikeln umwachsen. Dies zeigt uferfernere Bereiche mit gleichmäßig ruhigen Wellenbewegungen an. Mikro-Onkoide ohne Sortierung, die unterschiedlich große Partikel umkleiden, deuten auf ein Milieu mit turbulenterem Wasser im ufernahen Litoral hin

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

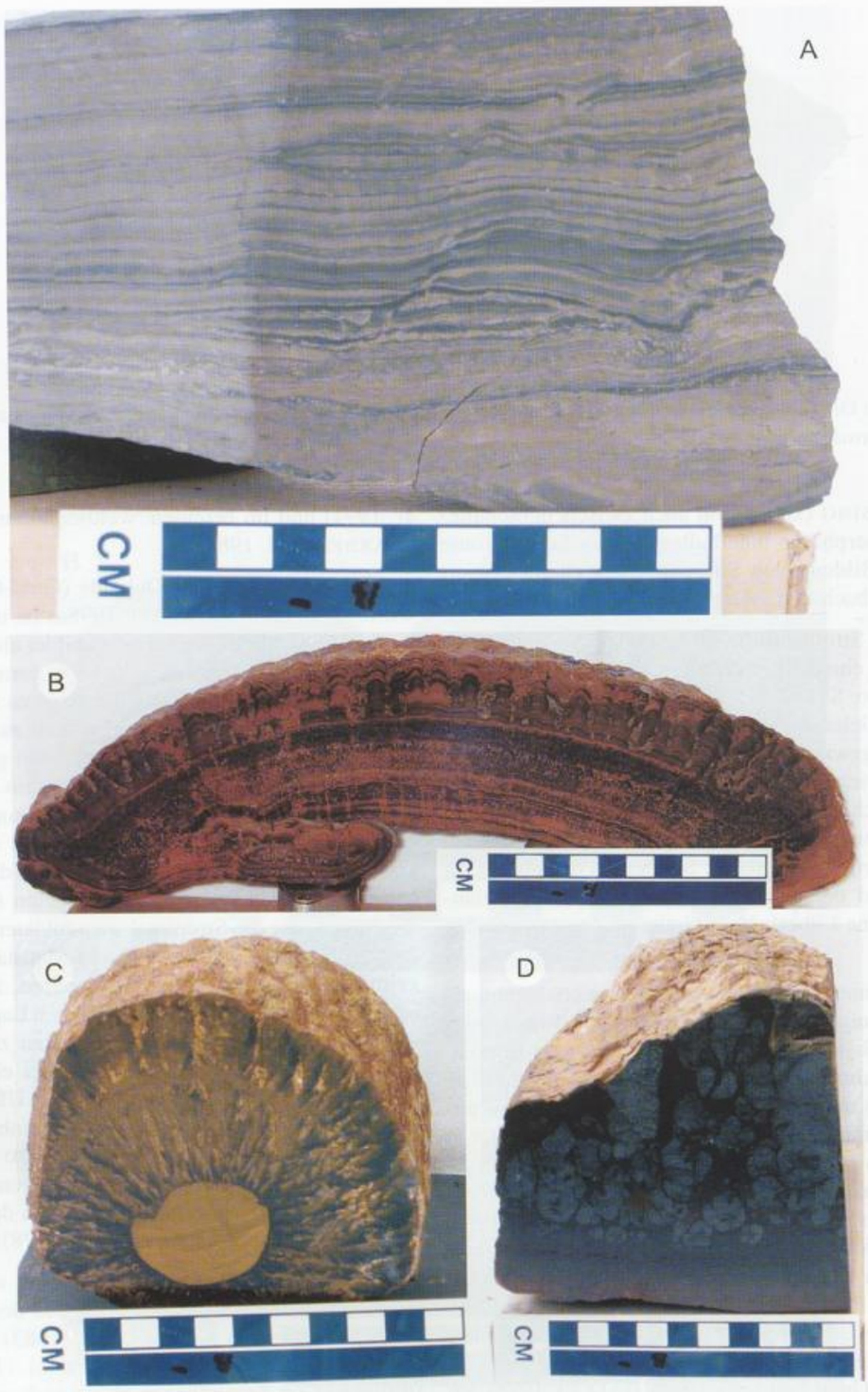


Abbildung 9: A) Biolaminit, lakustrisch (Altenglan-Formation, ehem. Kalkwerk Otto Kappel, Wolfstein/Pfalz), sog. grauer „Ringelstein" nach der Bergmannsbezeichnung von Otto Kappel†. Der linke, hellere Bereich wird durch Anätzen mit Alizarin Rot S verursacht; B) Groß-Onkoid mit thrombolithischem Kern, der von säuligen, zusammengewachsenen und gegabelten Stromatolithen umgeben ist (Quirnbach-Formation, südl. Rehweiler/Pfalz); C) Säuliger, fluviatiler Stromatolith mit einem durch fein geschichtetes Intern-Sediment verfüllten Hohlraum, mit mehrfach gegabeltem Verzweigungsstil (Quirnbach-Formation, Liebsthal/Pfalz); D) Kuppelförmiger, säuliger, nicht verzweigter, lakustrischer Stromatolith, auf Onkolith aufgewachsen (Lauterecken-Formation, nordöstl. Grumbach/Pfalz).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

(CLAUSING 2001).

Die laminierten Seeablagerungen im Saar-Nahe-Becken weisen immer wieder kleine Calcit-Kristalle auf, als deren Erzeuger kalkfällende, einzellige Algen unbestimmter Zuordnung mit planktischer Lebensweise vermutet wurden. CLAUSING et al. (1992) definierten diese Erscheinung als „Kalkalgen sp. ME". Es liegen meist Einzelkristalle von ca. 20 μm Größe vor, die radialsymmetrisch wuchsen und deren Zentrum häufig als kleiner, dunkler Punkt erscheint. Letzterer kann von einem konzentrischen Kranz aus vier bis sechs isomorphen Sparitkristallen kleeblattähnlich umgeben sein (Ø ca. 50 μm). Diese Reste sind bislang nur aus dem Saar-Nahe-Becken bekannt, dort allerdings aus verschiedenen See-Horizonten. Für die permo-silesischen Seen sind sie wichtige Produzenten von Karbonat. Ihre Bedeutung für die Primärproduktion wird unter vergleichenden Gesichtspunkten zu fossilen und rezenten Phänomenen deutlich, die als Bildung von Seekreide-Ablagerungen verstanden werden (CLAUSING 2001). SCHÄFER (1972, 1973) untersuchte umfassend Seekreide-Sedimente im Bodensee und identifizierte Calcit-Kristallaggregate von <20 μm Größe als Hauptkomponenten der kalkigen Sedimente. Analog können die von CLAUSING et al. (1992) als „Kalkalgen sp. ME" bezeichneten Reste jetzt besser als Seekreideähnliche Ablagerungen des Permo-Silesium bezeichnet werden. Die calcitischen Reste entsprechen damit nicht den fossilen Algen selbst, sondern abiogen gefällten Kristallen. Sie bilden damit einen indirekten Nachweis für die Aktivität des Phytoplanktons bei eutrophen Bedingungen und evtl. für Algenblüten. Darauf deuten die organischen Anreicherungen hin, deren Reste im Meisenheim-See als Alginit B erhalten sind (CLAUSING 2001).

Bei den Algen wurde die Grünalge *Botryococcus* im Rotliegend des Saar-Nahe-Beckens erstmals von CLAUSING (1990) nachgewiesen. Bei diesen Fossilien handelt es sich um coccale, planktische und koloniebildende Algen, die in verschiedenen See-Horizonten des Saar-Nahe-Beckens erscheinen und die demnach für die Primärproduktion in diesen Rotliegend-Sedimenten wichtig sind. Durch die Massenvorkommen von *Botryococcus* im Schorrenwald-See (Meisenheim-Formation) ist ihre Beteiligung an der Produktion von organischer Substanz und am Kerogen gesichert (CLAUSING 1999). Im Unterschied zu tertiären Seen ist *Botryococcus* aus den Permo-Silesium-Becken Mitteleuropas bisher ein wenig bekanntes Element der Algenflora. CLAUSING (2001) konnte zeigen, dass die Grünalge *Botryococcus* eine wichtige Komponente des Phytoplanktons in den See-Sedimenten des Permo-Silesium in Mitteleuropa darstellt. Sie ist in unveränderter Form seit dem Karbon, möglicherweise bereits seit dem Ordovicium, bis heute in Seen verbreitet.

Die Häufigkeit der Algen ist mit der Korngröße korreliert, grobsiltige Sedimente mit feinkörnigeren Anteilen enthalten die meisten Palynomorphen. Die Verbreitung ist in Flachwasserablagerungen kleiner Seen und im Litoral großer Seen erhöht. Sedimente des tiefen Wassers (Profundal) enthalten geringere Mengen an Algenresten. Zwischen dem Kerogen, das vom Phytoplankton gebildet wurde und dem Auftreten von *Botryococcus*-Algen in den Sedimenten besteht ein erkennbarer Zusammenhang (CLAUSING 2001).



Abbildung 10: A) Kuppelförmiger, säuliger, lakustrischer Stromatolith mit parallelem Verzweigungsstil, auf Thrombolith aufgewachsen (Lauterecken-Formation, südl. Lauterecken/Pfalz); B) Säuliger, fluviatiler Stromatolith, mit zweifach gegabeltem Verzweigungsstil, durch Auflastdruck zerbrochene untere Umrandung (Lauterecken-Formation, Reichweiler/Pfalz).

Variationen in Größe und Erhaltung der Algen werden auf die folgenden Prozesse und Phänomene zurückgeführt: Unterschiedliche Entwicklungsstadien sind in den Sedimenten erhalten und Diagenese und Inkohlung zerstörten strukturelle Details der Zellen und Kolonien. Bevorzugte Erhaltung in Sedimenten kleiner Seen lässt vermuten, dass mikrobieller Abbau der Organismen der Einbettung unter den Bedingungen des offenen Wassers in großen Seen voranging. Externe Faktoren, speziell der variierende Nährstoff-Eintrag kontrollierte die Wachstumsraten und die Ausbildung von Algenblüten

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

(CLAUSING 2001).

Botryococcus überlebte offenbar unbeschadet alle Krisen, die zum Verschwinden anderen Planktons (vor allem des marinen) führte. Auch in den planktonarmen Zeiten zwischen dem Karbon und der Trias existierte die Alge. Als Nahrungsquelle für planktivore Konsumenten ist *Botryococcus* aufgrund ihrer resistenten Koloniematrix umstritten. Aus dem rezenten Nicaragua-See sind eindeutig Ostracoden mit *Botryococcus* im Verdauungstrakt belegt. Eine Verwertung ist also zumindest durch spezialisierte Konsumenten oder fakultativ möglich, oder auf die nicht fossilisierbaren Bestandteile der Kolonien beschränkt. Im oberen Schwarzpelit des Schorrenwaldsees (Meisenheim-Formation) sind Ostracoden mit *Botryococcus* vergesellschaftet und belegen somit eine solche Nahrungsfolge im fossilen Bereich (CLAUSING 2001).

Zu den in etwas größeren Wassertiefen auftretenden Charophyten (Armleuchter-Algen) gehören Formen, die meist als sichere Belege für Süßwasserbedingungen gelten und die in diesem Milieu weit verbreitet sind. Charophytenreste sind als Gyrogonite erst seit wenigen Jahren aus dem Theisbergstegen-See (Remigiusberg-Formation) bekannt (FORST 1996).

Schließlich soll noch die in zunehmender Wassertiefe wachsende und zu den Kalkalgen gehörende ?Rotalge *Phaenocompsopogon pustulatus* (CLAUSING 1992) erwähnt werden, die bisher nur aus dem Saar-Nahe-Becken bekannt ist und zwar von zwei Lokalitäten in der Altenglan-Formation. Dort bilden die Algenreste die Hauptkomponenten einer Packstone-Fazies des Reckweilerhof-Pakets im unmittelbar Liegenden einer ausgedehnten stromatolithischen Karbonatbank (STAPF 2001a). Faziell wird mit den *Phaenocompsopogon*-Packstones eine zunehmende Verflachung des Milieus angezeigt, die von den liegenden Mikro-Onkoiden über *Phaenocompsopogon* zu den Stromatolithen und dann zu Intraklast-Karbonaten führt. Die Wasserenergie nahm also zum Hangenden hin beständig zu. Bezogen auf die räumliche Gliederung von Seen kann dies mit einer Verschiebung des Environments von sublitoralen zu litoralen Bedingungen gleichgesetzt werden (CLAUSING 2001).

4 Nomenklaturprobleme bei Stromatolithen

Wie eingangs erwähnt, entstehen die Stromatolithen unter dem Einfluss von Cyanobakterien. Die Zuordnung der Cyanobakterien zu den Bakterien ist mittlerweile unumstritten (MADIGAN et al. 1997, dem weltweit führenden Lehrbuch), da die Cyanobakterien prokaryotische Organismen sind.

Die systematische Stellung der bei den Rotliegend-Mikrobialithen auftretenden Fossilien ist unverändert problematisch.



Abbildung 11: Onkolith, an der Basis und am Top mit Groß-Onkoiden, lakustrisch (Donnersberg-Formation, östl. Jakobsweiler/Pfalz).

So birgt auch die exakte Beschreibung der Stromatolithe bis in die jüngste Zeit eine Fülle von Problemen. Noch nicht einmal bei den Prinzipien der Benennung besteht Einigkeit. Dies hängt damit zusammen, dass ihre taxonomische Position unklar ist, zumal viele Formen unbestimmt oder nicht revidiert sind und daher ihre Benennung nach wie vor problematisch ist, da nach GREY (1989) die Kontroverse weiterhin besteht, ob sie nach einer formalen, binären oder nach einer nicht-formalen Nomenklatur benannt werden sollen. Die Spezialisten sind in zwei Lager gespalten, in die Gruppe der Taxonomisten und in die Gruppe der Non-Taxonomisten. Ihre binäre Nomenklatur ist nach wie vor äußerst problematisch. Nach einer schriftlichen Auskunft von Prof. Dr. Brigitte Zimmer (Direktorin der Abt. Öffentlichkeitsarbeit und Herbarien Botanischer Garten u. Botanisches Museum Berlin-Dahlem) vom 15.07.2005 sind Stromatolithe im derzeit gültigen International Code of Botanical Nomenclature (ICBN 2000) (GREUTER et al. 2000) als solche nicht erwähnt, damit aber auch nicht explizit ausgeschlossen. Eine Benennung von Stromatolithen kann nur dann mit dem ICBN 2000 erfolgen, wenn sie sich de facto auf den verursachenden Organismus (Cyanobakterium) bezieht. Sie setzt aber voraus, dass dieser Organismus zu **einem** und nur **einem** Taxon gehört (s. ICBN 2000: Art. 8.2). Sollte nachweislich mehr als ein Taxon involviert sein, so ist ein Name deswegen nicht ungültig, sondern muss auf eines der konstituierenden Taxa eingeschränkt werden (s. ICBN 2000, Art. 9.12). Da aber die Fixierungen des

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main



Abbildung 12: A) Säuliger, lakustrischer Stromatolith mit thrombolithischem Kern; häufig sind im Porenraum kleine, gelblichrosa gefärbte Achate ausgebildet (Donnersberg-Formation, nördl. der Dannenfelser Mühle bei Dannenfels/Pfalz); B) Thrombolithische Groß-Onkoide in rotbraunen Peliten (Wadern-Formation, an der Straße Bockenau/Nahe-Bergland - Winterburg).

Internationalen Code der Botanischen Nomenklatur für alle Stromatolith-Forscher bindend sind, wird den Verfahren von FREYTET (1997, 1998), der zu den Taxonomisten gehört sowie von FREYTET et al. (1999, 2000) nicht gefolgt.

An der schon lange bekannten Tatsache, dass die für die Genese der Stromatolithe so wichtigen Cyanobakterienfilme sich, wie rezente Beispiele beweisen (AWRAMIK 1992, BARTLEY 1996, GOLUBIĆ 1983, GOLUBIĆ et al. 1985, 2000), aus einer ganzen Reihe von Gattungen und Arten aufbauen, lässt sich die Schwierigkeit der Taxonomie der Stromatolithe erkennen.

Bei der Klassifikation der Stromatolithe hat sich nach TRUSWELL & ERIKSSON (1972), GREY (1989)

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

und besonders nach PIERSON et al. (1992) und WALTER et al. (1992) die Unterscheidung zwischen kuppelförmigen (gewölbten) und tafelförmigen Stromatolithen durchgesetzt (Abb. 4). Nach BURNE & MOORE (1987) wären die kuppelförmigen (gewölbten) Stromatolithen Mikroben-Lithoherme und die tafelförmigen Stromatolithen Mikroben-Lithostrome. Falls das Intern-Gefüge bestimmbare calcifizierte Cyanobakterien erkennen lässt, sollten die Stromatolithen nach Cyanobakterien-Morphotypen beschrieben werden oder, falls es möglich ist, bestimmbare Algen als Stromatolith-bildende Organismen direkt benannt werden (FREYTET & PLET 1996, FREYTET & VERRECCHIA 1998). So vermuteten FREYTET et al. (1992) in Rotliegend-Stromatolithen des Aumance-Beckens (nördliches französisches Zentralmassiv) *Phormidium* und *Schizothrix*, eine Ansicht, die FREYTET in späteren Publikationen nicht mehr vertrat, da er die lange Lebensdauer der beiden genannten Formen ausschloss. Von anderen Autoren wurde dagegen für einzelne Algen-Gattungen, wie z. B. für *Botryococcus* und *Oscillatoria* eine Existenz seit dem Paläozoikum und sogar seit dem Präkambrium erwähnt (PENIGUEL et al. 1989).

Die einzelnen Laminae (Stromatoide) können sowohl von filamentösen als auch von coccoidalen, benthischen Mikroben-Gemeinschaften gebildet werden (DAHANAYAKE et al. 1985) und mit anorganisch calcifizierten oder durch Einfangen oder Binden von Detrituspartikeln entstandenen Laminae wechsellagern. Stromatolithe sind z. T. assoziiert mit Skelett-tragenden Metazoen.

In den meisten Fällen sind die Stromatolithe diagenetisch jedoch so stark umgewandelt, dass ihre primären Gattungen und Arten nicht mehr erkannt werden können und ihre Benennung sich auf Kalzifikations-Morphotypen beschränken muss. Dies hat den Vorteil, dass auf diese Weise eine systematische Zuordnung vermieden wird. In ähnlicher Weise ging LEINFELDER (1985) bei der Bearbeitung portugiesischer, oberjurassischer Cyanobakterien vor. Außerdem ist eine Ergänzung der Morphotyp-Gattungsnamen durch typische Präfixe (z. B. „Paläo"-) sinnvoll, da dies mit der paläontologischen Praxis konform geht (CLAUSING 2001).

So sollen die von STAPF (1998a) beschriebenen Cyanobakterien nunmehr als Paläo-*Phormidium*-Morphotypen, Paläo-*Schizothrix*-Morphotypen sowie als Paläo-*Calothrix/Dichothrix*- und Paläo-*Rivularia*-Morphotypen benannt werden. Nach MADIGAN et al. (1997) gehören bei den rezenten Formen *Phormidium* und *Schizothrix* (SZULC & SMYK 1994) zu der Ordnung der Oscillatoriales, *Calothrix/Dichothrix* und *Rivularia* zur Familie der Rivulariaceae innerhalb der Ordnung der Nostocales.

Die Mehrzahl der Belege für Cyanobakterien im Rotliegend stammen als unterschiedliche Feinstrukturen aus Mikrobialithen. Erstmals wurde eine solche Feinstruktur (aus Onkoiden) von STAPF (1970) als *Girvanella* beschrieben. Eine Verwandtschaft zu Cyanobakterien wird vermutet, systematisch ist *Girvanella* aber nicht revidiert, so dass sie als morphologische Sammelgattung zu behandeln ist (WRAY 1977).

Nach CLAUSING (2001: 36) erscheint es unwahrscheinlich, dass im Permo-Silesium gefundene Cyanobakterien ohne genaue paläontologische Diagnose bekannten Cyanobakteriengattungen zugeordnet werden können, zumal wenn deren Identifizierung im rezenten Bereich problematisch ist. Allein aus der Mikrobialith-Morphologie kann nicht zweifelsfrei auf die Gattung oder Art der rezenten Organismen rückgeschlossen werden (GOLUBIĆ 1991). Wechselnde ökologische Parameter verändern gattungs- und arttypische Merkmale, z. B. bei rezenten *Rivularia*-Arten (CAUDWELL 1987, OBENLÜNESCHLOSS 1991, CAUDWELL et al. 2001). Auch BURNE & MOORE (1993) belegten, dass systematisch unterschiedliche Organismen morphologisch identische Mikrobialithe erzeugen können.

5 Schlussfolgerungen

Hier sollen die Rotliegend-Mikrobialithe und typische Algengemeinschaften paläoökologisch diskutiert werden.

Innerhalb der Mikrobialithe sind die Stromatolithe und die Onkoide nicht weiter differenziert. Es kann jedoch verallgemeinernd festgestellt werden, dass Mikrobialithe in den permo-silesischen See-Ökosystemen ökologische Nischen als Produzenten und als Erzeuger von Lebensraum besetzten. Vor allem die Stromatolithe stellen akkretionäre Riff-Strukturen dar, die als mikrobielle Analoga zu den Protisten-Invertebraten-Riffen rezenter und phanerozoischer Meere verstanden werden können. Ihre Bedeutung für die See-Ökosysteme wird dadurch verstärkt, dass die Mikrobialithe innerhalb der Primärproduktion den größten Anteil der produzierten organischen Biomasse stellten, die dokumentiert ist. Die weiteste Verbreitung und damit die größten Ähnlichkeiten beruhen auf dem Vorkommen von Mikrobialithen, besonders den als Stromatolithen ausgebildeten Morphotypen. Diese erscheinen nicht nur im Saar-Nahe-Becken, sondern auch in anderen intermontanen, mitteleuropäischen Rotliegend-Becken (CARASCO 1989) und weisen damit auf relativ konstante Lebensbedingungen im Flachwasser dieses Typs des Phytobenthons dieser Becken hin (CLAUSING 2001).

Dagegen erlauben die 42 im Saar-Nahe-Becken gefundenen Algengemeinschaften eine bessere Ausdeutung (CLAUSING 2001). Die Algen gehören zu den Primärproduzenten organischer Substanz in den Rotliegend-Seen des Saar-Nahe-Beckens. Der jetzige Kenntnisstand erlaubt intrabeckenspezifische Vergleiche der Primärproduzenten zur Analyse und Rekonstruktion paläoökologischer Aspekte. Die Zahl der Seehorizonte in Relation zur Gesamtmächtigkeit erhöht

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

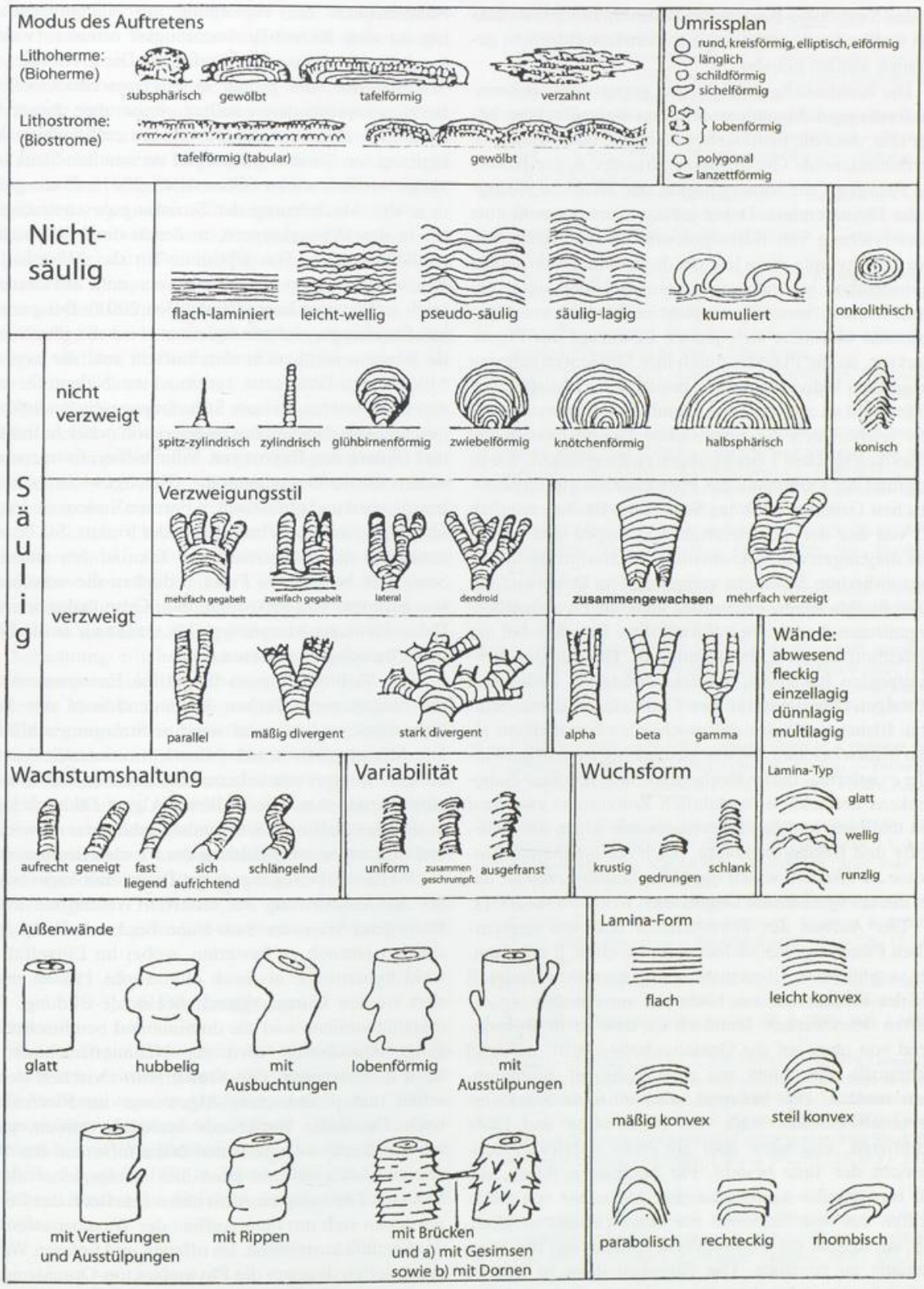


Abbildung 13: Morphologische Eigenschaften zur Kennzeichnung von Stromatolithen [verändert nach PIERSON et al. (1992) und nach WALTER et al. 1992).]

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

für das Saar-Nahe-Becken die Wahrscheinlichkeit, dass dort noch mehr Kenntnisse über Primärproduzenten gewonnen werden können.

Die funktionelle Analyse der gegenwärtig bekannten Rotliegend-Algenflora des Saar-Nahe-Beckens belegt klar, dass die benthischen Taxa mit ihrer Biomasse die dominierende Organisationsform der Algen bilden. Die Fähigkeit zur Mineralisation der Thalli begünstigte das Phytobenthos. Daher erfolgte überwiegend eine Konservierung von Kalkalgen und daraus ergibt sich, dass das Phytoplankton leichter degradiert wurde als das Phytobenthos, besonders im Litoral von Seen und in generell flachen Seen. Die trophische Analyse von Ökosystemen orientiert sich jedoch bevorzugt am Phytoplankton, da die Plankter durch ihre Massenvermehrung die größten Individuenzahlen besitzen. Im lakustrischen Milieu fällt es aufgrund der räumlichen Begrenzung relativ leicht, auch die benthischen Organismen in die paläoökologischen Überlegungen einzubeziehen, wie es aufgrund der Dominanz des Phytobenthos aus taphonomischen Gründen auch im Saar-Nahe-Becken möglich ist. Von den dort überlieferten Algentypen sind besonders diejenigen der Mikrobialithe auf Hartgründen oder konsolidiertem Sediment verbreitet. Die Dominanz der Mikrobialith-Algen gegenüber anderen Phytobenthos-Organismen deutet einen Vorteil ihrer Erzeuger bei der Besiedlung dieser Lebensräume an. Die aus den See-Sedimenten bekannten aufrecht stehenden Grün- und ?Rotalgen benötigten für ihre Thalli ein weicheres Substrat. Bisher sind keine entsprechenden Fossilien aus einem Milieu bekannt, in dem gleichzeitig auch Mikrobialithe existierten. In den Rotliegend-Seen des Saar-Nahe-Beckens herrschte offensichtlich Konkurrenz zwischen den thallösen und den inkrustierenden Algen um Nährstoffe und Besiedlungsraum. Nach der erhaltenen Biomasse zu urteilen, waren die Mikrobialith-Erzeuger dabei die erfolgreicheren Organismen (CLAUSING 2001).

Der Aufbau des Phytobenthos und von terrestrischen Pflanzengemeinschaften ist funktionell miteinander vergleichbar. Übereinstimmung herrscht prinzipiell bei der Konkurrenz um Licht auf verschieden organisierten Stockwerken. Identisch ist, dass Licht überwiegend von oben auf die Gemeinschaften trifft, während Nährstoffe von unten aus dem Sediment aufgenommen werden. Das bedeutet, dass einzelne Stockwerke unterschiedlich stark von Nährstoffen und Licht profitieren, insgesamt aber ein recht stabiles Gleichgewicht der Taxa besteht. Für benthische Algen, die auf Hartgründen siedeln, ist eine Aufnahme von Nährstoffen aus dem Sediment nur eingeschränkt möglich. Für sie besteht die Notwendigkeit, diese aus der Wassersäule zu beziehen. Die Fähigkeit dazu ist sowohl bei aufrecht stehenden, als auch bei flach am Boden lebenden Algen entwickelt. Die höheren Wuchsformen sind in diesem Fall jedoch sowohl bei Licht- als auch bei Nährstoffangebot im Vorteil. Diese Erkenntnisse ergeben, dass in den Rotliegend-Seen des Saar-Nahe-Beckens die Versorgung mit Nährstoffen analog zu den Rezent-Beobachtungen offenbar weitgehend aus der Wassersäule erfolgte. Die Dominanz der Mikrobialithe, die primär ein tieferes Stockwerk im Benthos repräsentieren sollten, weist aber darauf hin, dass noch weitere Faktoren für die großflächige Verbreitung von Stromatolithen und verwandten Strukturen verantwortlich waren (CLAUSING 2001). Dazu gehört u. a. die Abschätzung der Strömungsgeschwindigkeiten in den Wasserkörpern, in denen die Mikrobialithe gebildet wurden. Das Optimum für das Mikrobialith-Wachstum liegt bei 10 - 50 cm/s, was nahe am Grenzbereich zur Erosion liegt (CLAUSING 2001). Bei geringeren Strömungsgeschwindigkeiten wird die überlagernde Wasserschicht nicht durchmischt und die von den Mikrobialith-Erzeugern verbrauchten Nährstoffe werden nicht ersetzt. Höhere Strömungsgeschwindigkeiten beschränken dagegen die Immigration neuer Individuen und fördern den Export von Nährstoffen. Entsprechend steuert die Strömung auch das Gleichgewicht zwischen benthischen und planktischen Formen, indem sie Import und Export von Taxa behindert oder fördert. Sie bewirkt außerdem die Verbreitung der Taxa in den einzelnen Seen. Die betroffenen Formen dürften die verschiedenen Erzeuger von Mikrobialithen, Cyanobakterien vom Paläo-*Rivularia*-Morphotyp (DRAGASTAN et al. 1996) und Charophyten gewesen sein.

Die Verbindung zum fluviatilen Environment und die überwiegend flachen Rotliegend-Seen des Saar-Nahe-Beckens lassen auf ständige Strömung schließen. Die Mikrobialithe wurden durch limitierende Auswirkungen weniger stark betroffen, stärkere Strömungen eliminierten zuerst die thallösen Algen. Dadurch konnte sich das thallöse Phytobenthos schlechter entwickeln und trug weniger zur Bildung der fossilen Biomasse bei.

Weitere Überlegungen zur Paläolimnologie betreffen die Abschätzung der relativen Wassertiefe in den Rotliegend-Seen des Saar-Nahe-Beckens. Diese Seen sind als eutroph zu bewerten, wobei im Einzelfall sowohl hypertrophe als auch oligotrophe Phasen registriert werden können. Durch Seekreide-Bildung, Phytoplanktonblüten und die dominierend benthischen Algengemeinschaften wird der Nährstoffreichtum der Seen dokumentiert. Die Konkurrenz zwischen benthischen und planktischen Algen war im Flachwasser hoch. Da häufig Hartgründe besiedelt wurden, mussten die Benthos-Organismen Nährstoffe aus der Wassersäule beziehen und taten dies erfolgreicher als die Plankter. Die belegten Aktivitäten innerhalb des Pelagials lassen sich mit dem Aufbau der Wassermassen und der Seetiefe korrelieren. Im offenen und tieferen Wasser dominierten dagegen die Phytoplankton-Organismen.

Die geographische Lage und das Paläoklima des äquatornahen Saar-Nahe-Beckens implizieren hohe Lufttemperaturen, die auch die Wasserkörper aufheizten. Trotz geringer Temperaturspannen zwischen Epi- und Hypolimnion war die Schichtung stabil, da die

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Veränderung der Wasserdichte pro Grad Temperaturdifferenz bei hohen Temperaturen größer ist als bei niedrigen. In den Seen war eine thermische Schichtung ausgebildet und besonders die tiefen Seen waren zusätzlich durch eine morphologische oder chemische Meromixis gekennzeichnet. Bei Annahme gleichmäßig hoher Temperaturen im Tagesgang wurden meist oligomiktische Seen ausgebildet. Deren Kennzeichen ist eine vollständige, aber seltene Zirkulation, d. h. sie erreichte zwar den Seeboden, fand aber nicht notwendigerweise jedes Jahr statt. Bei im Tagesgang deutlich unterschiedlichen Temperaturen besitzen tropische Seen ein warm-polymiktisches Zirkulationsmuster. Dabei kann sehr häufig, unter Umständen täglich, eine Zirkulation erfolgen und den Seeboden erreichen, wie es in flachen Seen zu beobachten ist (CLAUSING 2001).

Die Rotliegend-Seen des Saar-Nahe-Beckens können daher als oligomiktisch klassifiziert werden, in denen temporär oder längerfristig meromiktische Verhältnisse herrschten. Besonders die tiefen Seen waren längere Zeit stabil geschichtet und konnten in dieser Zeit eine Chemokline aufbauen, die durch die anaeroben Verhältnisse im Profundal bewirkt wurde. In den flachen Seen brach diese Chemokline zusammen, wenn saisonal erhöhte Niederschläge des Monsuns die Zirkulation auslösten. In den tiefen Seen blieb jedoch die Schichtung erhalten und nur das Monimolimnion wurde ausgetauscht. Erst bei zyklisch auftretendem, stärkerem Monsun mit heftigeren Niederschlägen brach die Schichtung dann in allen tiefen Seen zusammen und die Vollzirkulation reichte bis auf die Seeböden hinab.

Die Karbonatproduktion der Rotliegend-Seen des Saar-Nahe-Beckens wird durch die charakteristischen und weit verbreiteten Stromatolithe und andere Mikrobialithe dominiert. Daneben sind als Primärproduzenten organischer Substanz Phytobenthos-Organismen ebenfalls von großer Bedeutung. Diesen gegenüber sind Phytoplankton-Organismen deutlich unterrepräsentiert.

6 Danksagung

Für die Digital-Fotografie der Mikrobialithe danke ich herzlich Ulrike Stapf (Wackernheim), für die CAD-Verbesserung der Abbildungen 2, 3 und 13 Petra Koppenhöfer (Sippersfeld), Oliver Redling (Ober-Mockstadt und Wackernheim) für die Digitalisierung der Abb. 13 sowie PD Dr. Dieter Uhl (Neustadt a. d. Weinstr., Utrecht) für die Verbesserung der Abb. 1 - 3 und 13.

7 Literaturverzeichnis

ABELL, P.I.; AWRAMIK, St.M.; OSBORNE, R.H. & TOMMELLINI, S. (1982): Plio-Pleistocene lacustrine stromatolites from Lake Turkana, Kenya: morphology, stratigraphy and stable isotopes.— Sediment. Geol., **32**: 1 – 26, 11 Abb., 2 Tab., Amsterdam

AMMON, L. VON (1910) unter Mitwirkung von O.M. REIS, M. SCHUSTER & W. KOEHNE: Erläuterungen zu dem Blatte Kusel (Nr. XX) der Geognostischen Karte des Königreiches Bayern (1 : 100 000).— 186 S. mit einem Blatte (Nr. XX) der Geognostischen Karte des Königreiches Bayern, München

ANADÓN, P. & ZAMARREÑO, Isabel (1981): Paleogene non-marine algal deposits of the Ebro Basin, northeastern Spain.— In: MONTY, Cl.L.V. (Ed.): Phanerozoic Stromatolites. Case Histories: 140 – 154, 2 Abb., 4 Taf., Berlin: Springer

ARP, G. (1995): Lacustrine bioherms, spring mounds, and marginal carbonates of the Ries-Impact-Crater (Miocene, southern Germany).— FACIES, **33**: 35 – 90, 9 Abb., 1 Tab., Taf. 8-17, Erlangen

AWRAMIK, St.M. (1992): The history and significance of stromatolites.— In: SCHIDLOWSKI, M.; GOLUBIĆ, St.; KIMBERLEY, M.M.; MCKIRDY, D.M. & TRUDINGER, P.A. (Eds.): Early Organic Evolution. Implications for Mineral and Energy Resources: 435 – 449, 2 Abb., Berlin

BARTLEY, Julie K. (1996): Actualistic taphonomy of Cyanobacteria: Implications for the Precambrian fossil record.— PALAIOS, **11**: 571 – 586, 15 Abb., Tulsa/Okla.

BAULD, J. (1984): Microbial mats in marginal marine environments: Shark Bay, Western Australia, and Spencer Gulf, South Australia.— In: COHEN, Y.; CASTENHOLZ, R.W. & HALLVORSON, Harlyn O. (Eds.): Microbial Mats: Stromatolites.— MBL Lectures in Biol.: 39 – 58, 7 fig., 5 pl., New York

BERTRAND-SARFATI, Jeannine & MONTY, Cl.L.V. (Eds., 1994): Phanerozoic Stromatolites II.— 471 S., zahlr. Abb., Dordrecht: Kluwer

BURNE, R.V. & MOORE, Linda S. (1987): Microbialites: organosedimentary deposits of benthic microbial communities.— PALAIOS, **2**: 241 – 254, 10 Abb., Tulsa/Okla.

BURNE, R.V. & MOORE, Linda S. (1993): Microatoll microbialites of Lake Clifton, Western Australia: Morphological analogues for *Cryptozoon proliferum* HALL, the first formally-named stromatolite.— FACIES, **29**: 149 – 168, 3 Abb., Taf. 24-31, Erlangen

CARASCO, B. (1989): Lacustrine sedimentation in a Permian intermontane basin: the Villé Graben (Vosges, France).— Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., **70**: 179 – 186, 4 Abb., Amsterdam

CASANOVA, J. (1986): East African rift stromatolites.— In: FROSTICK, I.E.; RENAUT, R.W.; REID, I. & TIERCELIN, J.J. (Eds.): Sedimentation in the African Rifts.— Geol. Soc., Spec. Publ., No. **25**: 201 – 210, 6 Abb., Oxford

CASANOVA, J. (1994): Stromatolites from the East African Rift: A synopsis.— In: BERTRAND-SARFATI, Jeannine & MONTY, Cl.L.V. (Eds.): Phanerozoic Stromatolites II: 193 – 226, 12 Abb., Dordrecht

CAUDWELL, Christiane (1987): Etude expérimentale de la formation de micrite et de sparite dans les stromatolites d'eau douce à *Rivularia*.— Bull. Soc. géol. France, (**8**), 3: 299 – 306, 2 Abb., 1 Taf., Paris

CAUDWELL, Christiane; LANG, J. & PASCAL, A. (2001): Lamination of swampy-rivulets *Rivularia haematites* stromatolites in a temperate climate.— Sediment. Geol., **143**: 125 – 147, Amsterdam

CHIVAS, A.R.; TORGERSEN, T. & POLACH, H.A. (1990): Growth rates and Holocene development of stromatolites from Shark Bay, western Australia.— Austral. J. Earth Sci., **37** (2): 113 – 121, 4 Abb., 2 Tab., Melbourne

CLAUSING, A. (1989): Verbreitung und lithologische Charakterisierung lakustriner Karbonat-horizonte in den Lauterecken-Schichten des Saar-Nahe-Beckens (Rotliegend; SW-Deutschland).— Mainzer geowiss. Mitt., **18**: 125 – 156, 18 Abb., 2 Tab., Mainz

CLAUSING, A. (1990): Mikrofazies lakustriner Karbonathorizonte des Saar-Nahe-Beckens (Unterperm, Rotliegend, SW-Deutschland).— FACIES, **23**: 121 – 140, 14 Abb., 1 Tab., Taf. 16-18, Erlangen

CLAUSING, A. (1992): *Phaenocompsopogon pustulatus* n. gen. n. sp., a calcareous alga from the lacustrine Rotliegend of the Saar-Nahe

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Basin (SW-Germany).— FACIES, **27**: 225 – 234, 5 Abb., Taf. 47-48, Erlangen

CLAUSING, A. (1993): Eine Bestandsaufnahme der Süßwasser-Algenflora des mitteleuropäischen Permokarbon.— In: DABER, R.; RÜFFLE, L. & WENDT, P.B. (Eds.): Pflanzen der geologischen Vergangenheit. Festschrift für Prof. W. Krutzsch: 73 – 83, 1 Abb., 1 Tab., Berlin

CLAUSING, A. (1996): Überlegungen zur organischen Produktion und Degradation in Seen des europäischen Rotliegend.— Hallesches Jb. Geowiss., B **18**: 89 – 108, 4 Abb., 1 Tab., 2 Taf., Halle (Saale)

CLAUSING, A. (1999): Palaeoenvironmental significance of the green alga *Botryococcus* in the lacustrine Rotliegend (Upper Carboniferous – Lower Permian; Germany).— Hist. Biol., **13** (2-3): 221 – 234, 2 Tab., 2 Taf., Amsterdam

CLAUSING, A. (2001): Primärproduktion und Laminationsbildung ausgewählter lakustriner Environments im Tertiär und Permokarbon Deutschlands.— Hallesches Jb. Geowiss., Reihe B, Beih. **14**, 183 S., 57 Abb., 16 Tab., 15 Taf., Halle (Saale)

CLAUSING, A.; SCHMIDT, D. & SCHINDLER, Th.(1992): Sedimentologie und Paläoökologie unterpermischer Seen in Mitteleuropa. 1. Meisenheim-See (Rotliegend; Saar-Nahe-Becken).— Mainzer geowiss. Mitt., **21**: 159 – 198, 15 Abb., Mainz

DAHANAYAKE, Kapila; GERDES, Gisela & KRUMBEIN, W.E. (1985): Stromatolites, oncolites and oolites biogenically formed in situ.— Naturwissenschaften, **72**: 513 – 518, 3 Abb., 1 Tab., Berlin

DAVAUD, E. & GIRARDCLOS, S. (2001): Recent freshwater ooids and oncoids from western Lake Geneva (Switzerland): indications of a common organically mediated origin.— J. sediment. Res., **A 71**: 423 – 429, 4 Abb., Tulsa/Okla.

Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg. 2002): Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2002. Potsdam.

DRAGASTAN, O.; GOLUBIĆ, St. & RICHTER, D.K. (1996): *Rivularia haematites*: a case of the recent versus fossil morphology. Taxonomical considerations.— Rev. Española Micropaleont., **28**: 43 – 73, Madrid

DURINGER, Ph. & GALL, J.-Cl. (1993): Les écosystèmes microbiens marqueurs des variations des niveaux lacustres en contexte de fan-deltas. Exemple du rift rhénan méridional (Europe occidental).— Geol. Rundschau, **82**: 30 – 41, 8 Abb., Berlin

DURINGER, Ph. & GALL, J.-Cl. (1994): Morphologie des constructions microbiennes en contexte de fan-delta Oligocène. Exemple du rift rhénan (Europe occidentale).— Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., **107**: 35 – 47, 8 Abb., Amsterdam

FERRIS, F.G.; THOMPSON, J.B. & BEVERIDGE, Terrance J. (1997): Modern freshwater microbialites from Kelly Lake, British Columbia, Canada.— PALAIOS, **12** (3): 213 – 219, 7 Abb., 3 Tab., Tulsa/Okla.

FLÜGEL, E. (2004): Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application.— 976 S., 330 Abb., 151 Taf. (z. T. farbig), Berlin: Springer

FLÜGEL, E. & FLÜGEL-KAHLER, Ehrentraud (1992): Phanerozoic reef evolution: basic questions and data base.— FACIES, **26**: 167 – 278, 14 Abb., Erlangen

FORST, M.H. (1996): Karbonatfazielle und paläoökologische Untersuchungen an lakustrischen Karbonathorizonten der Remigiusberg-Schichten, Saar-Nahe-Becken (oberstes Karbon; SW-Deutschland).— Diplom-Arbeit, Johannes Gutenberg-Univ., 115 S., 41 Abb., 15 Taf., Anh., Mainz (unveröff.)

FREYTET, P. (1997): Non marine Permian to Holocene algae from France and adjacent countries (part I).— Ann. Paléont. (Vertébrés-Invertébrés), **83** (4): 289 – 332, 7 Abb., 6 Taf., Paris

FREYTET, P. (1998): Non-marine, Permian to Holocene algae from France and adjacent countries. Part II.— Ann. Paléont., **84** (1): 3 – 51, 11 Abb., 15 Taf., Paris

FREYTET, P. & PLET, A. (1996): Modern freshwater microbial carbonates: The *Phormidium* stromatolites (tufa - travertine) of southeastern Burgundy (Paris Basin, France).— FACIES, **34**: 219 – 238, 6 Abb., 1 Tab., Taf. 56-58, Erlangen

FREYTET, P. & VERRECCHIA, E.P. (1998): Freshwater organisms that build stromatolites: a synopsis of biocrystallization by prokaryotic and eukaryotic algae.— Sedimentology, **45** (3): 535 – 563, 7 Abb., Oxford

FREYTET, P.; BROUTIN, J. & DURAND, M. (2000): Distribution and palaeoecology of freshwater algae and stromatolites. III. Some new forms from the Carboniferous, Permian and Triassic of France and Spain.— Ann. Paléont., **86** (4): 195 – 241, 11 Abb., 3 Tab., 5 Taf., Paris - Amsterdam

FREYTET, P.; KERP, H. & BROUTIN, J. (1996): Permian freshwater stromatolites associated with the conifer shoots *Cassinisia orobica* KERP et al. - a very peculiar type of fossilization.— Rev. Palaeobot. Palynol., **91**: 85 – 105, 6 Abb., Amsterdam

FREYTET, P.; LEBRETON, Marie-Luce & PAQUETTE, Y. (1992): The carbonates of the Permian lakes of north Massif Central.— Carbonates and Evaporites, **7** (2): 122 – 131, 7 Abb., Troy/N.Y.

FREYTET, P.; TOUTIN-MORIN, Nadège; BROUTIN, J.; DEBRIETTE, P.; DURAND, M.; EL WARTITI, M.; GAND, G.; KERP, H.; ORSZAG, F.; PAQUETTE, Y.; RONCHI, A. & SARFATI, Jeannine (1999): Palaeoecology of non-marine algae and stromatolites: Permian of France and adjacent countries.— Ann. Paléont., **85** (2): 99 – 153, 11 Abb., Paris

FRIEDMAN, G.M. (1995): Discussion and reply: Microatoll microbialites of Lake Clifton, western Australia: The morphological analogues of *Cryptozoon proliferum* HALL, the first formally-named stromatolite.— FACIES, **32**: 255 – 258, 2 Abb., Erlangen

GALLI, G. & SARTI, C. (1989): Morphology and microstructures of Holocene freshwater-stream cyanobacterial stromatolites (Villa Ghigi, Bologna, Italy).— Rev. Paléobiol., **8** (1): 39 – 49, 1 Abb., 4 Taf., Genève

GAND, G.; STAPF, K.; BROUTIN, J. & DEBRIETTE, P. (1993): The importance of silicified wood, stromatolites, and traces of conifers for the paleoecology and the stratigraphy in the Lower Permian of the northeastern Blanzy – Le Creusot Basin (Massif Central, France).— Newsletters on Stratigraphy, **28** (1): 1 – 32, 12 Abb., 6 Taf., Berlin – Stuttgart

GARBER, R.A.; LEVY, Y. & FRIEDMAN, G.M. (1987): The sedimentology of the Dead Sea.— Carbonates and Evaporites, **2** (1): 43 – 57, 15 Abb., New York

GEBHARDT, Ute; MERKEL, T. & SZABADOS, A. (2000): Karbonatsedimentation in siliziklastischen fluviatilen Abfolgen.— Freiberger Geol. Forsch.-H., Geowiss., **C 490**: 133 – 168, 9 Abb., Freiberg

GERDES, Gisela & KRUMBEIN, W.E. (1987): Biolaminated Deposits.— Lecture Notes in Earth Sci., **9**: 183 S., 43 Abb., 11 Tab., Berlin: Springer

GINSBURG, R.N. (1991): Controversies about stromatolites: vices and virtues.— In: MÜLLER, D.W.; MCKENZIE, Judith A. & WEISSERT, H. (Eds.): Controversies in Modern Geology: 25 – 36, 3 Abb., London: Academic Press

GOLUBIĆ, St. (1983): Stromatolites, fossil and recent: a case history.— In: WESTBROEK, P. & DE JONG, E. W. (Eds.): Biomineralization and Biological Metal Accumulation: 313 – 326, ?? Abb., Dordrecht

GOLUBIĆ, St. (1991): Modern stromatolites: A review.— In: RIDING, R. (Ed.): Calcareous Algae and Stromatolites: 541 – 561, 2 Taf., Berlin

GOLUBIĆ, St., KOMAREK, J. & LHOTSKY, O. (1985): Cyanophyta (Cyanobacteria) morphology, taxonomy, ecology.— Algological Studies, **38/39**: 386 S., Stuttgart: Schweizerbart

GOLUBIĆ, St.; SEONG-JOO, L. & BROWNE, K.M. (2000): Cyanobacteria: architects of sedimentary structures.— In: RIDING, R.E. & AWRAMIK, ST.M. (Eds.): Microbial Sediments: 57 – 67, 5 Abb., Berlin

GREUTER, W.; MCNEILL, J.; BARRIE, F.R.; BURDET, H.-M.; DEMOULIN, V.; FILGUEIRAS, T.S.; NICOLSON, D.H.; SILVA, P.C.; SKOG, J.E.; TREHANE, P.; TURLAND, N.J. & HAWKSWORTH, D.L. (Eds., 2000): International Code of Botanical Nomenclature (Saint Louis Code).— Adopted by the 16th Int. Botanical Congress St Louis, Missouri July – August 1999 and published under the auspices of the Int. Assoc. for Plant Taxonomy, XVIII u. 474 S., Königstein: Koeltz

GREY, Kathleen (1989): Handbook for the study of stromatolites and associated structures (second draft).— Stromatolite Newsl., No.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

14: 82 – 171, 19 Abb., Canberra/Austral.

GROTZINGER, J.P. & ROTHMAN, D.H. (1996): An abiotic model for stromatolite morphogenesis.— Nature, **383**: 423 – 425, 2 Abb., London

GÜMBEL, C.W. VON (1894): Geologie von Bayern. Zweiter Band: Geologische Beschreibung von Bayern.— 1184 S., Cassel: Fischer

HABICHT, H. (1953): Stratigraphische und fazielle Untersuchungen im Bereich der Lemberg- und Obermoscheler Kuppeln (Nordost-Pfalz).— Z. deutsch. geol. Ges., **104** f. 1952: 379 – 421, 5 Abb., Hannover

KEMPE, St.; KAZMIERCZAK, J.; LANDMANN, G.; KONUK, T.; REIMER, A. & LIPP, A. (1991): Largest known microbialites discovered in Lake Van, Turkey.— Nature, **349**: 605 – 608, 4 Abb., London

KENNARD, J.M. (1994): Thrombolites and stromatolites within shale-carbonate cycles, Middle – Late Cambrian Shannon Formation, Amadeus Basin, central Australia.— In: BERTRAND-SARFATI, Jeannine & MONTY, Cl.L.V. (Eds.): Phanerozoic Stromatolites II: 443 – 471, 13 Abb., Dordrecht

KENNARD, J.M. & JAMES, N.P. (1986): Thrombolites and stromatolites: two distinct types of microbial structures.— PALAIOS, **1**: 492 – 503, 8 Abb., Tulsa/Okla.

KIESSLING, W.; FLÜGEL, E. & GOLONKA, J. (Eds., 2002): Phanerozoic Reef Patterns.— SEPM, Spec. Publ. No. **72**: 775 S., zahlr. Abb., Tulsa/Okla.

KOWALCZYK, G. (1983): Das Rotliegende zwischen Taunus und Spessart.— Geol. Abh. Hessen, **84**: 99 S., 48 Abb., 2 Tab., 8 Taf., Wiesbaden

LEINFELDER, R.R. (1985): Cyanophyte calcification morphotypes and depositional environments (Alenquer oncolite, Upper Kimmeridgian?, Portugal).— FACIES, **12**: 253 – 274, 3 Abb., 2 Tab., 2 Taf., Erlangen

MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M. & PARKER, J. (Eds., 1997): Brock Biology of Microorganisms.— 8. Aufl., 986 S., zahlr. Abb., New Jersey/N.J.: Prentice Hall

MARELL, D. (1989): Das Rotliegende zwischen Odenwald und Taunus.— Geol. Abh. Hessen, **89**: 128 S., 57 Abb., 2 Tab., Wiesbaden

MERZ, Martina U.E. (1992): The biology of carbonate precipitation by cyanobacteria.— FACIES, **26**: 81 – 102, 7 Abb., 2 Tab., Taf. 19-20, Erlangen

MERZ, Martina U.E. & ZANKL, H. (1993): The influence of culture conditions on growth and sheath development of calcifying cyanobacteria.— FACIES, **29**: 75 – 80, 1 Tab., Taf. 14, Erlangen

MONTY, Cl.L.V. (Ed., 1981): Phanerozoic Stromatolites. Case Histories.— 249 S., 121 Abb., 10 Taf., Berlin: Springer

MOORE, Linda S. & BURNE, R.V. (1994): The Modern thrombolites of Lake Clifton, western Australia.— In: BERTRAND-SARFATI, Jeannine & MONTY, Cl.L.V. (Eds.): Phanerozoic Stromatolites II: 3 – 29, 8 Abb., Dordrecht

MOORE, Linda S.; KNOTT, B. & STANLEY, N. (1984): The stromatolites of Lake Clifton, western Australia.— Search, **14**: 309 – 314, 5 Abb., Sydney

OBENLÜNESCHLOSS, J. (1991): Biologie und Ökologie von drei rezenten Süßwasser-Rivularien (Cyanobakterien) - Übertragbarkeit artspezifischer Verkalkungsstrukturen auf fossile Formen.— Göttinger Arb. Geol. u. Paläont., **50**: 86 S., 25 Abb., 41 Tab., 9 Taf., Göttingen

OSBORNE, R.H.; LICARI, G.R. & LINK, M.H. (1982): Modern lacustrine stromatolites, Walker Lake, Nevada.— Sediment. Geol., **32**: 39 – 61, 8 Abb., Amsterdam

PENIGUEL, G.; COUDERC, R. & SEYVE, C. (1989): Les microalgues actuelles et fossiles - intérêts stratigraphique et pétrolier.— Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine, **13**: 455 – 482, 5 Abb., 2 Tab., 9 Taf., Boussens

PERYT, T.M. (1980): Structure of '*Sphaerocodium kokeni* WAGNER', a *Girvanella* oncoid from the Upper Muschelkalk (Middle Triassic) of Württemberg, SW-Germany.— N. Jb. Geol. Paläont., Mh., Jg. 1980: 293 – 302, Stuttgart

PIERSON, B.K.; BAULD, J.; CASTENHOLZ, R.W.; D'AMELIO, E.; DES MARAIS, D.J.; FARMER, J.D.; GROTZINGER, J.P.; JØRGENSEN, B.B.; NELSON, D.C.; PALMISANO, A.C.; SCHOPF, J.W.; SUMMONS, R.E.; WALTER, M.R. & WARD, D.M. (1992): Modern mat-building microbial communities: a key to the interpretation of Proterozoic stromatolitic communities.— In: SCHOPF, J.W. & KLEIN, C. (Eds.): The Proterozoic Biosphere. A Multidisciplinary Study: 245 – 342, zahlr. Abb., Cambridge/UK: Cambridge Univ. Press

REID, R.Pamela; JAMES, N.P.; MACINTYRE, I.G.; DUPRAZ, Chr.P. & BURNE, R.V. (2003): Shark Bay stromatolites: microfabrics and reinterpretation of origins.— FACIES, **49**: 299 – 324, 4 Abb., 1 Tab., Taf. 45-53, Erlangen

REIS, O.M. (1903): Ueber Stylolithen, Dutenmergel und Landschaftenkalk (Anthracolith zum Theil).— Geognost. Jh., **15**. Jg. f. 1902; 157 – 279, Taf. 2 – 5, München

REIS, O.M. (1921): Erläuterungen zu dem Blatte Donnersberg (Nr. XXI) der Geognostischen Karte von Bayern (1 : 100 000).— 320 S., mit einem Blatte (Nr. XXI) der Geognostischen Karte von Bayern (1 : 100 000), München

RIDING, R. (1991a): Classification of microbial carbonates.— In: RIDING, R. (Ed.): Calcareous Algae and Stromatolites: 21 – 51, 11 Abb., Berlin

RIDING, R. (1991b): Calcified cyanobacteria.— In: RIDING, R. (Ed.): Calcareous Algae and Stromatolites: 55 – 87, 15 Abb., Berlin

RIDING, R. (1999): The term stromatolite: towards an essential definition.— Lethaia, **32** (4): 321 – 330, 4 Abb., Oslo

RIDING, R. (2000): Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial-algal mats and biofilms.— Sedimentology, **47** (Suppl. 1): 179 – 214, 21 Abb., Oxford

RIDING, R. (2002): Structure and composition of organic reefs and carbonate mud mounds: concepts and categories.— Earth-Sci. Rev., **58**: 163 – 231, 37 Abb., Amsterdam

RIDING, R.E. & AWRAMIK, St.M. (Eds., 2000): Microbial Sediments.— 331 S., 152 Abb., 13 Taf., Berlin: Springer

RIDING, R.; AWRAMIK, St.M.; WINSBOROUGH, Barbara M.; GRIFFIN, K.M. & DILL, R.F. (1991): Bahamian giant stromatolites: microbial composition of surface mats.— Geol. Mag., **128** (3): 227 – 234, 8 Abb., Cambridge

SCHÄFER, A. (1972): Petrographische und stratigraphische Untersuchungen an den rezenten Sedimenten des Untersees/Bodensee.— N. Jb. Miner., Abh., **117** (2): 117 – 142, 3 Abb., 4 Kt., 2 Taf. im Anhang, Stuttgart

SCHÄFER, A. (1973): Zur Entstehung von Seekreide - Untersuchungen am Untersee (Bodensee).— N. Jb. Geol. Paläont., Mh., Jg. 1973: 216 – 230, 6 Abb., Stuttgart

SCHÄFER, A. & STAPF, K.R.G. (1978): Permian Saar-Nahe Basin and Recent Lake Constance (Germany): Two environments of lacustrine algal carbonates.— In: MATTER, A. & TUCKER, M.E. (Eds.): Modern and Ancient Lake Sediments.— Int. Assoc. Sedimentologists, Spec. Publ., No. **2**: 83 – 107, 22 Abb., Oxford

SHAPIRO, R.S. (2000): A comment on the systematic confusion of thrombolites.— PALAIOS, **15**: 166 – 169, 4 Abb., Tulsa/Okla.

STAPF, K.R.G. (1970): Lithologische Untersuchung der Altenglaner Schichten im saarpfälzischen Unterrotliegenden mit besonderer Berücksichtigung der Karbonatgesteine.— Diss., Johannes Gutenberg-Univ., 231 S., 52 Abb., 15 Tab., 22 Profiltaf., 1 geol. Kt. 1 : 50 000 im Anhang, Mainz

STAPF, K.R.G. (1989): Biogene fluvio-lakustrine Sedimentation im Rotliegend des permokarbonen Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland).— FACIES, **20**: 169 – 198, 8 Abb., 2 Taf., Erlangen

STAPF, K.R.G. (1997): The Lower Permian Rotliegend stromatolites from the Saar-Nahe Basin (SW-Germany) are undoubtedly biogenic buildups.— IAS-ASF-IGCP 380 Int. Workshop on „Microbial Mediation in Carbonate Diagenesis" Chichilianne 22. – 24.09.1997, Abstract Book, Publ. ASF, No. **26**: 71 – 72, Paris

STAPF, K.R.G. (1998a): Erhaltung zarter Cyanobakterien-Strukturen in lakustrinen Kalksteinen durch schnelle Tuff-Überdeckung und anschließende frühdiagenetische Silifizierung (Jakobsweiler Kalkstein, Nahe-Gruppe, Rotliegend, Saar-Nahe-Becken,

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

SW-Deutschland).— Mainzer naturwiss. Arch., Beih. Nr. **21** (Karlheinz Rothausen-Festschrift): 45 – 56, 8 Abb., Mainz

STAPF, K.R.G. (1998b): Lakustrine und biogene Sedimentation im kontinentalen Unter-Perm Mittel- und Westeuropas.— Habilitationsschrift, 79 S., 19 Abb., Anlagen, Mainz

STAPF, K.R.G. (2001a): Die Altenglaner Kalksteine (Altenglan-Formation) des Rotliegend im Saar-Nahe-Becken (SW-Deutschland) - exzellente, früher unter Tage abgebaute Leitbänke.— POLLICHIA-Buch, Nr. **41**: 75 S., 17 Abb., 3 Tab., Anhang mit 22 Profiltaf. und Abb. 18 (farbige geol. Kt. 1 : 100 000) in Tasche, Bad Dürkheim

STAPF, K.R.G. (2001b): Mikrofazies und Geochemie der Altenglaner Kalksteine (Altenglan-Formation, Rotliegend, Saar-Nahe-Becken, SW-Deutschland).— Mitt. POLLICHIA, **88**: 7 – 113, 23 Abb., 14 Tab., Bad Dürkheim

STAPF, K.R.G. (2003): Paläoböden im Rotliegend am Nordwestrand des Saar-Nahe-Beckens, SW-Deutschland.— Mitt. POLLICHIA, **90**: 61 – 120, 23 Abb., Bad Dürkheim

STAPF, K. & GAND, G. (1994): The stromatolites from the Lower Permian of Montceau-les-Mines.— In: POPLIN, Cécile & HEYLER, D. (Dir.): Quand le Massif central était sous l'équateur. Un écosystème carbonifère à Montceau-les-Mines.— Mém. Section des Sciences, Comité des Travaux historiques et scient., **12**: 87 – 92, 3 Abb., Paris

STRACCIA, F.G.; WILKINSON, B.H. & SMITH, G.R. (1990): Miocene lacustrine algal reefs - southwestern Snake River Plain, Idaho.— Sediment. Geol., **67**: 7 – 23, 8 Abb., Amsterdam

SZULC, J. & SMYK, B. (1994): Bacterially controlled calcification of freshwater *Schizothrix*-stromatolites: An example from the Pieniny Mountains, southern Poland.— In: BERTRAND-SARFATI, Jeannine & MONTY, CL.L.V. (Eds.): Phanerozoic Stromatolites II: 31 – 51, 10 Abb., Dordrecht

TIERCELIN, J.-J. & VINCENS, Annie (Coord., 1987): Le demi-graben de Baringo-Bogoria, Rift Gregory, Kenya. 30 000 ans d'histoire hydrologique et sédimentaire.— Bull. Centres Rech. Explor.- Prod. Elf-Aquitaine, **11** (2): 249 – 540, 105 Abb., 17 Tab., 36 Taf., Pau

TRUNKÓ, L. & MUNK, W. (1990): Makrofloren aus dem Unterrotliegenden (Unterperm) von Alsenz bei Bad Kreuznach/Rheinland-Pfalz.— Carolinea, **48**: 21 – 30, 6 Abb., 2 Taf., Karlsruhe

TRUSWELL, J.F. & ERIKSSON, K.A. (1972): The morphology of stromatolites from the Transvaal dolomite north-west of Johannesburg, South Africa.— Transactions geol. Soc. South Africa, **75** (2): 99 – 110, 2 Abb., 31 Bilder, 2 Tab., Johannesburg

VERRECCHIA, E.P.; FREYTET, P.; JULIEN, J. & BALTZER, F. (1997): The unusual hydrodynamical behaviour of freshwater oncolites.— Sediment. Geol., **113**: 225 – 243, ?? Abb., Amsterdam

VOGEL, K. (1963): Riff, Bioherm, Biostrom - Versuch einer Begriffserklärung.— N. Jb. Geol. Paläont., Mh., Jg. 1963: 680 – 688, 1 Abb., Stuttgart

WALTER, M.R. (1994): Stromatolites: The main geological information on the evolution of the early benthos.— In: BENGTSON, ST. (Ed.): Early Life on Earth.- Nobel-Symposium, **84**: 270 – 286, New York: Columbia Univ. Press

WALTER, M.R.; GROTZINGER, J.P. & SCHOPF, J.W. (1992): Proterozoic stromatolites.— In: SCHOPF, J.W. & KLEIN, C. (Eds., 1992): The Proterozoic Biosphere. A Multidisciplinary Study: 253 – 260, 3 Abb., Cambridge/UK

WINSBOROUGH, Barbara M.; SEELER, J.-S.; GOLUBIĆ, St.; FOLK, R.L. & MAGUIRE, Jr. B. (1994): Recent fresh-water lacustrine stromatolites, stromatolitic mats and oncoids from northeastern Mexico.— In: BERTRAND-SARFATI, Jeannine & MONTY, Cl.L.V. (Eds.): Phanerozoic Stromatolites II: 71 – 100, 11 Abb., Dordrecht

WRAY, J.L. (1977): Calcareous Algae.— Developments in Paleontology and Stratigraphy, **4**: 185 S., 170 Abb., 8 Tab., Amsterdam: Elsevier

ZAMARREÑO, Isabel; ANADÓN, P. & UTRILLA, R. (1997): Sedimentology and isotopic composition of Upper Palaeocene to Eocene non-marine stromatolites, eastern Ebro Basin, NE Spain.— Sedimentology, **44**: 159 – 176, 11 Abb., Oxford

Anschrift des Autors:

PD Dr. habil. Karl Stapf
Kleine Hohl 37
D-55263 Wackernheim bei Mainz
E-mail: karl.stapf@web.de

Eingang des Manuskripts bei der Schriftleitung:
08.04.2005

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 2005

Band/Volume: 91

Autor(en)/Author(s): Stapf Karl R. G.

Artikel/Article: Stromatolithe und andere Mikrobialithe sowie Kalkalgen im Rotliegend (Permo-Silesium) des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland) 21-40