



Hexactinellide Schwämme aus der phosphoritischen Kalksteinfazies der Numismalismergel-Formation bei Pavelsbach/Oberpfalz (Pliensbachium)

Hexactinellid sponges from the phosphoritic limestone facies of the Numismalismergel Formation near Pavelsbach/Upper Palatinate (Pliensbachian)

VON GERNOT ARP¹ 



¹Georg-August-Universität Göttingen, Geowissenschaftliches Zentrum, Goldschmidtstraße 3, D-37077 Göttingen; E-Mail: garp@gwdg.de

Geologische Blätter, 2023, 71, 3

ARP, G. 2023: Hexactinellide Schwämme aus der phosphoritischen Kalksteinfazies der Numismalismergel-Formation bei Pavelsbach/Oberpfalz (Pliensbachium). — Geologische Blätter, 71, 20 S., 5 Abb., 1 Tab.; Erlangen; doi:10.23689/fgdgeo-5811

Manuscript submitted: 6. January, 2023, manuscript accepted: 2. October, 2023

Copyright: © 2023 by the author(s). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons

Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Kurzfassung: Ein trichterförmiger hexactinellider Schwamm von 18 cm Durchmesser wird aus einer phosphoritischen Kalksteinbank der tieferen Numismalismergel-Formation exemplarisch für die dort häufigen Hexactinellida beschrieben. Hexactine sind auch in weiteren Lagen dieser hier nur 1,5 m mächtigen Formation nachweisbar und generell in der »phosphoritischen Kalksteinfazies« der fränkischen Numismalismergel-Formation weit verbreitet. Ihr häufiges Vorkommen wird als Hinweis auf einen erhöhten Meeresspiegel und eine verstärkte Nährstoffzufuhr über tethyale Ozeanwässer aus dem Südwesten gewertet. Eine von Südwesten nach Nordosten gerichtete Bodenwasserströmung wird zudem durch die Einsteuerung von Belemnitenrostren eines Horizontes in der Mitte der Formation belegt.

▪ **Schlüsselwörter:** *Schwarzjura-Gruppe, Numismalismergel-Formation, Unterjura, Hexactinellida, Schwämme, Fränkische Alb*

Abstract: A funnel-shaped hexactinellid sponge of 18 cm diameter is described from a phosphoritic limestone bed of the lower Numismalismergel Formation, exemplary for the Hexactinellida common there. Hexactines can also be found in other layers of this formation, which is here only 1.5 m thick, and are generally widespread in the »phosphoritic limestone facies« of the Franconian Numismalismergel Formation. Their frequent occurrence is interpreted as an indication of a high sea level and an increased nutrient supply via ocean waters from the Tethys in the southwest. A seawater bottom current directed from southwest to northeast is also evidenced by current-aligned belemnite rostra of a horizon in the middle of the formation.

▪ **Keywords:** *Schwarzjura Group, Numismalismergel Formation, Lower Jurassic, Hexactinellida, sponges, Franconian Alb*

1. Einleitung

Hexactinellide Schwämme sind in heutigen Ozeanen, von wenigen Ausnahmen in kühleren Meeresbereichen abgesehen, Bewohner der Tiefsee (VAN SOEST et al. 2012; FLÜGEL 2010). Wenngleich eine direkte aktualistische Übertragung dieses Verbreitungsmusters auf fossile Ablagerungen nicht möglich ist, gelten hexactinellide Schwämme als gutes biofazielles Kriterium für einen tieferen Ablagerungsraum (REID 1968) unterhalb der photischen Zone (WIEDENMAYER 1980: 77).

Aus dem süddeutschen Jura sind hexactinellide Schwämme vor allem aus der oberjurassischen Weißjura-Gruppe bekannt. Sie sind dort nicht nur weit verbreitet, sondern sind vielfach in Form von Schwamm-Mikrobialith-Riffen gesteinsbildend (WAGENPLAST 1972; KEUPP et al. 1990). Ihre Aussagekraft hinsichtlich Wassertiefen und Ablagerungsraum wurde zusammen mit der Bedeutung der mikrobiellen Krusten ausführlich untersucht und diskutiert (WENDT 1980, KEUPP et al. 1990, 1993).

Aus den Formationen der unter- und mitteljurassischen Schwarzjura- und Braunjura-Gruppe Süddeutschlands wurden dagegen bis dato nur vereinzelt hexactinellide Schwämme beschrieben (z.B. aus dem Parkinsonien-Oolith Sengenthal: FRANZ & MÜLLER 1988, KÄSTLE 1990; Humphriesianum-Oolith Fuchsberg/Neumarkt: ARP 2001), obwohl sie zumindest in der Numismalimergel-Formation des Amberger Raumes durchaus häufig vorkommen (GERNDT 2000; ARP et al. 2017). Diese Formationen wurden in der Vergangenheit aufgrund ihrer geringen Mächtigkeit, ihrer sedimentologischen Kondensation und ihres Fossilreichtums oft als flachmarine Ablagerungen gedeutet (KRUMBECK 1936; MEYER & SCHMIDT-KALER 1996; KÄSTLE 1990; MEYER & SCHMIDT-KALER 1983).

Im Gegensatz zu den Ablagerungen des süddeutschen Unter- und Mitteljuras treten hexactinellide Schwämme häufiger in zeitgleichen Karbonaten der Tethys auf, so in den Tiefschwellenkalken von Adnet und der Steinplatte (DELECAT & REITNER 2005) und der absinkenden Trento-Plattform (KRAUTTER 1996). Ferner wurden sie auch aus dem Unterjura von Marokko beschrieben, wo sie ausgeprägte Spongiolithe bilden (DU DRESNAY et al. 1978; MILHI 1992; NEUWEILER et al. 2001). Aus den nördlich angrenzenden epikontinentalen Meeresbereichen sind dagegen »Schwamm-dominierte, unterjurassische Gesteine [...] bis heute nicht bekannt geworden« (KRAUTTER 1996: 302), nur Reste einzelner hexactinellider Schwämme (TERMIER et al. 1990).

In der vorliegenden Arbeit wird nun ein Vorkommen gut erhaltener hexactinellider Schwämme aus der phosphoritischen Kalksteinfazies der Numismalimergel-Formation (Pliensbachium) der Frankenalb be-

schrieben und seine Bedeutung für die Interpretation des Ablagerungsraumes in diesem Teil des NW-Europäischen Epikontinentalmeeres diskutiert.

2. Geographische Lage und geologischer Überblick

Das untersuchte Profil »Pavelsbach-SW« liegt etwa 28 km südöstlich von Nürnberg und 6 km nördlich von Freystadt an der Grenze der Gemeinden Postbauer-Heng und Freystadt (Blatt 6733 Allersberg, R 4451147, H 5457574 bis R 4451203, H 5457605; 430-432 m ü. NN; **Abb. 1**). Das vor-

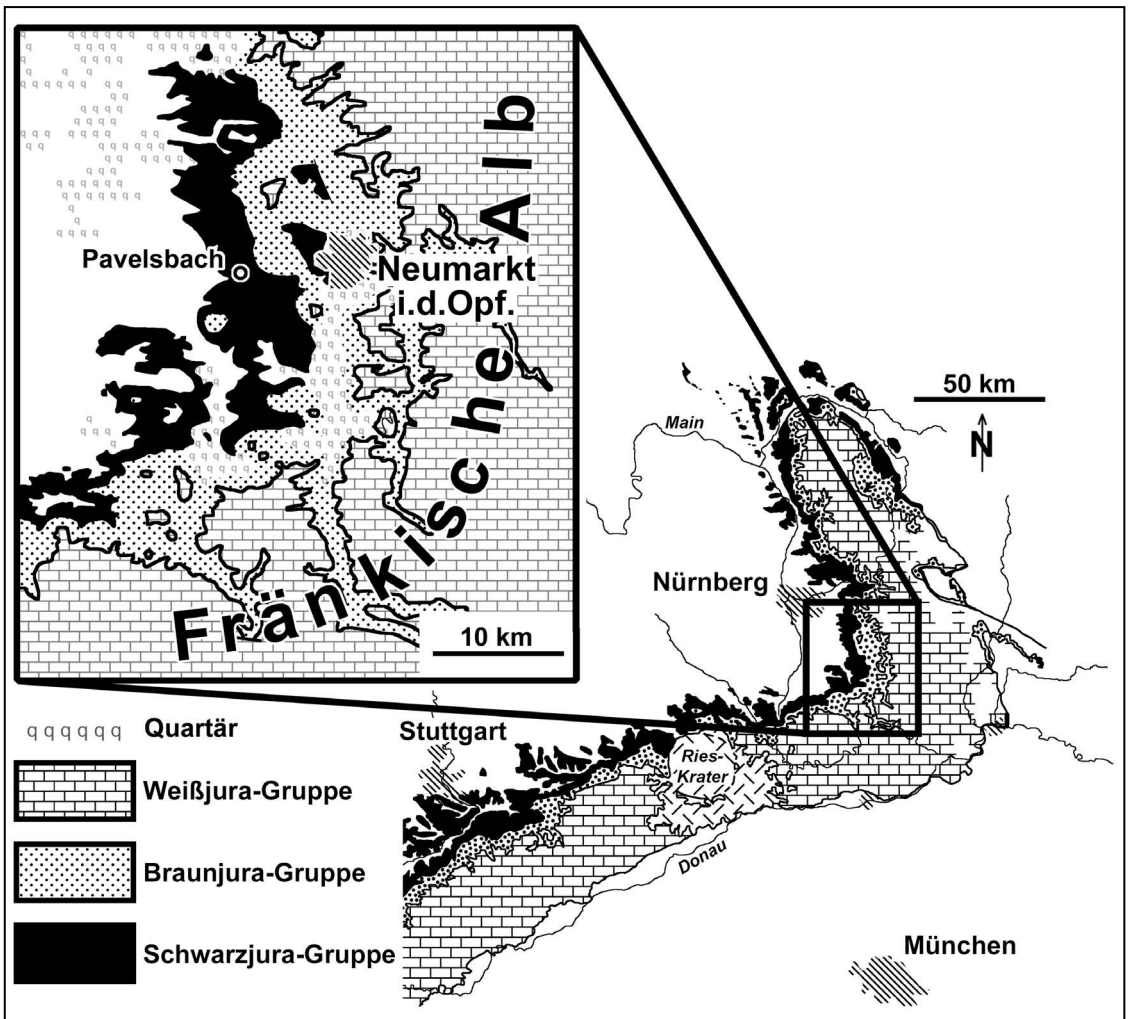


Abb. 1: Geologische Übersichtskarte mit Lage des untersuchten Profils Pavelsbach-SW bei Neumarkt i.d.Opf., Nordbayern.

Fig. 1: Simplified geological map with location of the investigated section Pavelsbach-SW near Neumarkt i.d.Opf., Northern Bavaria.

liegende Profil wurde in einem Entwässerungsgraben am Südrand eines neu angelegten Flugfeldes (Flugfreunde Pavelsbach e.V.) aufgenommen. Die untersuchte Lokalität liegt im Lias-Vorland der Mittleren Frankenalb des Süddeutschen Schichtstufenlandes.

In dieser Gegend liegen unterjurassische Ablagerungen der Schwarzjura-Gruppe diskordant der Trossingen-Formation (»Feuerletten«) der Obertrias, Norium, auf. Ablagerungen des Rhäts fehlen. Fluviale Arkosen der tiefsten Schwarzjura-Gruppe (Bayreuth-Formation, Hettangium), wenige 100 m weiter östlich noch mit mehreren Metern Mächtigkeit vertreten, keilen nach der geologischen Kartierung im Bereich des untersuchten Profils aus (BERGER et al. 1969). In den Bohrungen bei Mönning sind sie dagegen noch mit maximal 1.5 m nachweisbar (BIRZER 1958; BERGER et al. 1969).

Die etwa 1 m mächtige, marine Gryphaeensandstein-Formation (»Arietensandstein«) transgrediert über den Resten dieser ersten, fluvialen Unterjura-Ablagerungen. Darüber folgt eine nur 1,5 m mächtige Numismalmergel-Formation (**Abb. 2**), sowie die 31 m mächtige Amaltheenton-Formation (BERGER et al. 1969), eine 3,5 m mächtige Posidonienschiefer-Formation (SCHMIDT 1926, REUTER 1927, KOLB in LAHNER & STAHL 1969), sowie eine nur lückenhaft bekannte, geringmächtige Jurensismergel-Formation (ca. 1,3 m oder mehr; KRUMBECK 1943; KOLB in LAHNER & STAHL 1969) als Abschluss der Schwarzjura-Gruppe. Dem sehr flachen Gelände am Untersuchungsort lagert stellenweise etwas umgelagerter pleistozäner Restschutt aus Quarzkieseln, Hornsteinen und Limonitsandsteinschwarten auf (BERGER et al. 1969). Natürliche Aufschlüsse fehlen.

3. Material und Methoden

Die Profilaufnahme und Probennahme erfolgte auf etwa 240 m Länge in dem bis 1 m tiefen Entwässerungsgraben am 11.05., 19.05. und 12.07.2018, mit Ergänzungen am 26.10.2018. Die Schichten liegen nahezu söhlig (BERGER et al. 1969). Von 14 Proben sowie einem Schwamm wurden jeweils 80 µm dicker Dünnschliff in der Größe 5 × 7,5 cm oder 7,5 × 10 cm angefertigt. Die photographische Dokumentation der mikroskopischen Befunde wurde an einem Zeiss Stemi 2000 Stereomikroskop mit digitaler Kamera durchgeführt.

Das Belegmaterial befindet sich im Museum und Sammlung des Geowissenschaftlichen Zentrums der Universität Göttingen unter der Nummer GZG.INV.70629 – GZG.INV.70636. Alle in dieser Publikation verwendeten Daten sowie Geländeaufnahmen sind auf dem Göttingen Research Online Data Repository hinterlegt (<https://doi.org/10.25625/WTTJXQ>).

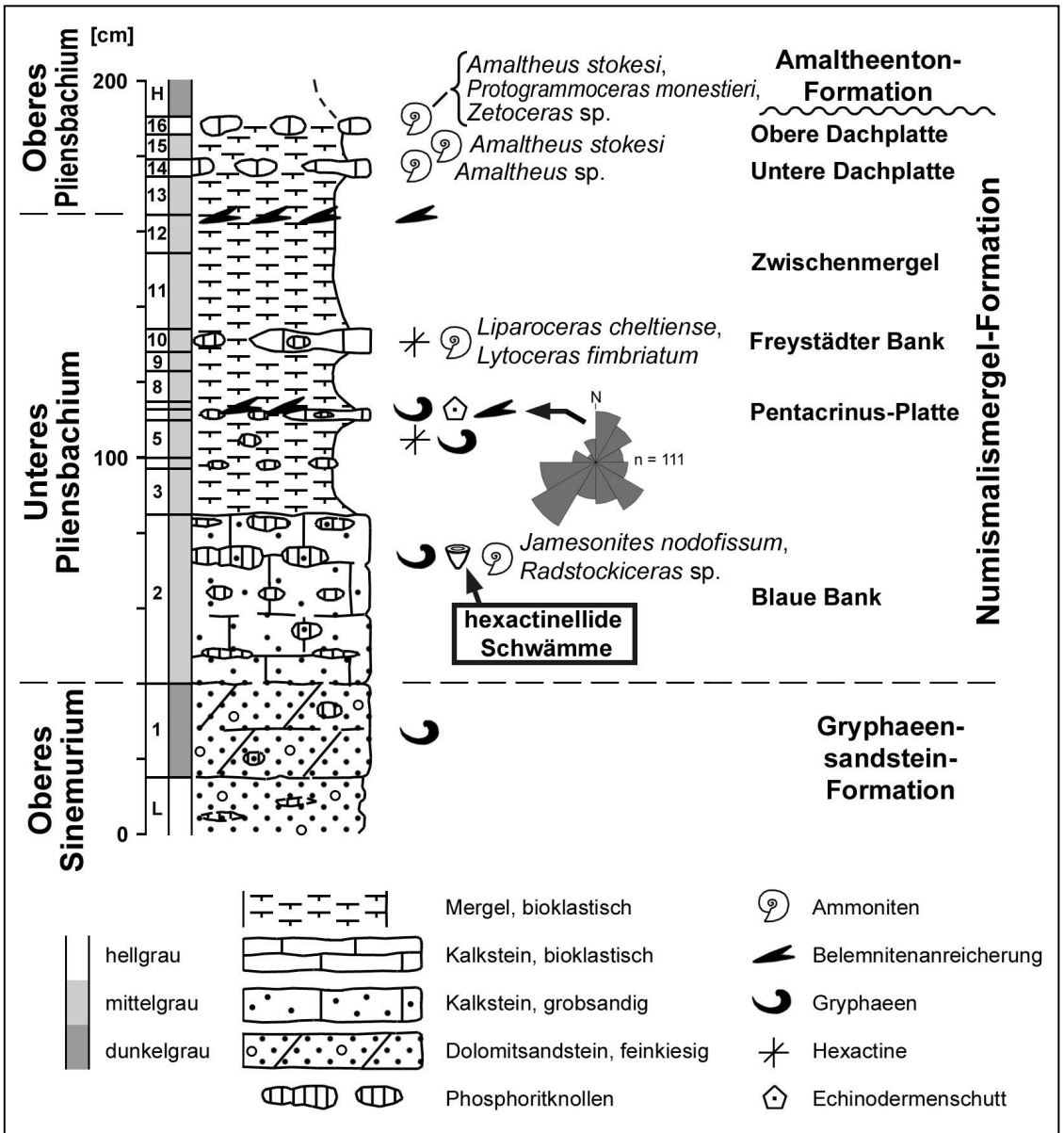


Abb. 2: Säulenprofil der Numismalismergel-Formation bei Pavelsbach mit Fundhorizont der hexactinelliden Schwämme. Die Richtungsrose zeigt die Einsteuerung der Belemnitenrostren in Schicht 6. Man beachte die Diskontinuität an der Obergrenze der Numismalismergel-Formation.

Fig. 2: Columnar section of the Numismalismergel Formation at Pavelsbach, with the finding horizon of hexactinellid sponges. The rose diagram indicates the current alignment of belemnite rostra in bed 6. Note the discontinuity at the top of the Numismalismergel Formation.

4. Ergebnisse

4.1. Lithologische Profilbeschreibung

Eine graphische Darstellung des untersuchten Profiles wird in **Abb. 2** gegeben.

Hangendes: dunkelbrauner bis schwarzer humoser Boden, mit geringen Anteilen an gerundetem Quarzfeinkies.

Schicht 16: 4-5 cm gelbbraun angewitterte, mittelgraue Mikritknollen, mit einzelnen Belemniten; Steinkernfragmente von *Amaltheus stokesi* (Sowerby) und *Zetoceras* sp.; ein Kalksteinkern eines *Protogrammoce- ras monestieri* Fischer (**Abb. 3A**); Mikrofazies: bioturbater bioklastischer Wackestone, mit zahlreichen winzigen Echinidenstacheln.

Schicht 15: 5-10 cm gelbbraun durchgewitterter, plastischer Mergel; ein Steinkernfragment von *Amaltheus stokesi* (Sowerby).

Schicht 14: 5 cm gelbbraun angewitterte, mittelgraue Mikritknollen, mit einzelnen Belemniten; ein fragmentarischer Steinkern von *Lytoceras* sp.; ein juveniler *Amaltheus* sp.; Mikrofazies: bioturbater bioklastischer Wackestone, mit zahlreichen winzigen Echinidenstacheln.

Schicht 13: 10 cm gelbbraun durchgewitterter, geschichteter Mergel.

Schicht 12: 10 cm mittelgrauer, schlecht geschichteter Mergel voll Schalen- grus; mit unregelmäßig eingelagerten Belemniten; an der Oberseite Lage mit beidseitig korrodierten Belemniten; *Plicatula* sp.

Schicht 11: 20 cm gelbbraun durchgewitterter, geschichteter Mergel; unterste 5 cm mit einzelnen Phosphoritknollen und reich an Schalen- grus und *Parainoceramus* sp.; einzelne Exemplare von *Pleuromya* sp. und *Pseudopecten equivalvis* (Sowerby).

Schicht 10: 5-7 cm mittelgraue, dichte Mikritbank mit weißgrauen Phos- phoritknollen, Schwammnadeln und grünlichen Glaukonitschlieren; oberste 2 cm häufig mit *Parainoceramus*; *Lytoceras fimbriatum* (Sower- by) (**Abb. 3B**), *Liparoceras cheltiense* (Murchison), *Cenoceras* sp.; sehr häufig Belemniten (u. a. *Passaloteuthis*); *Pseudopecten equivalvis* (So- werby); *Entolium lunare* (Roemer 1839); *Chlamys* sp., *Ptychomphalus expansus* (Sowerby); die Bank keilt nach W aus und ist dort nur noch durch eine Phosphoritknollenlage in bioklastischem Mergel mit *Lipa- roceras* sp. und *Lytoceras fimbriatum* (Sowerby) vertreten; Mikrofazies: bioturbater bioklastischer Wackestone, mit Foraminiferen, einzelnen Glaukonitkörnern sowie im Phosphorit erhaltenen Hexactinen.

Schicht 9: 5 cm gelbbraun durchgewitterter, geschichteter Mergel; ein Windungsfragment eines großen *Lytoceras*-Kalksteinkernes; Mikrofa- zies: bioturbater bioklastischer Wackestone, mit Foraminiferen, einzel- nen Glaukonitkörnern sowie im Phosphorit erhaltenen Hexactinen.

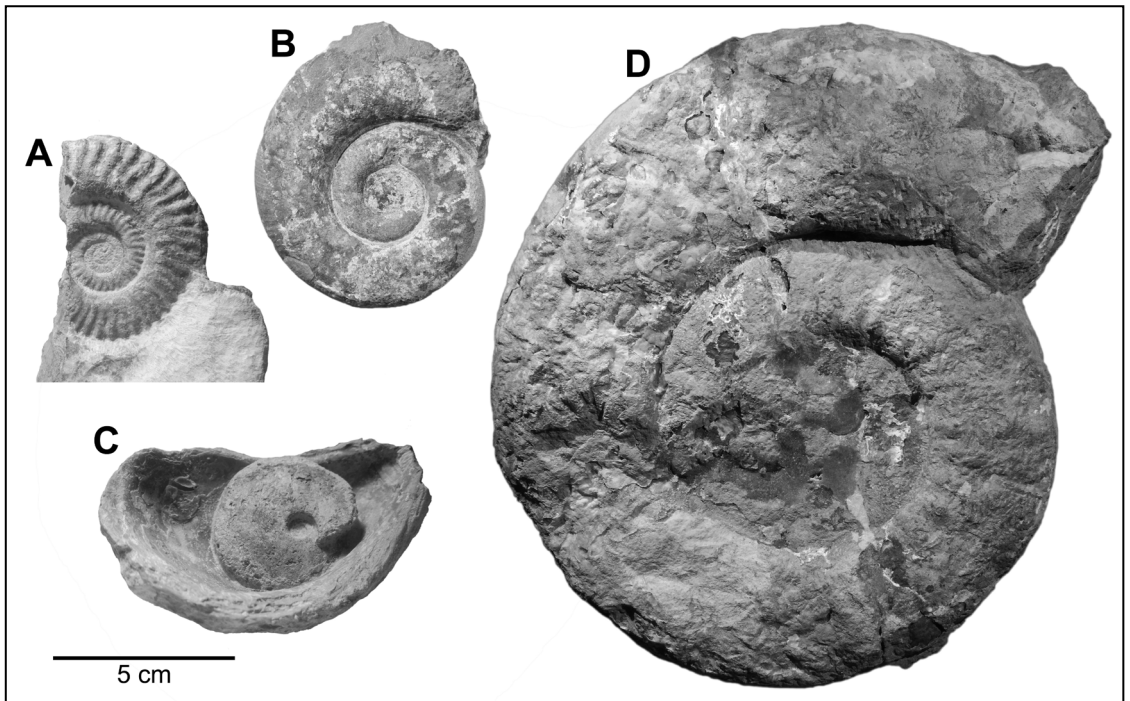


Abb. 3: Ammoniten aus der Numismalmisergel-Formation des Profils Pavelsbach-SW. A. *Protogrammoceras monestieri* Fischer, Schicht 16, Stokesi-Subzone. GZG.INV.70634: D = 58 mm, Nw = 25 mm, Wh = 19 mm, Wb = 12 mm. B. *Lytoceras fimbriatum* (Sowerby), Schicht 10, höhere Ibex-Zone. GZG.INV.70632: D = 76 mm, Nw = 32,5 mm, Wh = 25,5 mm, Wb = (20) mm. C. *Tragophylloceras* cf. *loscombi* (Sowerby) in einer Gryphaeen-Schale, Schicht 6, Ibex-Zone. GZG.INV.70631: D = 36 mm, Nw = 7,5 mm, Wh = 19 mm, Wb = n. det. D. *Jamesonites nodofissum* (Quenstedt), Schicht 2, Polymorphus-/Brevispina-Subzone. GZG.INV.70630: D = 195 mm, Nw = 92 mm, Wh = 55 mm, Wb = (40) mm.

Fig. 3: Ammonites from the Numismalmisergel Formation of Pavelsbach-SW. A. *Protogrammoceras monestieri* Fischer, bed 16, Stokesi Subzone. GZG.INV.70634: D = 58 mm, Nw = 25 mm, Wh = 19 mm, Wb = 12 mm. B. *Lytoceras fimbriatum* (Sowerby), bed 10, upper Ibex Zone. GZG.INV.70632: D = 76 mm, Nw = 32.5 mm, Wh = 25.5 mm, Wb = (20) mm. C. *Tragophylloceras* cf. *loscombi* (Sowerby) within a Gryphaea valve, bed 6, Ibex Zone. GZG.INV.70631: D = 36 mm, Nw = 7.5 mm, Wh = 19 mm, Wb = n. det. D. *Jamesonites nodofissum* (Quenstedt), bed 2, Polymorphus/Brevispina Subzone. GZG.INV.70630: D = 195 mm, Nw = 92 mm, Wh = 55 mm, Wb = (40) mm.

Schicht 8: 8 cm mittelgrauer, geschichteter Mergel voll Schalengrus; Belemniten kreuz und quer eingebettet; *Pseudopecten equivalvis* (Sowerby).

Schicht 7: 2 cm gelbbraun durchgewitterter, geschichteter Mergel.

Schicht 6: 3 cm mittelgrauer geschichteter Mergel voll Schalengrus, mit Phosphoritknollen; *Tragophylloceras* cf. *loscombi* (Sowerby) (**Abb. 3C**), *Pseudopecten equivalvis* (Sowerby), *Chlamys textoria* (Schlotheim), *Gryphaea gigantea* Sowerby, *Mactromya* sp., *Rhabdocidaris*-Stachel, *Liospiriferina rostrata* (Schlotheim), Gastropoden-Steinkern, Treibholz (Gagat); im westlichen Aufschlussteil wird die Schicht durch 5-6 cm bioklastische Mergelkalkplatte mit Schalengrus, Phosphoritknollen

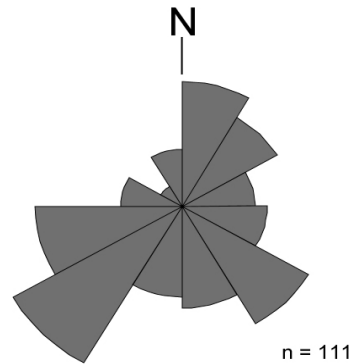
- und *Chladocrinus*-Stielglieder («Pentacrinusplatte») vertreten; darauf befindet sich ein Belemnitenschlachtfeld (**Tab. 1**); Mikrofazies: schwach bioturbater Echinodermen-Pack- bis Rudstone.
- Schicht 5: 10 cm gelbbraun durchgewitterter geschichteter Mergel mit Fucoiden; einzelne Phosphoritknollen (mit Schwammnadeln); *Gryphaea gigantea* Sowerby.
- Schicht 4: 2-3 cm gelbbraun durchgewitterter geschichteter Mergel mit Phosphoritknollen-Lage.
- Schicht 3: 12 cm gelbbraun durchgewitterter geschichteter Mergel mit Fucoiden.
- Schicht 2: 45 cm mittel- bis dunkelgrauer, gelbbraun angewitterter Kalkstein mit 4 bis 5 Phosphoritknollenbändern; nach unten zunehmend Grobsand/Feinkies-führend; 5 cm unter Oberkante: *Jamesonites nodosissum* (Quenstedt) (**Abb. 3D**); oberste 15 cm: *Radstockiceras* sp., *Cenoceras* sp., *Gryphaea gigantea* Sowerby, *Pleuromya costata* (Young & Bird), *Pholadomya* sp., *Pseudolimnea* sp., *Pseudopecten equivalvis* (Sowerby), *Tutcheria* cf. *submulticostata* (d'Orbigny); *Cincta* sp.; Belemniten, Bioturbation/Grabgänge; im obersten, etwas mergeligen Teil flache weiße Phosphoritknollen, darunter massiv ausgebildetes Phosphoritband mit Spiculae (Hexactine) und Schwämmen (z. T. in Form ringförmiger Phosphoritkränze oder flach-schüsselartiger Strukturen); ein einzelner Treibholzrest 5 cm unter Oberkante; Mikrofazies: grobsandführender, bioturbater bioklastischer Wacke- bis Packstone; im Phosphorit sind Hexactine und hexactinellide Schwämme erhalten.
- Schicht 1: 25 cm dunkelgrauer, rostbraun verwitternder, feinkiesiger, dolomitischer Grobsandstein, ungeschichtet/bioturbat, mit grobsandig-feinkiesigen weißen Phosphoritknollen bis 4 cm Durchmesser; untere Hälfte mit Muschelsteinkernen und -abdrücken im Phosphorit (*Pleuromya*, *Pseudopecten*), rekristallisierte *Gryphaea*-Schale; rekristallisierter Belemnit; Quarzgerölle bis 2 cm Durchmesser; Mikrofazies: feinkiesiger Grobsandstein mit dolomitisch-ankeritischer Matrix, in letzterer befinden sich mikrokristalline phosphatische Bereiche mit einzelnen Schalenfragmenten.
- Liegendes: > 15 cm rostbraun-weißgrau-dunkelgrau gescheckter, mürber feinkiesiger dolomitischer Grobsandstein mit weißen Phosphoritfasern; Quarzgerölle bis 3,5 cm Durchmesser.

4.2. Belemniteneinsteuerung

Die Ausrichtung der Rostrenspitzen von 111 Belemniten der Schicht 6 («Pentacrinus-Platte» sensu KRUMBECK 1936) ist in **Tab. 1** aufgelistet sowie auf **Abb. 2** graphisch dargestellt. Die Belemnitenanreicherung befindet sich direkt über der Echinodermenschutt-Lage der Schicht 6. Die Da-

Rostren-länge [cm]	Linear [°]	Rostren-länge [cm]	Linear [°]	Rostren-länge [cm]	Linear [°]
10,8	220	4,5	335	3	260
9,5	332	4,5	168	3	218
9	225	4,5	354	3	128
7,8	260	4,5	20	3	150
7,6	215	4,5	12	2,9	16
7,5	265	4,5	185	2,9	290
7,5	240	4,4	60	2,8	350
7,4	105	4,4	155	2,8	74
7,3	240	4	220	2,7	10
7,1	44	4	210	2,5	3
7	125	4	180	2,5	20
7	208	4	200	2,5	175
7	120	4	358	2,5	281
7	42	4	250	2,5	208
7	330	4	22	2,5	150
7	230	3,9	346	2,3	200
6,8	50	3,8	80	2,3	230
6,5	70	3,8	125	2,2	170
6,5	143	3,8	225	2,2	40
6,5	162	3,8	262	2,1	50
6,5	160	3,6	355	2,1	355
6,2	55	3,5	225	2	125
6	235	3,5	182	2	10
6	120	3,5	54	2	272
6	20	3,5	10	2	284
6	355	3,5	275	1,8	252
5,5	330	3,4	104	1,8	58
5,5	244	3,3	124	1,5	302
5,5	233	3,3	132		
5,5	100	3,3	94		
5,4	80	3,3	58		
5,4	108	3,3	110		
5,2	305	3,2	90		
5,1	255	3,2	138		
5	153	3,2	235		
5	260	3,1	125		
5	215	3,1	75		
5	250	3,1	5		
4,8	350	3	220		
4,7	120	3	340		
4,6	350	3	198		
		3	215		

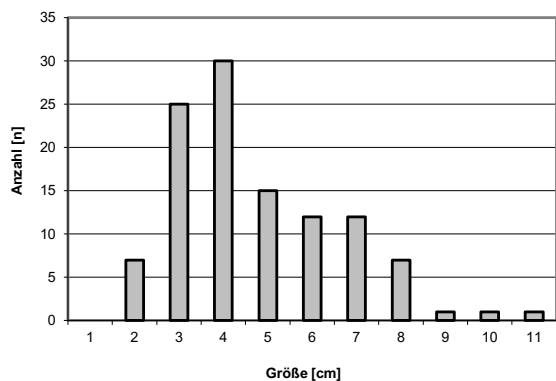
Anzahl [n]: 111
 Median Rostrengöße [cm]: 4,00
 Durchschnitt Rostrengöße [cm]: 4,38



Tab. 1: Ausrichtung und Länge der Belemnitenrostren in Schicht 6, Numismalismergel-Formation, Profil Pavelsbach-SW.

Tab. 1: Alignment and length of belemnite rostra in bed 6, Numismalismergel Formation, section Pavelsbach-SW.

Rostrengöße



ten zeigen ein deutliches Maximum bei 210°–240° sowie ein schwächer ausgebildetes, entgegengesetztes Sekundärmaximum bei 0°–60°. Quer hierzu eingeregelter Rostren verursachen ein weiteres Nebenmaximum bei 120°–150°. Die durchschnittliche Länge der Rostrengößen beträgt 4,4 cm. Bei den Belemniten handelt es sich vorwiegend um Vertreter der Gattung *Passaloteuthis*, untergeordnet auch der Gattung *Hastites*.

4.3. Beschreibung und systematische Zuordnung der hexactinelliden Schwämme

Die Beschreibung der hexactinelliden Schwämme der vorliegenden Arbeit basiert auf dem in **Abb. 4** gezeigten Exemplar sowie einem Dünnschliff eines phosphoritischen Fragmentes der Schicht 2 (**Abb. 5**). Infolge der Phosphoritmineralisation ist das Skleren-Skelett weitgehend intakt erhalten. Allerdings erscheinen isolierte Skleren durch Bioturbation in ihrer Lage verändert.

Der Habitus des Schwammkörpers ist schüssel- bis trichterförmig mit 18 cm Durchmesser und 5,5 cm Höhe (**Abb. 4A**). Der eigentliche Schwammkörper besteht aus einem 2,3 bis 4 cm dicken, phosphatisierten Mesohyl (**Abb. 4B**). Die Basis erscheint eingedellt. Die Porenkanäle sind unregelmäßig und gebogen und von 1,75–3 mm Durchmesser.

Das parenchymale Skleren-Skelett wird aus einem nur teilweise verschweißtem Netz aus unregelmäßigen Prinzipalia von 230–900 µm Durchmesser gebildet (**Abb. 4B, 5A–C**). Vereinzelt sind rechtwinklige Kreuzungen oder Anordnungsmuster erkennbar. Dazwischen finden sich als begleitende Comitalia unregelmäßig verteilt isolierte Hexactine (z. T. mit sichtbarem Zentralkanal; **Abb. 5C, D**) mit 50–90 µm Strahlendurchmesser (meist um die 70 µm). Seltener finden sich Übergänge der Comitalia zu einem schwach ausgeprägten dictyonalen Netz.

Einzelne Bereiche an den Kanalrändern zeigen gedrängt angeordnete Diactine (möglicherweise Canalaria) von 30 µm Durchmesser (**Abb. 5F**). Noch kleiner (10–5 µm Strahlendurchmesser) sind unregelmäßig gebogene und gegabelte Skleren nahe oder an der Außenseite des Schwammkörpers (**Abb. 5B**). Vereinzelt finden sich auch größere, vermutlich monaxone Nadeln mit Durchmessern von etwa 175–250 µm (**Abb. 5C**).

Aufgrund des weitgehend unverschweißten parenchymalen Skleren-Skeletts kann eine Zuordnung zur Ordnung Lyssacosida Zittel, 1877 getroffen werden (REISWIG 2002). **Möglicherweise handelt es sich um einen Vertreter der Familie Euplectellidae Gray, 1867 oder Rossellidae Schulze, 1885.** Bezüglich der größeren monaxonen Nadeln bleibt unklar, ob sie diesem Schwamm zuzuordnen und somit ein diagnostisches Merkmal sind oder postmortal durch Bioturbation eingetragen wurden.

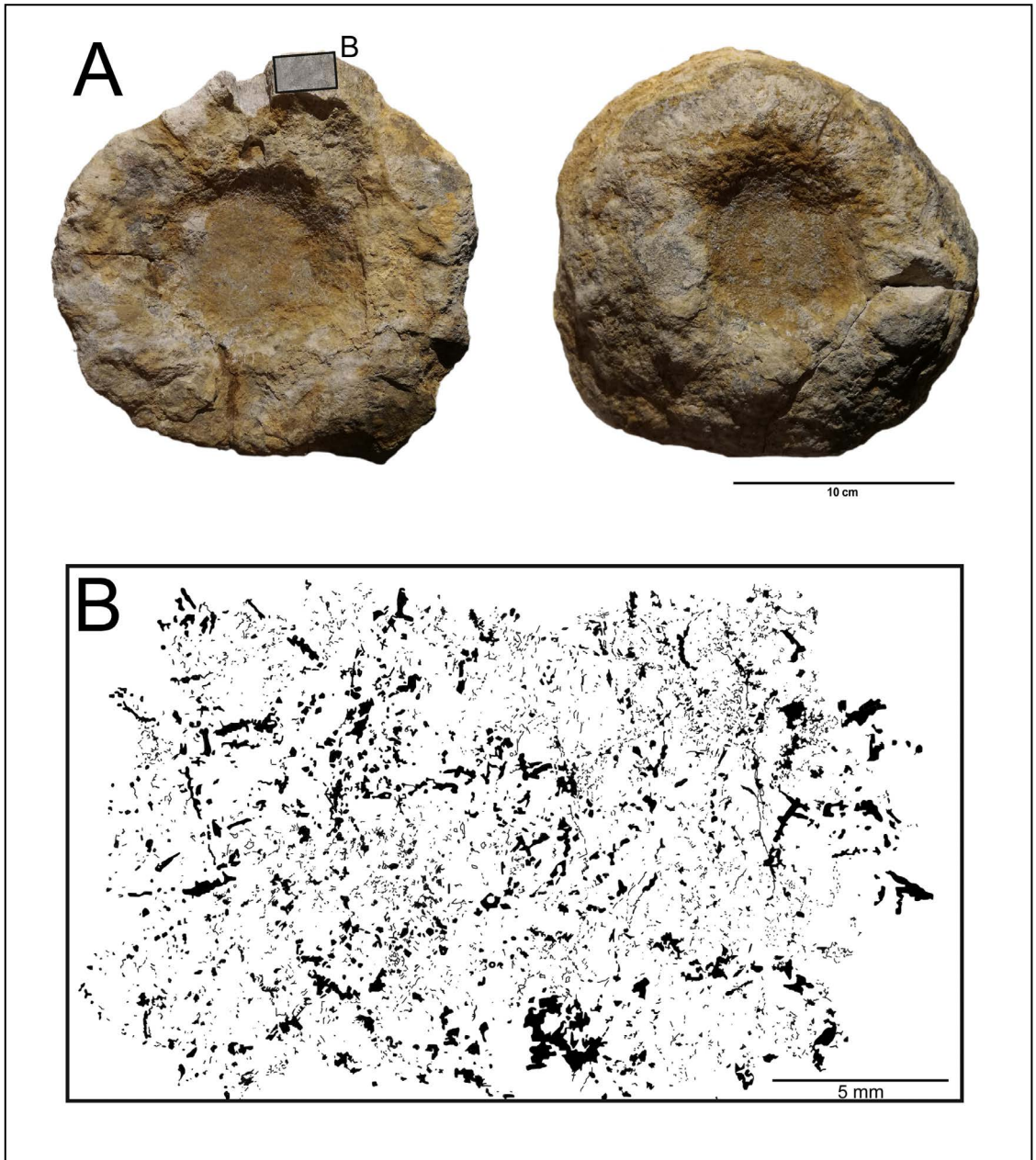


Abb. 4: Makroskopische Aufnahme eines phosphoritierten hexactinelliden Schwammes (GZG.INV.70629) aus dem obersten Teil der Schicht 2, Numismalismergel Formation, Unteres Pliensbachium, Pavelsbach-SW. A. Oberseite (links) und Unterseite (rechts). B. Detailausschnitt aus A mit kalzitisiertem Sklerenskelett aus dickeren, teilweise verschweißten, unregelmäßigen Prinzipalia sowie kleineren Comitalia.

Fig. 4: Macroscopic view of a phosphoritized hexactinellid sponge (GZG.INV.70629) from top of bed 2, Numismalismergel Formation, Lower Pliensbachian, Pavelsbach-SW. A. Top view (left) and bottom view (right). B. Detail from A with calcitized spicular skeleton composed of thick, partially fused, irregular principalia and smaller comitalia.

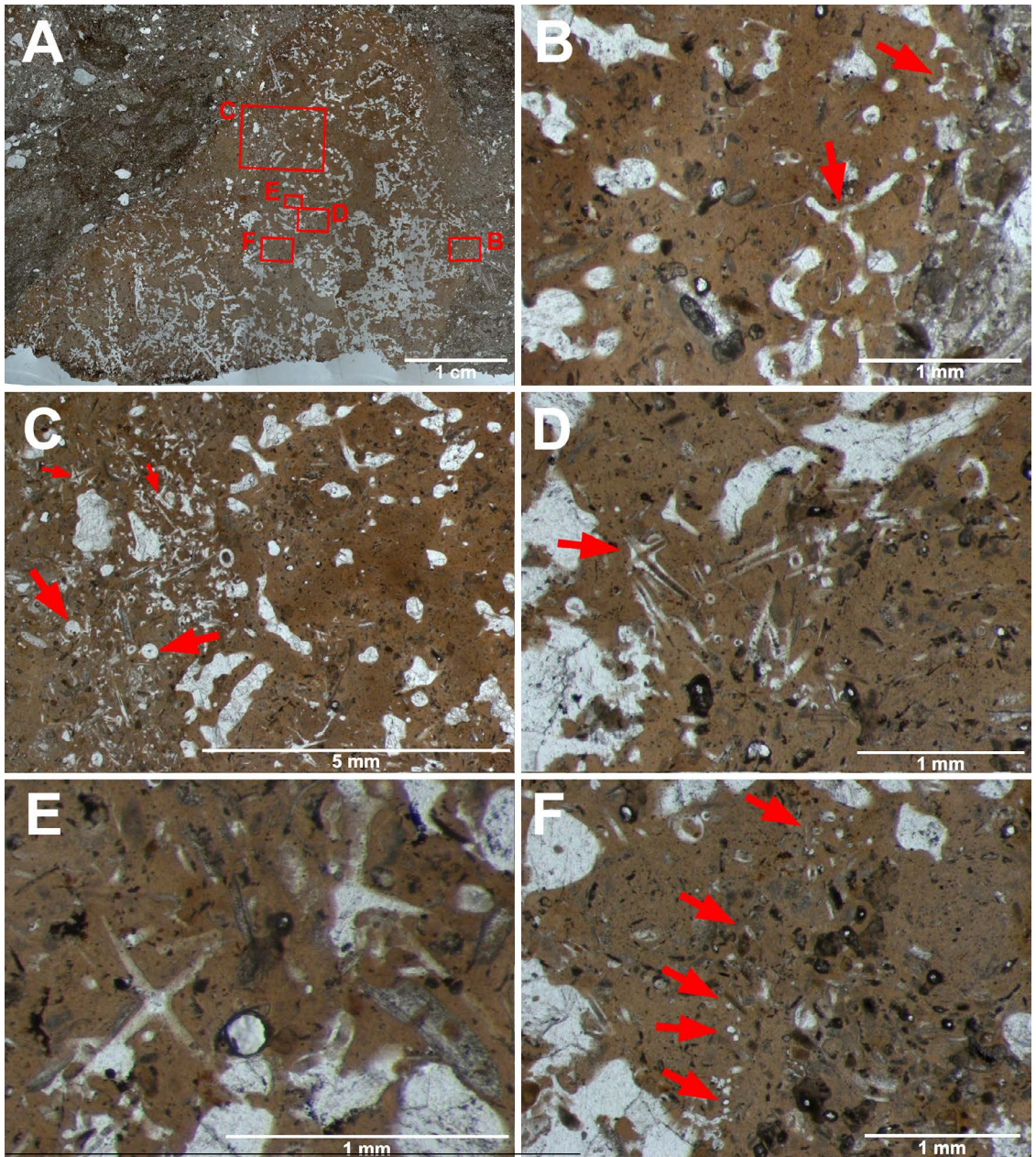


Abb. 5: Dünnschliffaufnahmen eines phosphoritisierten Schwamm-Fragmentes, 2-6 cm unter Oberkante von Schicht 2, Numismalmergel Formation, Unteres Pliensbachium, Pavelsbach-SW. A. Übersicht mit teilweise verschweißstem Gerüst aus Prinzipialia und zwischenliegenden Porenkanälen. Rahmen geben die Position der Detailbilder B bis F an. B. Detail mit unregelmäßig gebogene und gegabelte Skleren nahe der Außenseite des Schwammkörpers. C. Unregelmäßigen Prinzipialia mit kleineren hexactinen Comitalia mit Zentralkanal (kleine Pfeile), sowie einzelnen Monaxonen (große Pfeile). D. Isolierte Hexactine mit Zentralkanal. E. Isolierte Hexactine ohne erkennbaren Zentralkanal. F. Gedrängt angeordnete Diactine (Pfeile; möglicherweise Canalaria) markieren einen ehemaligen Kanalrand.

Fig. 5: Thin section micrographic of a phosphoritic sponge fragment, 2-6 cm below top of bed 2, Numismalismergel Formation, Lower Pliensbachian, Pavelsbach-SW. A. Overview showing partially fused meshwork composed of prinzipalia and intermediate pore canals. Frames indicate position of detail images B to F. B. Detail with irregularly curved and forked spiculae near the outer side of the sponge body. C. Irregular prinzipalia with smaller hexactine comitalia with axial canal (small arrows), as well as few monaxones (large arrows). D. Isolated hexactines with axial canal. E. Isolated hexactines without recognizable axial canal. F. Densely arranged diactines (arrows; possibly canalaria) at the margin of a pore canal.

Der vorliegenden Schwamm-Form aus Pavelsbach nahestehend ist möglicherweise *Tagountia flexuosa* Dresnay, Termier & Termier aus dem Oberen Sinemurium (Oxynotum-Zone) des Hohen Atlas-Gebirges, Marokko (DU DRESNAY et al. 1978). Diese Form zeigt ein grundsätzlich sehr ähnliches, »unregelmäßiges Sklerenskelett aus größtenteils mittelgroßen, hexactinbasierten Spicula, die nicht in einem regelmäßigen Netz organisiert sind« (REID 2004: 456). Allerdings fehlt beim Material von Pavelsbach die aus dem marokkanischen Material beschriebenen großen Stauractine.

5. Interpretation und Diskussion

5.1. Litho- und Biostratigraphie

Gryphaeensandstein-Formation: Sie umfasst die rostbraun verwitternden feinkiesigen Grobsandsteine mit Phosphoriten des Liegenden und der Schicht 1. Die wenigen, schlecht erhaltenen Gryphaeen, Belemniten und pectiniden Bivalven belegen ein marines Ablagerungsmilieu. Eine zeitliche Zuordnung zum Oberen Sinemurium ist nur in Analogie zu Profilen in Südfranken (ZEISS 1965) sowie dem nahegelegenen Profil Mittelricht möglich, in welchem diese Grobsandsteine durch den Belemniten *Nannobelus engeli* (Werner) datiert sind (ARP 2016).

Numismalismergel-Formation: Die Untergrenze der Formation wird mit dem matrixgestützten Gefüge der an der Basis noch feinkiesig-grobsandigen Karbonatbank Schicht 2 (»Blaue Bank«) gezogen.

Die bereits von KRUMBECK (1936) beschriebenen Leitbänke sind gut identifizierbar: Blaue Bank, Pentacrinus-Platte, »Davoei-Platte« (allerdings ohne *Prodactyloceras davoei*), Untere und Obere Dachplatte. Die Obergrenze der Formation liegt an der Obergrenze der Mikritknollenlage Schicht 16, wobei der auflagernde dunkelgraue Mergelton der Amaltheenton-Formation hier nicht mehr erschlossen war. Eine Auflage aus Echinodermenschutt auf der Diskontinuität an der Oberseite der Schicht 16, so wie sie in Nachbarprofilen beobachtet werden konnte (KEUPP & ARP 1990; ARP 2016), konnte hier nicht nachgewiesen werden.

In der Numismalismergel-Formation konnten nur wenige biostratigraphisch verwertbare Ammoniten des Pliensbachiums geborgen werden, darunter *Jamesonites nodofissum*, *Liparoceras cheltiense* und *Amaltheus*

stokesi. Bemerkenswert ist der Fund des *Jamesonites nodofissum*, welcher bisher im Gebiet der Fränkischen Alb nur bei Amberg nachgewiesen wurde (GERNDT 2000). Nach SCHLATTER (1980: 152) kommt *Jamesonites* nur im Übergangsbereich der Polymorphus- zu Brevispina-Subzone vor. MEISTER (1986: 108) gibt *Jamesonites* als charakteristisches Faunenelement der Polymorphus-Subzone an. Damit ist für die Fundschicht der hexactinelliden Schwämme der mittlere Bereich der Jamesoni-Zone (sensu DEAN et al. 1961) belegt.

Man beachte, dass es sich bei dem VON GÜMBEL (1891: 259) erwähnten »*Lytoceras*« aus der Blauen Bank des 5 km südwestlich gelegenen Profils Heblesricht möglicherweise ebenso um einen *Jamesonites* handeln könnte, da beide Gattungen weitnabelig, schwach ornamentiert und kiellos sind. Echte *Lytoceras* sind mit *Lytoceras fimbriatum* jedoch in der sogenannten »Davoei-Platte« KRUMBECKS (1936) vertreten, welche jedoch im Raum Freystadt aufgrund der Funde von *Beaniceras* (SCHMIDT 1925) der Ibex-Zone zugerechnet werden muss. Auch der in Pavelsbach gefundene *Liparoceras cheltiense* belegt eine Zuordnung in die Ibex-Zone (SPATH 1938: 47). Diese Bank wird hier deshalb »Freystädter Bank« genannt (Abb. 2), um sie von der stratigraphisch jüngeren »Davoei-Platte« anderer Profile in Süddeutschland zu unterscheiden.

Die Grenze Davoei/Margariatus-Zone (bzw. Unteres/Oberes Pliensbachium) muss in Analogie zu Nachbarprofilen Sulzkirchen und Mittelricht (KEUPP & ARP 1990; ARP 2016) mit der Lage korrodierter Belemniten an der Obergrenze der Mergel-Schicht 12 gezogen werden. Im untersuchten Profil konnte die basale Subzone des Oberen Pliensbachiums erst in Schicht 14 (»Untere Dachplatte« sensu KRUMBECK 1936) mit einem juvenilen *Amaltheus* sp. und darüber folgenden *Amaltheus stokesi* belegt werden.

5.2. Bedeutung hexactinellider Schwämme in der Numismalmergel Formation

Bisherige Bearbeiter interpretieren die geringmächtige bis kondensierte, sehr fossilreiche Numismalmergel-Formation der Frankenalb als Ablagerung eines flachen Meeres (KRUMBECK 1936: 212: »geringe, im ganzen wohl noch gut durchlüftete Meerestiefe«, MEYER & SCHMIDT-KALER 1996: 91: »gut durchlüftetes Flachmeer«). Typische Flachwasserkomponenten wie Cortoide, Aggregatkörner oder Kalkalgen fehlen jedoch. Dagegen ist eine zunehmende Häufigkeit von Cephalopoden (Belemniten, Ammoniten, Nautiloideen) ab dem höheren Teil der Schicht 2 (»Blaue Bank«) zu beobachten. Gerndt (2000) erwähnt Nautiloideen aus allen drei Zonen der Kalkstein-Fazies der Numismalmergel-Formation mit Gehäusegrößen bis 30 cm.

In der Tat sind hexactinellide Schwämme in heutigen Meeresräumen überwiegend in größeren Wassertiefen (200-8840 m, VAN SOEST et al. 2012: 4; 200-2000 m, FLÜGEL 2010: 496) verbreitet, wobei sie auch heute noch in kühlen polaren Gebieten in vergleichsweise geringen Wassertiefen Riffe bilden können (200 m, CONWAY et al. 2001; 165-240 m, KRAUTTER et al. 2001) oder in Form einzelner Exemplare verbreitet sind (MEHL 1992: 135; LEYS et al. 2004).

Dieses Verbreitungsmuster wurde vielfach auch für mesozoische marine Ablagerungsräume angenommen (REID 1968; ZIEGLER 1983), wobei inzwischen bekannt ist, dass die bathymetrische Reichweite der Hexactinellida sich im Laufe der Zeit geändert hat. Insbesondere während der Radiation der Hexactinellida im Mesozoikum (MEHL 1992: 136) sind viele Hexactinellida nicht nur im Tiefwasser (z. B. Scheiblberg-Formation und Äquivalente, Hettangium: MOSTLER 1989, 1990; DELECAT & REITNER 2005) sondern auch auf Schelfbereichen mit weniger als 200 m Wassertiefe weit verbreitet (MEHL 1992: 136; KEUPP et al. 1990), wohingegen sie auch dann in bewegten Flachwasserarealen selten sind oder fehlen. Eine generelle Abwanderung in tiefere Gewässer (Bathyal) ist erst im Laufe der Kreidezeit zu beobachten (MOSTLER 1990: 144).

Für den Oberjura Süddeutschlands kommen KEUPP et al. (1993: 42, 50) und KEUPP (2022: 18) aufgrund fehlender Hinweise auf photische Einflüsse sowie der Verdrängung der Kieselschwamm-Mikrobialith-Bioherme durch die Korallenriff-Fazies während der regionalen Verflachung im Kimmeridgium bis Tithonium zu dem Schluss, dass diese Kieselschwamm-Mikrobialith-Bioherme zwar nicht in den bisher angenommenen hohen Wassertiefen um 200 m, aber noch unterhalb der Verbreitung zooaxanthellater Korallen entstanden sein müssten. Für den Unterjura sind Riffbildungen zooaxanthellater Korallen im NW-Europäischen Epikontinentalmeer zwar selten (LEINFELDER et al. 2002; KIESSLING et al. 2009). Eine Besiedlung von durchlichteten Flachwasserbereichen durch hexactinellide Schwämme in Riff-freien Gebieten ist jedoch für diesen Zeitraum nicht bekannt. Entsprechend kann auch für die Kalkstein-Fazies der Numismalimergel-Formation von Pavelsbach das Vorkommen hexactinellider Schwämme ein ruhiger Ablagerungsraum mit Tiefen unterhalb der photischen Zone, also Wassertiefen von mindestens 50-60 m angenommen werden, und das bereits etwa 1,5 m über den terrestrisch-fluviatilen Sedimenten des Hettangiums. Dies impliziert, dass die Jura-Transgression hier zunächst mit einer Erosion oder einer nur minimalen Sedimentation verbunden war (d. h. Umlagerung fluviatiler Arkosen zum »Arietensandstein«), gefolgt von Meeresspiegel-Hochstand-Bedingungen mit verringertem Klastikaeintrag, matrixgestütztem Gefüge, häufigen Cephalopoden (Belemniten, Ammoniten, Nautiloideen) und Ausbildung von Kondensationshorizonten.

In diesem Zusammenhang kann auch die umfangreiche Phosphoritbildung in der Numismalimergel-Formation (»phosphoritische Kalksteinfazies« sensu KRUMBECK 1936) interpretiert werden, welche als authigene Epikontinentalmeer-Phosphorite anzusehen sind (GLENN et al. 1994). Diese authigenen Phosphorite gelten zusammen mit dem Auftreten von Glaukonit als Hinweis auf Meeresspiegelschwankungen (CAYEUX 1897: 432), insbesondere auf Meeresspiegelanstiege und -hochstände (ARTHUR & JENKYN 1981; LOUTIT et al. 1988; FÖLLMI 1996; CATTANEO & STEEL 2003). Detritische Phosphoritanreicherungen infolge Auswaschung phosphoritischer Partikel werden dagegen eher als Hinweise auf Regressionen und Flachwasser-Bedingungen gedeutet (ARTHUR & JENKYN 1981: 91). Begünstigt wird eine authigene Phosphoritbildung durch die Zufuhr von nährstoffreichem Ozeantiefenwasser auf die äußeren und mittleren Schelfbereiche (KAZAKOV 1937; BURNETT 1977; SHELDON 1981; FÖLLMI 1996) sowie durch fluktuierende Redoxbedingungen im Porenwasser (ARTHUR & JENKYN 1981: 91; FÖLLMI 1996).

In der Tat weist die Einsteuerung der Belemnitenrosten in Schicht 6 (Fig. 2) zumindest für den ebenfalls Hexactine und Phosphorit führenden mittleren Teil der Numismalimergel-Formation auf eine grundberührende Meeresströmung aus südöstlicher Richtung, also aus dem tethyalen Bereich, hin. Wenngleich dieser in etwa 400-500 km Entfernung lag (ZIEGLER 1990; Valais Becken: DERCOURT et al. 2000), so würde eine Zufuhr von nährstoffreicher (Si, P) ozeanischer Wässer aus dieser Richtung die Phosphoritgenese und die Ausbreitung hexactinellider Schwämme im untersuchten Bereich des Epikontinentalmeeres mit erklären.

6. Schlussfolgerungen

Das untersuchte Profil Pavelsbach, Lias-Vorland der Mittleren Frankenalb, zeigt eine transgressive Abfolge von der randmarinen, grobsiliklastischen Gryphaeensandstein-Formation, mit wenigen Cephalopoden, bis hin zur offenmarinen Numismalimergel-Formation mit zahlreichen Cephalopoden (Belemniten, Ammoniten und Nautiloideen).

Das gehäufte Vorkommen hexactinellider Schwämme in der Numismalimergel-Formation von Pavelsbach weist auf Wassertiefen von mehr als 50-60 m hin und fällt in den Zeitraum einer späten Transgression bis Meeresspiegel-Hochstandes.

Die mit den hexactinelliden Schwämmen assoziierte authigene Phosphoritmineralisation wird als Hinweis auf eine Zufuhr von Ozeanwasser aus dem tethyalen Bereich gewertet. Damit im Einklang steht die Einsteuerung von Belemnitenrosten, welche auf eine grundberührende Meerwasserströmung aus südöstlicher Richtung hinweist.

7. Danksagung

Herrn Axel Hackmann, Göttingen, sei für die Anfertigung der Dünnschliffe gedankt. Die fotografische Dokumentation der Makrofossilien übernahm Herr Max Hundertmark, Göttingen. Das Manuskript wurde durch die kritische Durchsicht von Herrn Michael Link, Erlangen und Herrn Eckhard Mönning, Coburg verbessert. Ferne dank ich Herrn Roman Koch für wertvolle Hinweise und Kommentare zur Sedimentationsgeschichte und Fazies der Weißjura-Gruppe.

8. Literatur

- ARP, G. (2001): Fazies, Stratigraphie und Ammonitenfauna des Mittleren und Oberen Dogger bei Neu- markt i.d.Opf. (Bajocium-Oxfordium, Süddeutschland). – Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, E 61: 189-241, Berlin.
- ARP, G. (2016): Die Gryphaeensandstein- und Numismalimergel-Formation bei Mittelricht/Oberpfalz (Sinemurium-Pliensbachium). – Geologische Blätter für Nordost-Bayern, 66: 13-26, Erlangen.
- ARP, G., GROPENGIESSER, S., GRABOW, D. & NIEUWENHUIS, M. (2017): Der Wachtelgraben bei Raigering: Fazies und Ablagerungstiefe der Gryphaeensandstein- und Numismalimergel-Formation (Sinemurium-Pliensbachium). – Geologische Blätter für Nordost-Bayern, 67: 39-62, Erlangen.
- ARTHUR, M.A. & JENKYN, H.C. (1981): Phosphorites and paleoceanography. – *Oceanologica Acta*, 1981, numéro spécial (Proceedings 26th International Geological Congress, Geology of oceans symposium, July 7-17, 1980, Paris): 83-96, Paris.
- BERGER, K., BADER, K. & WITTMANN, O. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000. Blatt Nr. 6733 Allersberg. – 135 S., 1 Kte., München.
- BIRZER, F. (1958): Bohrprofile aus dem Keuper im südlichen Franken und der angrenzenden Oberpfalz. – Erlanger geologische Abhandlungen, 26: 24 S., Erlangen.
- BURNETT, W.C. (1977): Geochemistry and origin of phosphorite deposits from off Peru and Chile. – *Geological Society of America, Bulletin*, 88: 813-823, Boulder.
- CATTANEO, A. & STEEL, R.J. (2003): Transgressive deposits: a review of their variability. – *Earth Science Reviews*, 62: 187-228, Amsterdam.
- CAYEUX, L. (1897): Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires. – *Mémoires de la Société Géologique du Nord*, Tome IV, Mémoire 2: 589 S., 10 Taf., Lille.
- CONWAY, K.W., KRAUTTER, M., BARRIE, J.V. & NEUWEILLER, M. (2001): Hexactinellid sponge reefs on the Canadian continental shelf: a unique »living fossil«. – *Geoscience Canada*, 28: 71-78, St. John's.
- DEAN, W.T., DONOVAN, D.T. & HOWARTH, M.K. (1961): The Liassic ammonite zones and subzones of the north-west European Province. – *Bulletin of the British Museum (Natural History) Geology Series*, 4: 435-505, London.
- DELECAT, S. & REITNER, J. (2005): Sponge communities from the Lower Liassic of Adnet (Northern Calcareous Alps, Austria). – *Facies*, 51: 385-404, Erlangen.
-

- DERCOURT, J., GAETANI, M., VRIELYNCK, B., BARRIER, E., BIJU-DUVAL, B., BRUNET, M.F., CADET, J.P., CRASQUIN, S. & SANDULESCU, M. (Hrsg., 2000): Peri-Tethys Atlas. Palaeogeographic Maps. – 24 Karten, XX+269 S. Erläuterungen; Paris (CCGM/CGMW).
- DU DRESNAY, R., TERMIER, G. & TERMIER, H. (1978): Les Hexactinellides (Lyssakides et Dictyonines) du Lias marocain. – *Geobios*, 11: 269-295, Lyon.
- FLÜGEL, E. (2010): *Microfacies of Carbonate Rocks Analysis, Interpretation and Application*. – 2. Auflage, 984 S., Heidelberg (Springer).
- FÖLLMI, K.B. (1996): The phosphorus cycle, phosphogenesis and marine phosphate-rich deposits. – *Earth-Science Reviews*, 40: 55-124, Amsterdam.
- FRANZ, M. & MÜLLER, W. (1988): Kieselschwämme aus dem Parkinsonien-Oolith von Sengenthal b. Neu- markt/Opf. (Fränkische Alb). – *Jahresberichte und Mitteilungen des Oberrheinischen Geologischen Vereins, Neue Folge*, 70: 215-227, Stuttgart.
- GERNDT, R. (2000): Die Fossilien des Lias γ (Unteres Pliensbachium) im Raum Amberg-Hirschau, Ober- pfalz. – *Der Aufschluss*, 51: 137-147, Heidelberg.
- GLENN, C.R., FÖLLMI, K.B., RIGGS, S.R., BATURIN, G.N., GRIMM, K.A., TRAPPE, J., ABED, A.M., GALLI-OLI- vier, C., GARRISON, R.E., ILYIN, A.V., JEHL, C., ROHRLICH, V., SADAQAH, R.M.Y., SCHIDLOWSKI, M., SHELDON, R.E. & SIEGMUND, H. (1994): Phosphorus and phosphorites – Sedimentology and environ- ments of formation. – *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 87: 747-788, Basel.
- KÄSTLE, B. (1990): Fauna und Fazies der kondensierten Sedimente des Dogger und Malm (Bajocium bis Oxfordium) im südlichen Frankenjura. – *Münchner geowissenschaftliche Abhandlungen*, A 18: 1-134, 14 Taf., München.
- KAZAKOV, A.V. (1937): The phosphorite facies and the genesis of phosphorites. – *Transactions of the Scien- tific Institute of Fertilizers and Insecto-Fungicides*, 142: 95-113. [in Russisch]
- KEUPP, H. (2022): Mikroben-Kieselschwammriffe des Jura. – *Fossilien* 39 (3): 10-19, Korb.
- KEUPP, H. & ARP, G. (1990): Aphotische Stromatolithe aus dem süddeutschen Jura (Lias, Dogger). – *Berli- ner Geowissenschaftliche Abhandlungen*, A 124: 3-33, Berlin.
- KEUPP, H., KOCH, R. & LEINFELDER, R. (1990): Steuerungsprozesse der Entwicklung von Oberjura-Spon- giolithen Süddeutschlands: Kenntnisstand, Probleme und Perspektiven. – *Facies*, 23: 141-174, Erlan- gen.
- KEUPP, H., JENISCH, A., HERRMANN, R., NEUWEILER, F. & REITNER, J. (1993): Microbial carbonate crusts - a key to the environmental analysis of fossil spongiolites? – *Facies*, 29: 41-54, Erlangen.
- KISSLING, W., RONIEWICZ, E., VILLIER, L., LÉONIDE, P. & STRUCK, U. (2009): An early Hettangian coral reef in southern France: Implications for the end-Triassic reef crisis. – *Palaios* 24: 657-671.
- KRAUTTER, M. (1996): Kieselschwämme aus dem unterjurassischen Misonekalk der Trento-Plattform (Südalpen): Taxonomie und phylogenetische Relevanz. – *Paläontologische Zeitschrift*, 170: 301-313, Stuttgart.
- KRAUTTER, M., CONWAY, K.W., BARRIE, J.V. & NEUWEILER, M. (2001): Discovery of a »Living Dinosaur«: Globally unique modern hexactinellid sponge reefs off British Columbia, Canada. – *Facies*, 44: 265-282, Erlangen.
- KRUMBECK, L. (1936): Stratigraphie und Faunenkunde des Lias γ in Nordbayern. – *Zeitschrift der Deut- schen Geologischen Gesellschaft*, 88: 129-222, Berlin.
- KRUMBECK, L. (1943): Zur Stratigraphie und Faunenkunde des Lias ζ in Nordbayern, Teil 1. – *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 95: 279-340, Berlin.
-

- LAHNER, L. & STAHL, G. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000. Blatt Nr. 6734 Neumarkt i.d. Opf. – 83 S., 1 Kte., München.
- LEINFELDER, R.R., SCHMID, D.U., NOSE, M. & WERNER, W. (2002): Jurassic reef patterns - the expression of a changing globe. – In: KIESSLING, W., FLÜGEL, E. & J. GOLONKA (Hrsg.): Phanerozoic Reef Patterns. – SEPM Special Publication, 72: 465-520, Tulsa.
- LEYS, S.P., WILSON, K., HOLETON, C., REISWIG, H.M., AUSTIN, W.C. & TUNNICLIFFE, V. (2004): Patterns of glass sponge (Porifera, Hexactinellida) distribution in coastal waters of British Columbia, Canada. – Marine Ecology Progress Series, 283: 133-149, Oldendorf/Luhe.
- LOUTIT, T.S., HARDENBOL, J., VAIL, P.R., & BAUM, G.R. (1988) : Condensed sections, the key to age determination and correlation of continental margin sequences. – In: WILGUS, C.K., HASTINGS, B.S., KENDALL, C.G.St.C., POSAMENTIER, H.W., ROSS, C.A., VAN WAGONER, J.C. (Hrsg.): Sea-Level Changes—An Integrated Approach. – SEPM Special Publication, 42: 183-213, Tulsa.
- MEHL, D. (1992): Die Entwicklung der Hexactinellida seit dem Mesozoikum. Paläobiologie, Phylogenie und Evolutionsökologie. – Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen, E 2: 1-164, Berlin.
- MEISTER, C. (1986): Les ammonites du Carixien des Causses (France). – Mémoires suisses de Paléontologie, 109: 1-209, Basel.
- MEYER, R.K.F & SCHMIDT-KALER, H. (1983): Erdgeschichte sichtbar gemacht. Ein geologischer Führer durch die Altmühlalb. – 260 S., München (Bayerisches Geologisches Landesamt).
- MEYER, R.K.F & SCHMIDT-KALER, H. (1996): Jura. – In: Freudenberger W. & Schwerd K. (Red.) Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 500 000, 4. neubearbeitete Auflage: 90-111, München (Bayerisches Geologisches Landesamt).
- MILHI, A. (1992): Stratigraphie, Fazies und Paläogeographie des Jura am Südrand des zentralen Hohen Atlas (Marokko). – Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen, A 144: 1-93, Berlin.
- MOSTLER, H. (1989): Mikroskleren hexactinellider Schwämme aus dem Lias der Nördlichen Kalkalpen. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 132: 687-700, Wien.
- MOSTLER, H. (1990): Hexactinellide Poriferen aus pelagischen Kieselkalcken (Unterer Lias, Nördliche Kalkalpen). – Geologisch-Paläontologische Mitteilungen Innsbruck, 17: 143-178, Innsbruck.
- NEUWEILER, F., MEHDI, M. & WILMSEN, M. (2001): Facies of Liassic sponge mounds, Central High Atlas, Morocco. – Facies, 44: 243-264, Erlangen.
- REID, R.E.H. (1968): Bathymetric distributions of *Calcarea* and *Hexactinellida* in the present and the past. – Geological Magazine, 105: 546-559, Cambridge.
- REID, R.E.H. (2004): Mesozoic and Cenozoic hexactinellid sponges: *Lychniscosa* and *Hexactinosa*. – In: KAESLER, R.L. (Hrsg.): Treatise on invertebrate paleontology. Part E (revised). Porifera, vol. 3: 449-511, Boulder (Geological Society of America) und Lawrence (University of Kansas).
- REISWIG, H.M. (2002): Order Lyssacinosa Zittel, 1877. – In: HOOPER, J.N.A., VAN SOEST, R.W.M., WILLENZ, P. (Hrsg.): Systema Porifera, S. 1387; Boston (Springer). https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0747-5_145
- REUTER, L. (1927): Geologische Darstellung des schwäbisch-fränkischen Juras, seines triasischen Vorlandes und des südlich angrenzenden Molasse-Gebietes. – In: Reuter, L. & Schuster, M. (Hrsg.): Abriß der Geologie von Bayern r. d. Rh., Abteilung IV: 132 S., München (Oldenburg & Piloty).
- SCHLATTER, R. (1980): Biostratigraphie und Ammonitenfauna des Unter-Pliensbachium im Typusgebiet (Pliensbach, Holzmaden und Nürtingen, Württemberg, SW-Deutschland). – Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, B 65: 261 S., 23 Taf., 25 Beil., Stuttgart.
-

- SCHMIDT, K.G. (1925): Geologie von Neumarkt/Opf. – Berichte der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg i. Br., 26: 1-120, Naumburg a. d. S.
- SHELDON, R.P. (1981): Ancient marine phosphorites. – Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 9: 251-284, Palo Alto.
- SPATH, L.F. (1938): A catalogue of the ammonites of the Liassic family Liparoceratidae in the British Museum (Natural History). – 191 S., 26 Taf., London (British Museum Natural History).
- TERMIER, H., TERMIER, G. & THIBIEROZ, J. (1990): Hexactinella lyssakida liasiques de la bordure sud-est des Cévennes. – Bulletin Trimestriel de la Société Géologique du Normandie et des Amis du Muséum du Havre, 77: 5-17, 4 Taf., Le Havre.
- VAN SOEST, R.W.M., BOURY-ESNAULT, N., VACELET, J., DOHRMANN, M., ERPENBECK, D., DE VOOGD, N.J., SANTODOMINGO, N., VANHOORNE, B., KELLY, M. & HOOPER, J.N.A. (2012): Global Diversity of Sponges (Porifera). – PLoS ONE 7(4): e35105; doi: 10.1371/journal.pone.0035105.
- VON GÜMBEL, C.W. (1891): Geognostische Beschreibung des Koenigreichs Bayern. 4. Abtheilung, Geognostische Beschreibung der Fränkischen Alb (Frankenalb) mit dem anstossenden Fränkischen Keupergebiete. – 763 S., Kassel (Fischer).
- WAGENPLAST, P. (1972): Ökologische Untersuchungen der Fauna aus Bank- und Schwammfazies des Weißen Jura der Schwäbischen Alb. – Arbeiten aus dem Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Stuttgart, Neue Folge, 67: 99 S., Stuttgart.
- WENDT, J. (1980): Sponge reefs of the German Upper Jurassic. – In: Hartmann, W.D., Wendt, J. & Wiedenmayer, F. (Hrsg.): Living and fossil sponges. Notes for a short course. – Sedimenta, 8: 122-130, Miami (Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science).
- WIEDENMAYER, F. (1980): Siliceous Sponges. Development through Time. – In: Hartmann, W.D., Wendt, J. & Wiedenmayer, F. (Hrsg.): Living and fossil sponges. Notes for a short course. – Sedimenta, 8: 55-85, Miami (Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science).
- ZEISS, A. (1965): Über Ammoniten aus dem Sinemurien Südwest-Frankens. – Geologische Blätter für Nordost-Bayern, 15: 22-50, Erlangen.
- ZIEGLER, B. (1983): Einführung in die Paläobiologie, Teil 2, Spezielle Paläontologie. Protisten, Spongien und Coelenteraten, Mollusken. – 409 S., Stuttgart (Schweizerbart).
- ZIEGLER, P.A. (1990): Geological Atlas of Western and Central Europe. – 56 Karten; Den Haag (Shell Internationale Petroleum Maatschappij B.V.).
-