

	Geol. Blätter NO-Bayern	67 (2017)	Heft 1-4 Seite 39-62	Erlangen Dezember 2017	
---	----------------------------	--------------	-------------------------	---------------------------	--

Der Wachtelgraben bei Raigerung: Fazies und Ablagerungstiefe der Gryphaeensandstein- und Numismalimergel-Formation (Sinemurium-Pliensbachium)

VON ¹GERNOT ARP, ¹SEBASTIAN GROPENGIESSER,
¹DENNIS GRABOW & MATTHIAS NIEUWENHUIS¹

ARP, G., GROPENGIESSER, S., GRABOW, D. & NIEUWENHUIS, M. (2017): Der Wachtelgraben bei Raigerung: Fazies und Ablagerungstiefe der Gryphaeensandstein- und Numismalimergel-Formation (Sinemurium-Pliensbachium). – Geologische Blätter für Nordost-Bayern, **67**: 39-62, 6 Abb., 2 Taf. und 2 Tab.; Erlangen

Kurzfassung: Ein klassisches Profil durch die Gryphaeensandstein- und Numismalimergel-Formation der östlichen Frankenalb, der Wachtelgraben bei Raigerung nördlich Amberg, wird beschrieben, mikrofaziel untersucht und zusammen mit dem Nachbarprofil Aschach hinsichtlich Ablagerungsraum und -tiefe neu interpretiert. Schrägschichtungskörper der liegenden Arkosesandsteine der Bayreuth-Formation (Hettangium) belegen eine fluviatile Schüttung aus südlicher bis südöstlicher Richtung. Die darüber transgredierende, 0,3-1,6 m mächtige marine Gryphaeensandstein-Formation (Sinemurium) zeigt eine heterogene Ausbildung mit feinkiesigen Dolomitsandsteinen, grobsandigen Mergeln und feinkörnigen Limonitsandsteinen. Letztere liegen bei Aschach direkt der Bayreuth-Formation auf und belegen mit ihrer Beulenschrägschichtung eine Ablagerung oberhalb der Sturmwellenbasis. Die 1,5-2,3 m mächtige vollmarine Numismalimergel-Formation (tieferes Pliensbachium) zeichnet sich durch stark bioturbate Ooid-Bioklasten-Packstones aus. Erstmals konnten in ihnen Kotpillen vom Typ *Favreina* nachgewiesen werden. Hexactinellide Schwämme und die Häufigkeit von Ammoniten belegen vollmarine Bedingungen mit höheren Wassertiefen. Flachwasserkomponenten wie Cortoide fehlen dagegen. Im Gegensatz zu früheren Interpretationen wird die Mangersedimentation der Numismalimergel-Formation auf einen zunehmend hohen Meeresspiegelstand, mit Wassertiefen unter der Sturmwellenbasis, zurückgeführt. Geringere Wassertiefen sind erst für den nachfolgenden Amaltheenton (höheres Pliensbachium)

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

anzunehmen, welcher im Untersuchungsgebiet jedoch durch eine küstenparallele Bodenwasserströmung an der Wende zum Posidonienschiefer weitgehend ausgeräumt wurde.

▪ **Schlüsselwörter:** *Schwarzjura-Gruppe, Unterer Jura, Mikrofazies, Frankenalb*

Abstract: A typical section of the Gryphaeensandstein and Numismalimergel Formations of the eastern Franconian Alb, the Wachtelgraben near Raigering north of Amberg, is described, analysed with respect to microfacies, and - together with the adjacent Aschach section - revised with respect to depositional setting and water depth. The inclination of cross-bedding in the below lying fluvial sandstones of the Hettangian Bayreuth Formation indicate a fluvial transport from South to Southeast. The Sinemurian, 0,3-1,6 m thick marine-transgressive Gryphaeensandstein Formation shows a heterogeneous facies association with dolomitic coarse-grained sandstones, arenaceous marls, and fine-grained limonite sandstones. The latter directly overlay the Bayreuth Formation at Aschach. Here, they exhibit a hummocky cross-stratification, indicating a deposition above the storm wave base. The Early Pliensbachian 1,5-2,3 m thick, open-marine Numismalimergel-Formation is characterised by highly bioturbated ooidal-bioclastic packstones. For the first time, *Favreina*-type faecal pellets were detected in this formation. Hexactinellid sponges and the abundance of ammonites indicate open-marine conditions and high water depth. Shallow-water components such as cortoids are absent. Contrary to previous interpretations the condensed sediments of the Numismalimergel Formation are considered to reflect an increasingly high sealevel, with water depth below the storm wave base. Lower water depth is likely with respect to the following, Late Pliensbachian Amaltheenton Formation, which has been largely removed by a coast-parallel bottom water current at the transition to the Toarcian Posidonienschiefer Formation.

▪ **Keywords:** *Schwarzjura Group, Lower Jurassic, microfacies, Franconian Alb*

1. Einleitung

Die Numismalimergel-Formation bei Amberg war schon im vorletzten Jahrhundert als Quelle gut erhaltener Versteinerungen des Juras bekannt. Insbesondere Fundstücke des Petrefakten-Kabinetts des Grafen von Münster in Bayreuth gingen über die Monographien von von GOLDFUSS (1834-1840) und von SCHLOTHEIM (1820) in frühe paläontologische Literatur ein (BOUÉ 1829: S. 19f.), darunter zahlreiche Bivalven (z. B. *Myoconcha (Modiolina) decorata* (MÜNSTER in GOLDFUSS 1837)) und Ammoniten (z. B. *Androgynoceras capricornus* (SCHLOTHEIM 1820); SPATH 1938, pl. 23/1). Auch heute sind die gut erhaltenen Ammoniten, Gastropoden und Bivalven der oolithischen Kalkstein-Fazies (KRUMBECK 1936) der Numismalimergel-Formation geschätzte Sammlungsobjekte (AUMANN et al. 1997; GERNDT 2000).

Andere Schwarzjura-Formationen dieser Gegend erscheinen dagegen weniger intensiv untersucht. Insbesondere das stratigraphische Alter der marinen Sandsteine im Liegenden der Numismalimergel-Formation ist umstritten. Unge-

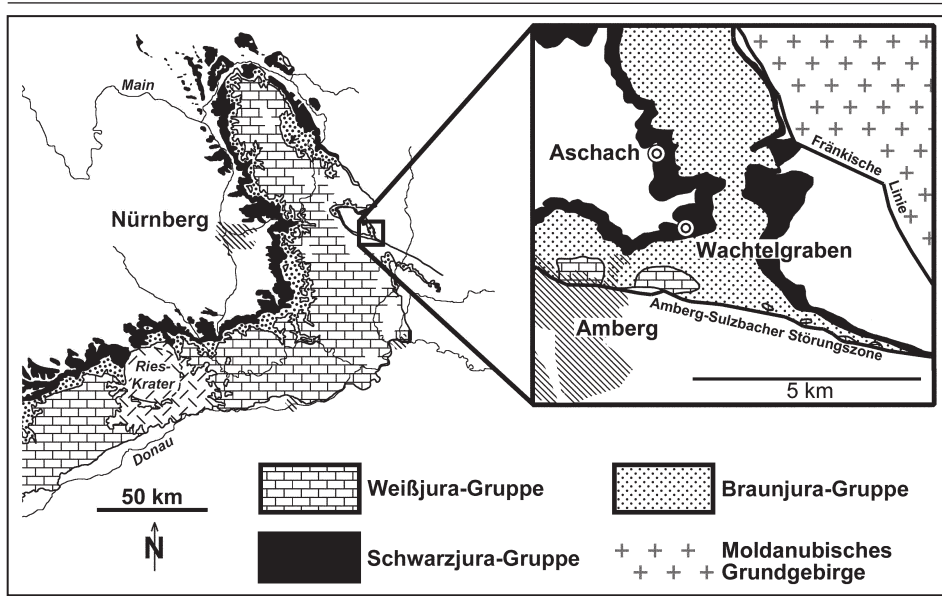


Abb. 1: Geologische Übersicht und Lage der untersuchten Profile Wachtelgraben bei Raiering und Aschach nordöstlich Amberg, Oberpfalz.

Fig. 1: Geological overview and location of the investigated sections Wachtelgraben near Raiering and Aschach northeast of Amberg, Oberpfalz.

wöhnlich ist auch die geringe Mächtigkeit und Fazies der Amaltheenton-Formation, wohingegen die Posidonienschiefer-Formation vergleichsweise mächtig erscheint. Auch sind Informationen zu Mächtigkeit, Fazies und Biostratigraphie der Jurensismergel-Formation im Arbeitsgebiet aufgrund mangelnder Aufschlüsse auf ältere Arbeiten beschränkt (SCHNITTMANN 1922, 1953, 1971; KRUMBECK 1943: S. 324). Der Wachtelgraben bei Raiering bietet dagegen einen Daueraufschluß von der Bayreuth-Formation (Hettangium) bis in die Posidonienschiefer-Formation (Toarcium). Erwähnt wurde der Aufschluß bereits bei von GÜMBEL (1891: S. 74, 397, 687) in Anschluß an das Profil Lintach. Eine Beschreibung erfolgte erst durch SCHNITTMANN in TILLMANN et al. (1963) sowie SCHMIDT (1982), jedoch in unterschiedlicher Vollständigkeit und Abweichungen im Detail. Das zum Vergleich herangezogene, 1,7 km nördlich des Wachtelgrabens gelegene Profil Aschach wurde zuvor von KRUMBECK (1932, 1936: Teilprofile) und GERNDT (2000) beschrieben und wird hier durch eigene Beobachtungen ergänzt. Ziel des vorliegenden Beitrages ist es (1) die lithologische Abfolge des Wachtelgraben-Profiles detailliert darzustellen, (2) litho- und biostratigraphische Zuordnungen zu überprüfen, und (3) Trends im Ablagerungsmilieu herauszuarbeiten.

2. Geographische Lage und geologischer Überblick

Der Wachtelgraben, ein bis zu 10 m tief eingeschnittener Bachlauf, liegt etwa 2 km nordöstlich Amberg, und erstreckt sich etwa 200-700 m östlich der Ortschaft Raigerung bei ca. 465 m ü.NN (Blatt 6537 Amberg, r 4493660, h 5480210; Abb. 1).

Das Gebiet Raigerung-Aschach-Lintach ist Teil des östlichen Vorlandes der Fränkischen Alb, mit bis zu 160 m Mächtigkeit erhaltenen Jura-Sedimenten (MEYER

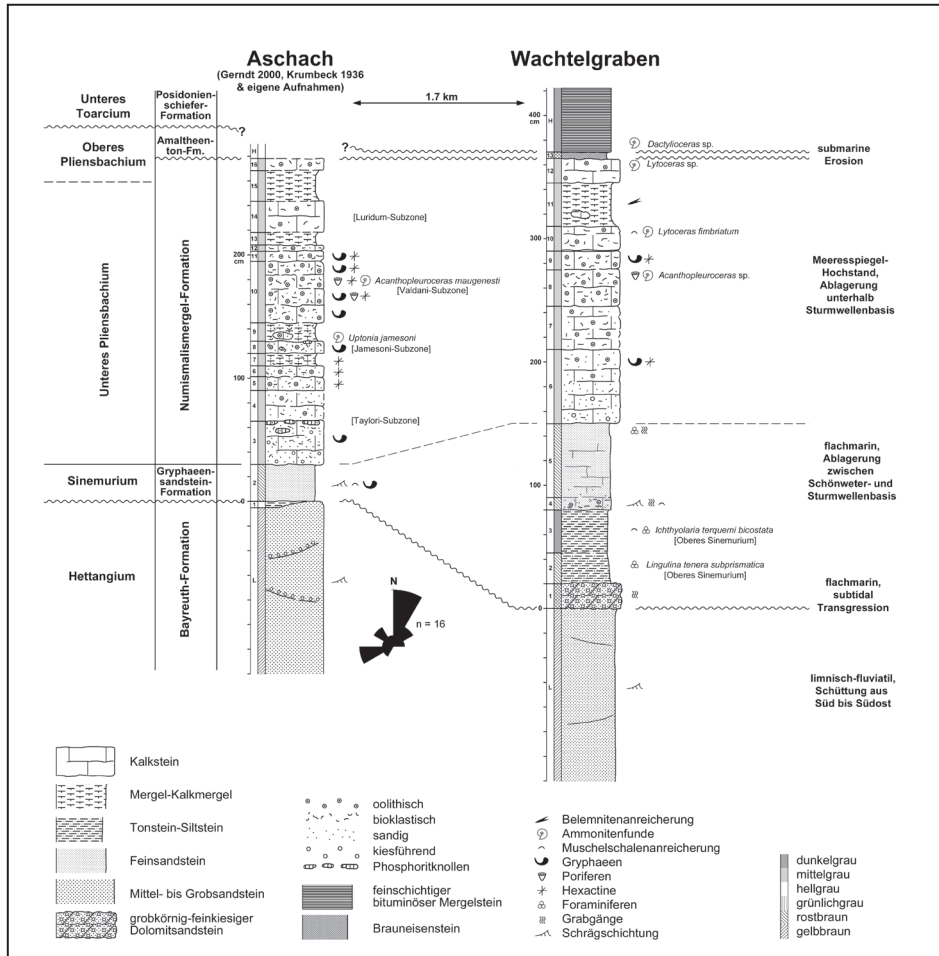


Abb. 2: Säulenprofile der Schwarzjura-Sedimentabfolge im Profil Wachtelgraben und Korrelation mit dem Vergleichsprofil Aschach (KRUMBECK 1932, 1936; GERNDT 2000; eigene Aufnahmen). Position der Taylori- und Luridium-Subzone nach GERNDT (2000).

Fig. 2: Columnar section of the exposure Wachtelgraben, and its correlation with the reference section Aschach (KRUMBECK 1932, 1936; GERNDT 2000; own observations). Position of the Taylori- and Luridium-Subzone according to GERNDT (2000).

& SCHMIDT-KALER 1996), welche etwa 450 m siliziklastische Trias-Sedimente (FREUDENBERGER 1996) über moldanubischem Grundgebirge überlagern. Südlich des Untersuchungsgebietes verläuft die Amberg-Sulzbacher Störungszone, an welcher kretazische Siliziklastika und Eisenerze von den o.g. jurassischen Sedimenten überschoben sind. Etwa 3 km östlich des Aufschlusses verläuft die Fränkische Linie, an welcher moldanubische Gneise und Granite sowie Unter-Rotliegendes gegen das mesozoische Deckgebirge aufgeschoben sind (TILLMANN et al. 1963). Der untersuchte Aufschluß Wachtelgraben liegt damit nahe der heutigen östlichen Verbreitungsgrenze des fränkischen Schwarzjuras (Abb. 1).

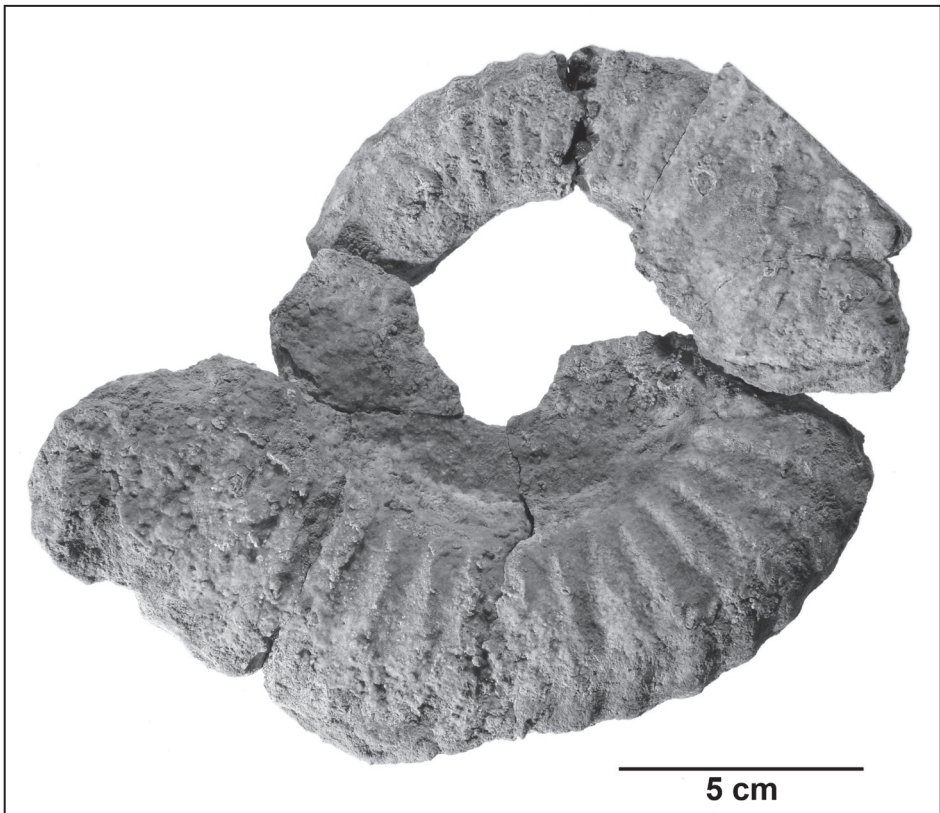


Abb. 3: *Uptonia jamesoni* (SOWERBY), Basis Schicht 9, Numismalismergel-Formation, Unteres Pliensbachium, Profil Aschach. GZG.INV.48489.

Fig. 3: *Uptonia jamesoni* (SOWERBY), base of bed 9, Numismalismergel Formation, Lower Pliensbachian, section Aschach. GZG.INV.48489.

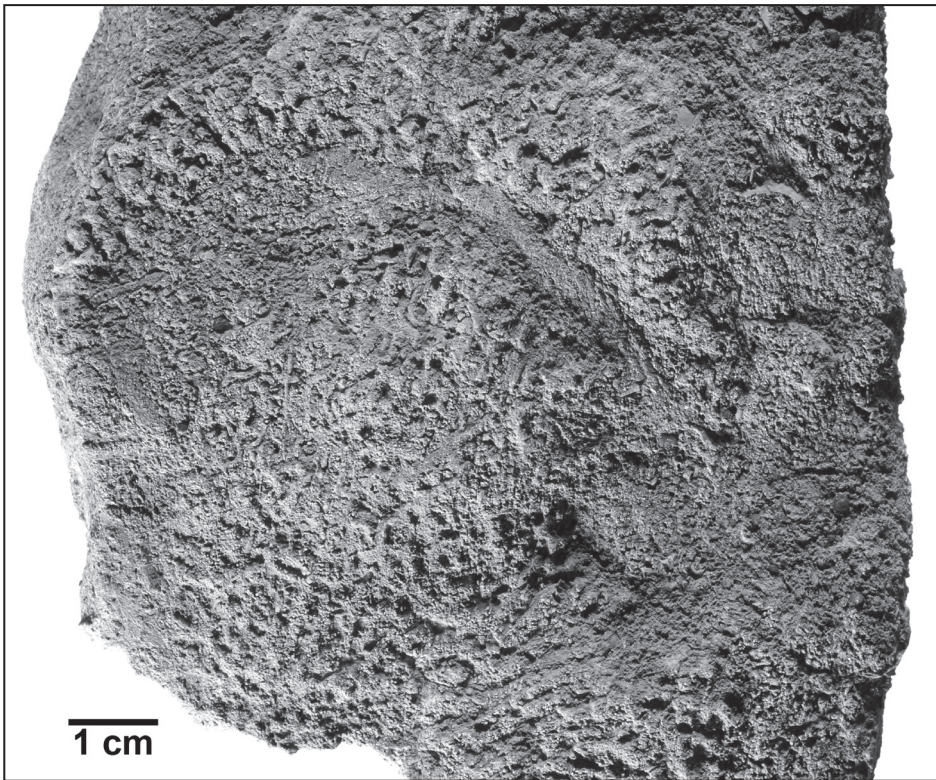


Abb. 4: Hexactinellider Schwamm auf angewitterter Oberfläche der Schicht 8 (*ex situ*), Numismalismergel-Formation, Unteres Pliensbachium, Profil Wachtelgraben. GZG.INV.48491.

Fig. 4: Hexactinellid sponge on weathered surface of bed 8 (*ex situ*), Numismalismergel Formation, Lower Pliensbachian, section Wachtelgraben. GZG.INV.48491.

3. Material und Methoden

Für die mikrofazielle Analyse wurden 32 Dünnschliffe in einer Größe zwischen 7,5 x 10 cm und 10 x 15 cm und einer Schlifffdicke von etwa 80 µm angefertigt. Die mikroskopische Dokumentation erfolgte mit einer Spiegelreflexkamera Canon DS 126 231 an einem Zeiss-Binokular Stemi 2000-C und einer AxioCam MRc-Kamera an einem Zeiss Imager Z1 Mikroskop. Für die Gewinnung von Mikrofossilien wurden zwei Mergelproben aus dem Profil Wachtelgraben mit einer 6-8%igen Soda-Lösung (Na_2CO_3) aufbereitet (WISSING & HERRIG 1999) und anschließend nass gesiebt (Maschenweite 5, 2, 1, 0,5 mm, 200 µm, 125 µm). Von den beiden letzten Fraktionen wurden jeweils 15 (Schicht 2) bzw. 25 Schüttungen (Schicht 3) ausgelesen. Die mikroskopische Dokumentation der Mikrofossilien erfolgte an einem Zeiss-Binokular SteREO Discovery.V12 mittels einer AxioCam MRc Kamera.

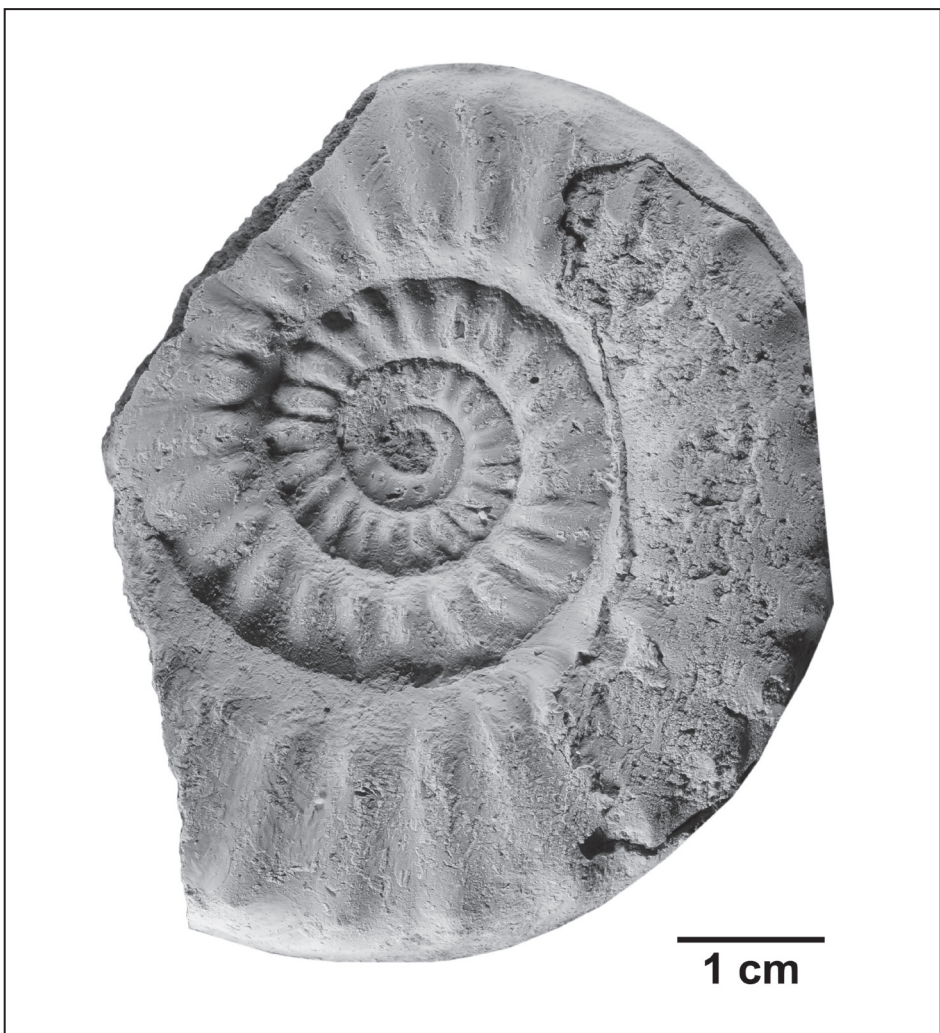


Abb. 5: *Acanthopleuroceras maugenesi* (D'ORBIGNY), 20 cm unter Top Schicht 10, Numismalischmergel-Formation, Unteres Pliensbachium, Profil Aschach. GZG.INV.48490.

Fig. 5: *Acanthopleuroceras maugenesi* (D'Orbigny), 20 cm below top of bed 10, Numismalischmergel Formation, Lower Pliensbachian, section Aschach. GZG.INV.48490.

Die Arbeiten wurden im Rahmen einer studentischen Geländeübung an der Universität Göttingen durchgeführt. Das Belegmaterial zu der vorliegenden Arbeit ist in der Sammlung des Geowissenschaftlichen Zentrums der Universität Göttingen hinterlegt (Sammlungsnummern GZG.INV.48489 bis GZG.INV.48491).

4. Ergebnisse

Lithologie und Makrofauna

Das Liegende des Profils Wachtelgraben wird von der Bayreuth-Formation gebildet (Abb. 2; Taf. 1A). Von dieser sind mehrere Meter gelbbraune, z. T. violettgraue siltige Feinsandsteine mit Hellglimmern erschlossen. Eine deutliche bogige Schrägschichtung ist erkennbar. Schrägschichtungsmessungen in der Baugrube und an Felsbildungen in Aschach zeigen ein Maximum in nördliche bis nordöstliche Richtung (Abb. 2).

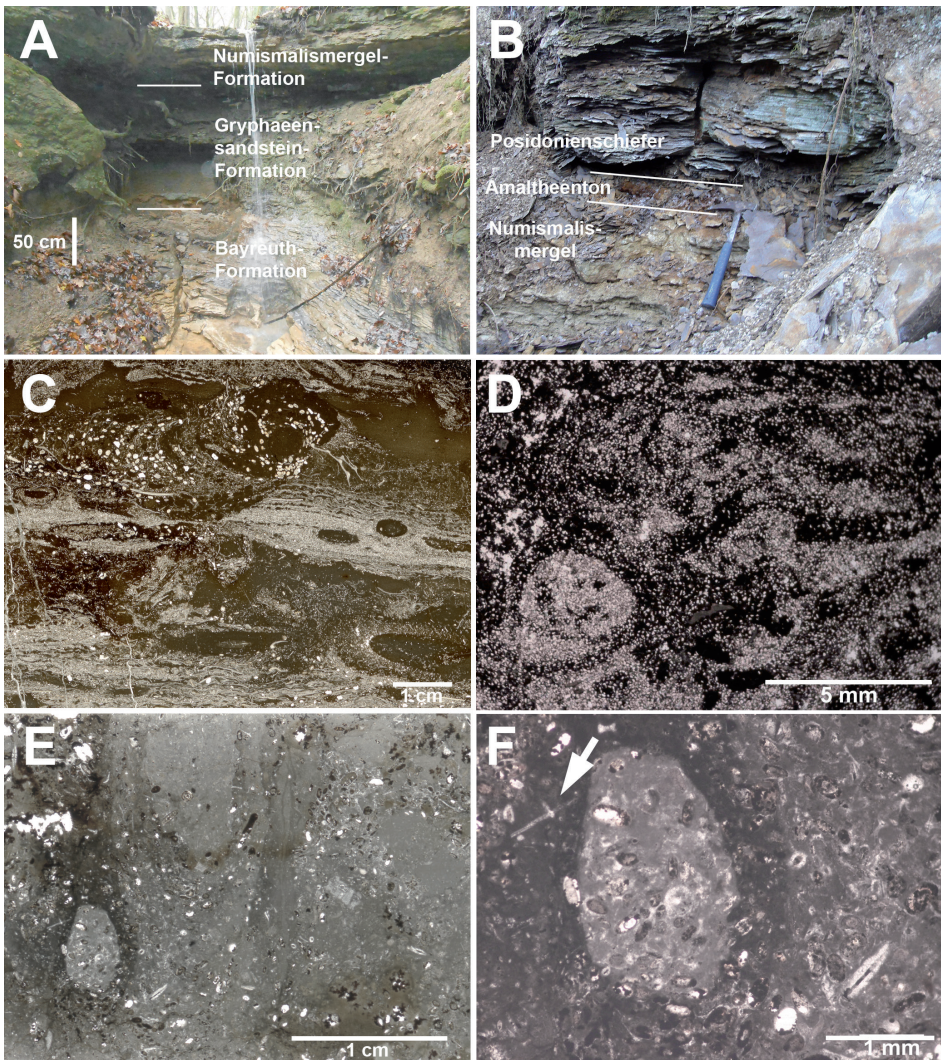
Die Gryphaeensandstein-Formation setzt mit Schicht 1, einem etwa 20 cm mächtigen grobkörnig-feinkiesigen Dolomitsandstein ein (Taf. 1A). Dieser ist bioturbat entschichtet und rostbraun verwittert. Schicht 2 und 3 folgen mit zusammen etwa 60 cm mächtigem, mergeligem Tonstein. Seine untere Hälfte ist noch braun gefärbt und quarzsandig, die obere Hälfte ist dunkelgrau, siltig und reich an weißem Schalenbruch. Eine Schichtung ist klar erkennbar.

Mit Schicht 4 und 5 folgen 70 cm feinkörnige, karbonatische dünnplattige Feinsandsteine, welche sich durch Grab- und Stopfgänge auszeichnen. An der Basis ist noch reliktsche Schrägschichtung ausgebildet sowie Kalkooide und Schalenbruch eingelagert. Beide Schichten bilden eine deutliche Hohlkehle unter dem Wasserfall des Wachtelgrabens (Taf. 1A).

Die insgesamt 2,15 m mächtige Numismalismergel-Formation (Abb. 2) setzt mit Schicht 6, einem 60 cm mächtigen Grobsand- und Feinkies-führenden, leicht dolomitischen bioklastischen Kalkstein ein. Der Grobsand-Gehalt nimmt zum Hangenden ab, wohingegen Ooide zunehmend häufig werden. Makrofossilien sind mit Belemniten, Gryphaeen sowie weiteren Muscheln und Brachiopoden

Taf. 1: Geländeaufnahmen und Mikrofazies der Schwarzjura-Abfolge am Wachtelgraben. **A.** Bereich des Wasserfalls mit Bayreuth- bis Numismalismergel-Formation. **B.** Östlicher Aufschlußbereich mit Kontakt der Numismalismergel- zu Amaltheenton-Formation und Basis der Posidonienschiefer-Formation. **C.** Karbonatischer ooidführender Feinsandstein mit Wechsel schräggeschichteter und bioturbater Lagen. Dünnschliff Schicht 4, Gryphaeensandstein-Formation. **D.** Bioturbater Feinsandstein mit limonitischer Matrix. Dünnschliff vom Top der Schicht 5, Gryphaeensandstein-Formation. **E.** Bioturbater Ooid-Bioklasten-Wackestone. Dünnschliff vom Top der Schicht 6, Numismalismergel-Formation. **F.** Detail aus E. mit Bioturbation, Ooiden und Hexactinen (Pfeil).

Plate 1: Field images and microfacies of the Schwarzjura succession at the Wachtelgraben. **A.** Area of the water fall exposing the Bayreuth to Numismalismergel Formations. **B.** Eastern part of the exposure showing the contact of the the Numismalismergel to Amaltheenton Formation, and the basal Posidonienschiefer Formation. **C.** Calcareous ooid-bearing fine-grained sandstone showing an alternation of cross-stratified and bioturbated layers. Thin section of bed 4, Gryphaeensandstein Formation. **D.** Bioturbated fine-grained sandstone with limonitic matrix. Thin section from top of bed 5, Gryphaeensandstein Formation. **E.** Bioturbated ooidal-bioclastic wackestone. Thin section from top of bed 6, Numismalismergel Formation. **F.** Detail from E showing bioturbation, ooids and hexactines (arrow).



vertreten. Die Bank bildet die Oberkante des Wasserfalls (Taf. 1A). Schicht 7, etwa 30-40 cm mächtig, besteht aus ooidführenden, bioklastischen Kalksteinen. Diese bilden im schräg abfallenden Bachbett mehrere kleine Stufen ohne klare Bankungsfugen, sodaß eine präzise Mächtigkeit schwierig zu ermitteln ist. Aus dem äquivalenten Bereich im Profil Aschach konnte eine *Uptonia jamesoni* (SOWERBY) geborgen werden (Abb. 3). Besser erschlossen sind Schicht 8 und 9 mit 45 cm ooidreichen, bioklastischen Kalken, welche neben Bivalven, Brachiopoden und Belemniten auch eine Lage Poriferen aufweisen (Abb. 4). Im Bachbett konnte ein *Acanthopleuroceras* sp. nachgewiesen werden. Die äquivalente Bank in Aschach lieferte mehrere Exemplare von *Acanthopleuroceras maugenesti* (D'ORBIGNY) (Abb. 5). Unter den Bivalven dominieren Gryphaeen (*Gryphaea*

gigantea SOWERBY), gefolgt von Pectiniden (*Pseudopecten equivalvis* (SOWERBY), *Entolium lunare* (ROEMER), *Camptonectes auritus* (SCHLOTHEIM), *Chlamys textoria* (SCHLOTHEIM), *Eopecten velatus* (Goldfuss)) und Limiden (*Plagiostoma punctatum* SOWERBY, *Antiquilima succincta* (SCHLOTHEIM), *Pseudolimea* sp.). *Parainoceramus* tritt nur untergeordnet und im obersten Teil dieser Schicht auf. Die nachfolgende Schicht 10, vom Liegenden durch eine Mergelfuge abgetrennt, ist eine bioklastische Kalkbank. Diese ist 20 cm mächtig und deutlich weniger oolithisch. Sie zeichnet sich durch zahlreichen Schalen von *Parainoceramus ventricosus* (SOWERBY) aus. Weitere Bivalven wie *Pseudopecten equivalvis* (SOWERBY) sind nur sehr untergeordnet vertreten. Neben Belemniten konnten mehrere Exemplare von *Lytoceras fimbriatum* (SOWERBY) nachgewiesen werden. Es folgt Schicht 11 mit 35 cm hellgrauen bioklastenreichen Mergeln mit unregelmäßigen Mergelkalkknollen. Die Schicht führt zahlreiche Belemniten. Der Abschluß der Numismalmergel-Formation wird durch Schicht 12, einer 20 cm mächtigen knolligen bioklastischen Kalkbank mit vergleichsweise wenigen Ooiden, gebildet (Taf. 1B). An ihrem Top konnte ein korrodiertes *Lytoceras*-Fragment geborgen werden.

Die Amaltheenton-Formation wird im Profil Wachtelgraben durch Schicht 13, eine nur 5-8 cm mächtige rostbraun verwitterte Limonitstein-Lage, vertreten (Taf. 1B). Darüber folgen mit scharfer Grenze laminierte bituminöse Mergelsteine der Posidonienschiefer-Formation (Taf. 1B). 5 cm über ihrer Basis wurde ein kompaktiertes *Dactylioceras* sp. nachgewiesen (Abb. 2).

Litho- und Mikrofazies

(i) Karbonatischer ooidführender Feinsandstein

Hauptkomponenten in Schicht 4 sind Feinsand und Bioklasten. Ersterer besteht aus 50-150 µm großen eckigen Quarzkörnern. Daneben sind einzelne angerundete Quarzkörner bis 1 mm Durchmesser eingestreut. Bioklasten werden im Wesentlichen von dünnen Bivalven- und Brachiopoden-Schalenfragmenten bis 5 mm Länge gebildet. Echinodermen-Fragmente bis 1 mm Größe sind nur sehr vereinzelt vertreten. Fleckenhaft finden sich Karbonatooide von 450-700 µm Durchmesser, welche allesamt durch Sparit ersetzt sind. Ooidkerne werden von Quarzkörnern gebildet. Stellenweise finden sich Kotpillen von 800 µm Durchmesser und 2 mm Maximallänge. Biomorpha werden von einzelnen Bivalvenschalen sowie häufigen, nodosariiden Foraminiferen vertreten. Das Gefüge zeichnet sich durch einen Wechsel von schräggeschichteten, komponentengestützten Feinsand-Schill-Lagen und bioturbaten, matrixgestützten mergeligen Mikritlagen mit wolkig verteiltem Feinsand, Kalkooiden, Bioklasten und Pellets aus. Wühl- und Stopfgefüge sind deutlich erkennbar (Taf. 1C).

(ii) Bioturbater Feinsandstein

Das Gestein der Schicht 5 wird im Wesentlichen von eckigen Quarzkörnern der Feinsand-Fraktion (50-150 µm) aufgebaut. Größere Quarzkörner bis 1 mm Durchmesser sind selten, ebenso dünne Schalenfragmente bis 1 mm Länge. Das Gefüge ist matrix- bis komponentengestützt und infolge von Wühl- und Stopfgängen stark bioturbat (Taf. 1D).

(iii) Bioturbater Ooid-Bioklasten-Wackestone

Hauptkomponenten in Schicht 6 sind gemischt karbonatisch-limonitische Ooide, Echinodermenreste (u. a. Crinoiden-Stilglieder), Bivalven- und Brachiopoden-Schalenbruch (u. a. punktate Schalen), sowie Schwammskleren (hexactine sowie größere monaxone Spiculae) (Taf. 1E, F). Bioklasten zeigen keine hyphenartigen Mikrobohrungen. Biomorpha sind mit Bivalven, einzelnen Belemniten sowie rotaliiden Foraminiferen vertreten. Das Gefüge ist matrixgestützt, unsortiert und deutlich bioturbat mit wolkiger Anreicherung von Komponenten (Taf. 1E, F). Nur wenige Stellen sind komponentengestützt mit mikrosparitischer Zementation.

(iv) Bioturbater Ooid-Bioklasten-Packstone

Hauptkomponenten der Schichten 8 bis 10 sind gemischt karbonatisch-limonitische Ooide (0,2-1 mm Durchmesser) und Bioklasten, insbesondere Echinodermenreste (bis 2 mm Durchmesser), Bivalven- und Brachiopoden-Schalenbruch (meist 1-2 mm Durchmesser) (Taf. 2A). Daneben sind häufig monaxone und hexactine Schwammskleren (Taf. 2B) zu finden. Auffällig ist eine Korrosion vieler Bioklasten durch 6 bis 17 µm dicke hyphenartige Bohrungen, welche die Ränder, z. T. aber auch komplette Komponenten durchdringen (Taf. 2C). Akzessorisch finden sich gerundete Grobquarze bis 2 mm Durchmesser sowie Kotpillen vom Typ *Favreina* (Taf. 2C, D). Letztere zeigen 4 Kanäle in ihrem Inneren, bei einem Durchmesser von 350-600 µm und Längen bis 1,5 mm. Biomorpha umfassen zentimetergroße Belemniten, Ammoniten, Bivalven sowie in Schicht 8 als Besonderheit 1-8 cm große hexactinellide Schwämme (Abb. 3, Taf. 2A). Nodosariide und involutinide Foraminiferen (*Nodosaria*, *Lenticulina*, *Astacolus*, *Involutina*) sind nur vereinzelt vertreten. Das Gefüge ist korngestützt, unsortiert und deutlich bioturbat mit wolkiger Anreicherung von Komponenten. Zwickel zwischen den Komponenten werden meist von einer mikritischen bis mikropeloidalen Matrix eingenommen, seltener durch mikrosparitischen Zement. Die Ooide sind rekristallisiert, mit einem Cortex aus Sparit oder Limonit mit eingelagerten Karbonatrhomboedern (Taf. 2C).

(v) Bioturbater Bioklasten-Wackestone

Hauptkomponenten der Schichten 11 und 12 sind Bioklasten, insbesondere Mikrobioklasten, Echinodermenreste, Bivalvenschalenbruch, sowie gemischt karbonatisch-limonitische Ooide. Unter den Bioklasten sind seltener auch Schwammskleren vertreten. Reste punktater Brachiopoden fehlen. Biomorpha umfassen Belemniten, pectinide Bivalven und einzelne rotaliide Foraminiferen. Einzelne Bioklasten zeigen hyphenartige Anbohrungen. Das Gefüge ist matrixgestützt, unsortiert und deutlich bioturbat mit wolkiger Anreicherung von Komponenten. In den Ooid-Cortices und der Matrix finden sich stellenweise Pyrit-Framboide.

(vi) Limonitisierter Mikrobialith

Der Brauneisenstein der Schicht 13 wird von einer amorphen Limonit-Grundmasse mit strukturlosem bis krümelig-peloidalem Mikrogefüge aufgebaut. Eingestreut sind limonit-impregnierte Echinodermenreste, limonitisierter Schalenbruch und einzelne gerundete Grobquarze bis 2 mm Durchmesser. Im Millimeter- bis Zentimeter-Bereich ist das Gestein unregelmäßig wellig, z. T. stromatolithartig geschichtet (Taf. 2F).

Foraminiferen

Zwecks biostratigraphischer Einordnung wurden zwei Proben der tonmergeligen Sedimente (Schichten 2 und 3) zwischen dem eigentlichen Gryphaeensandstein und den Feinsandsteinen unterhalb der Numismalimergel-Formation mikropaläontologisch untersucht.

Aus Schicht 2 konnten folgende Foraminiferen bestimmt werden: *Ammodiscus siliceus* (TERQUEM), mehrere Vertreter der Gattung *Dentalina*, *Nodosaria*, *Astaculus*, sowie *Frondicularia pulchra* TERQUEM, *Lenticulina varians* (BORNEMANN), *Planularia pseudocrepidula* Adams und *Lingulina tenera subprismatica* (FRANKE). Die meisten dieser Arten sind Durchläuferformen (FRANKE 1936, BARTENSTEIN & BRANDT 1937, WALTSCHEW 1996, JÄGER 1997). Stratigraphisch relevant ist *Lingulina tenera subprismatica* (FRANKE) (Abb. 6A), welche für Schicht 2 ein Ober-Sinemurium-Alter belegt. Auch das gehäufte Auftreten von *Ammodiscus siliceus* (TERQUEM) kann als Hinweis auf ein Ober-Sinemur-Alter gewertet werden (WICHER 1938).

Schicht 3 zeigt eine etwas geringer diverse, jedoch besser erhaltene Foraminiferen-Fauna mit folgenden Vertretern: *Ammodiscus siliceus* (TERQUEM) (Abb. 6B), mehrere Vertreter der Gattung *Dentalina*, *Lenticulina*, *Astaculus*, und *Planularia*. Häufiger sind nun Ichthyolarien, darunter *Ichthyolaria* TERQUEM *bicostata* D'ORBIGNY (Abb. 6C), welche nach BARTENSTEIN & BRANDT (1937) ab dem Obersinemur auftritt, gehäuft aber erst im Pliensbachium (FRANKE 1936).

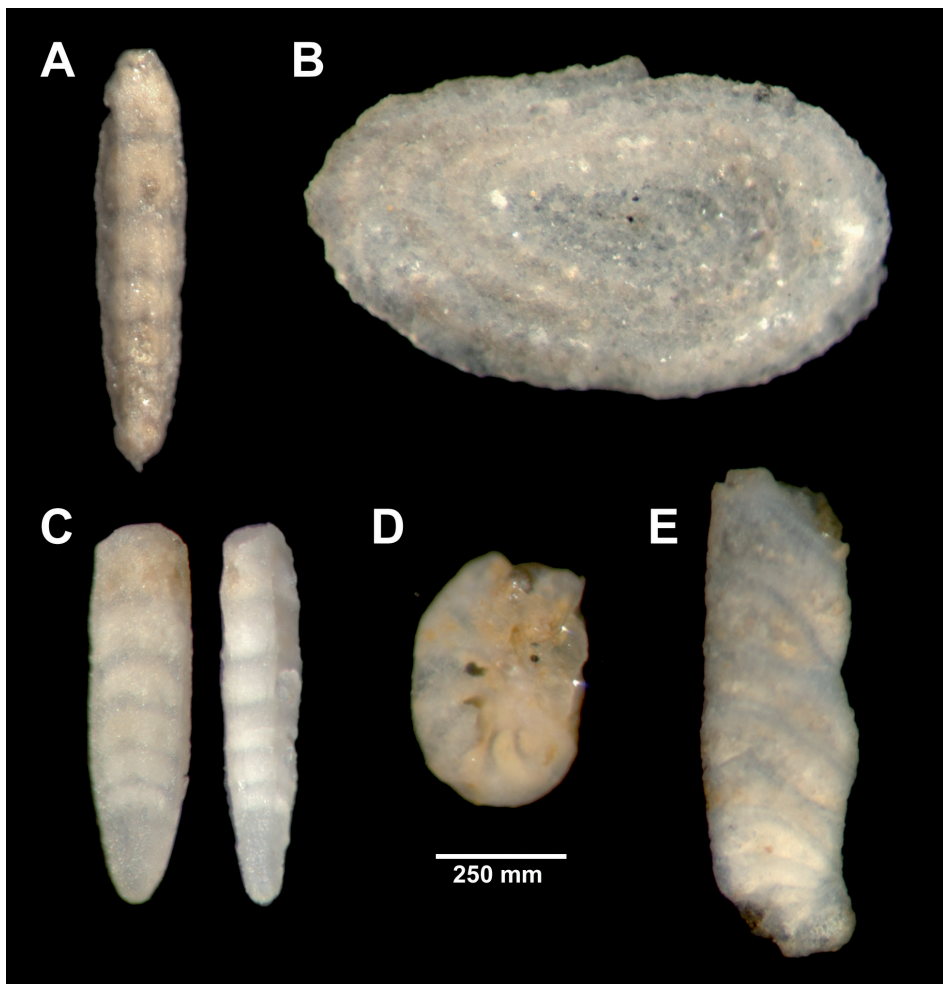


Abb. 6: Foraminiferen der Gryphaeensandstein-Formation, Oberes Sinemurium, Wachtelgraben. A. *Lingulina tenera subprismatica* (FRANKE), Schicht 2. B. *Ammodiscus siliceous* (TERQUEM), Schicht 3. C. *Lenticulina münsteri* (ROEMER), Schicht 3. D. *Ichthyolaria TERQUEMI bicostata* D'ORBIGNY, Schicht 3. E. *Vaginulina listi* (BORNEMANN), Schicht 3.

Fig. 6: Foraminifera of the Gryphaeensandstein Formation, Upper Sinemurian, Wachtelgraben. A. *Lingulina tenera subprismatica* (FRANKE), bed 2. B. *Ammodiscus siliceous* (TERQUEM), bed 3. C. *Lenticulina münsteri* (ROEMER), bed 3. D. *Ichthyolaria TERQUEMI bicostata* D'Orbigny, bed 3. E. *Vaginulina listi* (BORNEMANN), bed 3.

Aus dem Ober-Sinemurium FRANKENS wurde sie auch von WALTSCHEW (1996) nachgewiesen. Ebenso tritt in Norddeutschland nach BARTENSTEIN & BRANDT (1937) *Lenticulina münsteri* (ROEMER) (Abb. 6D) erst ab dem Ober-Sinemurium auf. Ferner wurden zwei Gehäuse von *Vaginulina listi* (BORNEMANN) (Abb. 6E) gefunden. Diese Art wird von BARTENSTEIN & BRANDT (1937) und WICHER (1938: Taf. 10) als eine häufige Form des Lias beta (Ober-Sinemurium) genannt,

kommt aber nach FRANKE (1936) auch schon in den Arietenschichten (Unter-Sinemurium) vor.

5. Interpretation und Diskussion

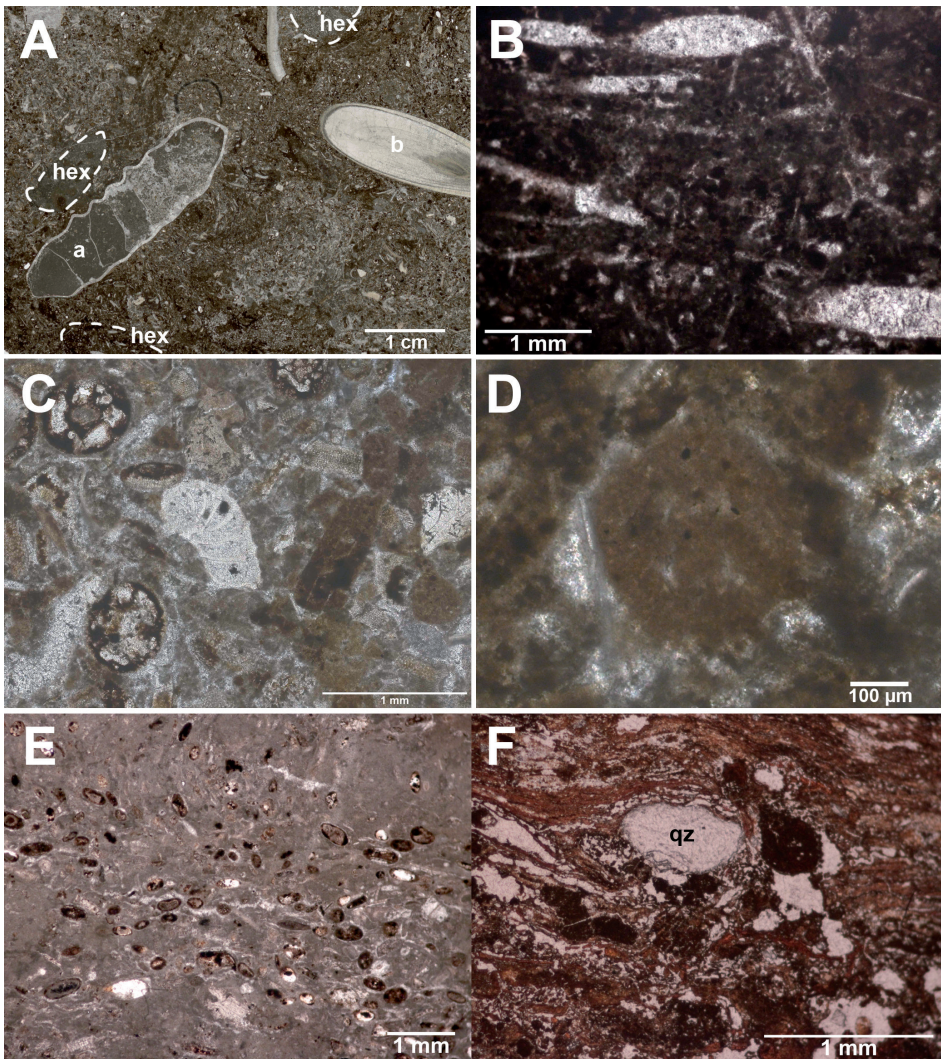
Litho- und Biostratigraphie

Wie in anderen Gebieten der Frankenalb zeigt die Basis der transgressiven Schwarzjura-Gruppe auch im Amberger Raum ein deutliches erosives Relief mit kleinräumigen lateralen Mächtigkeits- und Fazieswechselln (Abb. 2). Erste marine Sedimente werden im Profil Wachtelgraben durch feinkiesige dolomitische Grobsandsteine (typische »Arietensandstein«-Fazies) repräsentiert und der Gryphaeensandstein-Formation zugeordnet. Darüber folgen dunkle, grobsandige Tonmergel mit weißschalig erhaltenen Muschelschalen sowie kalkschalige Foraminiferen. Letztere belegen den marinen Charakter dieser Sedimente, wie auch deren zeitliche Zuordnung in das Sinemurium (z. B. *Lingulina tenera subprismatica* (FRANKE)).

Bemerkenswert sind die folgenden Bivalven- und Foraminiferen-führenden Feinsandsteine, welche in Aschach direkt der Bayreuth-Formation (Hettangium) auflagern (Abb. 2). Auch KRUMBECK (1932, S. 118f.) beschreibt Feinsandsteine des »Lias beta?« von Aschach. Dort führen sie neben anderen Muscheln auch *Gryphaea maccullochii* SOWERBY und werden entsprechend der Gryphaeensandstein-Formation zugeordnet. Aus dem Wachtelgraben wurden die Feinsandstei-

Taf. 2: Mikrofazies der Schwarzjura-Abfolge am Wachtelgraben. **A.** Bioturbater Ooid-Bioklasten-Packstone mit Ammoniten (a), Belemniten (b) und hexactinelliden Schwämmen (hex). Dünnschliff Schicht 8, Numismalismergel-Formation. **B.** Monaxone und hexactine Skleren eines Schwammkörpers in Schicht 8. Dünnschliff, Numismalismergel-Formation. **C.** Gemischt karbonatisch-limonitische Ooide, Foraminiferen (*Astaculus* sp.) und Kotpillen vom Typ *Favreina* in Schicht 8. Dünnschliff, Numismalismergel-Formation. **D.** Querschnitt einer Kotpille vom Typ *Favreina* mit vier Kanälen. Dünnschliff Schicht 8, Numismalismergel-Formation. **E.** Bioturbater Bioklasten-Ooid-Wackestone. Dünnschliff Schicht 12, Numismalismergel-Formation. **F.** Limonitisierter Mikrobialith mit stromatolithischem Gefüge und einem Grobquarz (qz). Dünnschliff Schicht 13, Amaltheenton-Formation.

Plate 2: Microfacies of the Schwarzjura succession at the Wachtelgraben. **A.** Bioturbated ooidal bioclastic packstone with ammonoids(a), belemnites (b) and hexactinellide sponges (hex). Thin section of bed 8, Numismalismergel Formation. **B.** Monaxone and hexactine spicules of a sponge body in bed 8. Thin section, Numismalismergel Formation. **C.** Ooids with mixed calcite-limonite mineralogy, foraminifera (*Astaculus* sp.) and *Favreina*-type faecal pellets in bed 8. Thin section, Numismalismergel Formation. **D.** Cross section of a *Favreina*-type faecal pellet showing four canals. Thin section of bed 8, Numismalismergel Formation. **E.** Bioturbated bioclastic-ooidal wackestone. Thin section of bed 12, Numismalismergel Formation. **F.** Limonitic microbialite with stromatolitic fabric and a coarse quartz grain (qz). Thin section of bed 13, Amaltheenton Formation.



ne zuerst von SCHMIDT (1982, S. 33) erwähnt, jedoch als Basis der Numismalimergel-Formation (»Lias gamma«) interpretiert.

Marine Feinsandsteine des tieferen Schwarzzuras des Amberger Gebietes wurden zuvor bereits mehrfach beschrieben, jedoch stratigraphisch älter eingestuft: So beschreibt von GÜMBEL (1891) etwa 2,5 m mächtige Feinsandsteine mit Resten weißer Muschelschalen von Lintach, welche er dem Angulatensandstein (Oberes Hettangium) zuordnet. Eine Einstufung als Angulatensandstein erschien gestützt durch Ammoniten-Funde im überlagernden grobkörnig-feinkiesigen »Arietensandstein« bei Lintach durch SPERBER (1932), welcher *Arietites spinaries* [*Eua-gassiceras resupinatum* (SIMPSON)], *Agassiceras* cf. *dauidsoni* [*Cymbites laevigatus* (SOWERBY)] und *Aegoceras birchi* [*Microderoceras birchi* (SOWERBY)] anführt.

Arietites-Funde durch H. TILLMANN sowohl in der typischen grobkörnigen »Arietensandstein-Fazies« (Gryphaeensandstein) als auch der feinkörnigen Angulatusandstein-ähnlichen Lithologie bei Bubach/Schwandorf veranlassen dagegen TILLMANN et al. (1963), TILLMANN (1988) sowie MEYER (1985) beide Lithologien dem Unteren Sinemurium (»Lias alpha 3«) zuzuordnen. Die Feinsandsteine deutet MEYER (1985) als Ablagerungen einer Randsenke, gelegen östlich einer Quarzgeröll-Grobsand-Schwelle. Der noch weiter südöstlich gelegene Keilbergandstein wird von ihm als terrestrisch interpretiert. Leider sind alle oben genannten Arieten-Funde nicht abgebildet oder durch Sammlungsstücke belegt. Ebenso wurden seither, trotz intensiver Sammeltätigkeit von Hobbypaläontologen, in diesem Gebiet keine Arieten-Funde mehr gemacht.

Dagegen finden sich Belege für die Arietites-ähnlichen Paltechioceraten des obersten Sinemuriums von der grobsandig-feinkiesiger Basis der Numismalmergel-Formation von Ehenfeld (*Paltechioceras* cf. *aplanatum* aus der Privatsammlung Armin Bauer, Pressath; cf. *Vermiceras* sp. in GERNDT 2000). Vor diesem Hintergrund erscheint für ältere Funde in der Literatur eine Verwechslung von Arieten (Unteres Sinemurium) mit den morphologisch sehr ähnlichen, aber stratigraphisch jüngeren Paltechioceraten möglich. Eine Zuordnung der vorliegenden Feinsandsteine vom Wachtelgraben und Aschach zum Oberen Sinemurium erscheint daher am Wahrscheinlichsten, zumal die liegenden Tonmergel eine Foraminiferen-Fauna des Oberen Sinemuriums aufweisen.

Die Untergrenze der Numismalmergel-Formation wurde mit der ersten Kalksteinbank gezogen. Sie führt noch reichlich Grobquarz bis Feinkies, weist aber schon eine mikritische Matrix auf. Diese Gesteine haben in der Umgebung Ammoniten der Taylori-Subzone geliefert (GERNDT 2000), so dass hier die Basis des Pliensbachiums zu suchen ist.

Etwas höher konnte in Aschach die Jamesoni-Subzone belegt werden (Abb. 3). Am besten dokumentiert ist jedoch die Valdani-Subzone mit ihrem gehäuften Vorkommen von Acanthopleuroceraten (Abb. 5; siehe auch GERNDT 2000). Das Inoceramen-Maximum mit vergesellschafteten *Lytoceras fimbriatum* (SOWERBY) im höheren Teil der Numismalmergel-Formation dürfte der Luridum-Subzone entsprechen (GERNDT 2000). Die obersten 50 cm der Numismalmergel-Formation sind dagegen im Profil Wachtelgraben mangels Ammonitenfunden biostratigraphisch nicht sicher zuzuordnen. Vermutlich ist im Belemniten-reichen Mergel der Schicht 11 der Grenzbereich Davoei/Margaritatus bzw. der Grenzbereich Unteres/Oberes Pliensbachium zu suchen.

Die Amaltheenton-Formation ist am Wachtelgraben nur in Form eines 5-8 cm mächtigen Brauneisensteins vertreten, welcher hier als mikrobielle Bildung während einer Erosions- bzw. Nicht-Sedimentationsphase des Oberen Pliensbachiums interpretiert wird (Taf. 2F). Das ursprünglich karbonathaltige und vermutlich eisensulfidreiche Gestein ist oberflächennah infolge Sulfidoxidation entkalkt und zu Limonit umgesetzt worden. Als laterales Äquivalent können die

»Lias-d-Roteisenerze« des Regensburg-Bodenwöhrer Gebiets angesehen werden (BAUBERGER 1969, MEYER & BAUBERGER 1998). Die Untergrenze der Posidonienschiefer-Formation kann mit dem scharfen Einsetzen bituminöser, *Dactyloceiras*-führender laminiertes Tonmergelsteine gezogen werden.

Trends im Ablagerungsmilieu

Die schrittweise Überflutung des Vindelizischen Landes durch das Schwarzjura-Meer (MEYER & SCHMIDT-KALER 1996) fällt mit dem langfristigen eustatischen Meeresspiegelanstiegs während der Unterjura-Zeit zusammen (HALLAM 2001, Pienkowski et al. 2008). Synsedimentäre tektonische Bewegungen sind dagegen für diesen Zeitraum im Arbeitsgebiet bis dato nicht überzeugend dokumentiert. Für die auf die ersten jurassischen, noch limnisch-fluviatilen Sandsteine der Bayreuth-Formation folgende marine Gryphaeensandstein- wie auch Numismalimergel-Formation wurden bisher geringe Wassertiefen angenommen (MEYER & SCHMIDT-KALER 1996: »gut durchlüftetes Flachmeer«). Argumente hierfür waren geringe Mächtigkeiten, grobe Korngrößen sowie Kalkooide und Schalenbruch (KRUMBECK 1936, S. 199 f.; MEYER 1983, S. 53 bewegtes Flachwasser). Im Gegensatz dazu sollen die Sedimente der nachfolgenden Amaltheenton-Formation in ein »sich zunehmend absenkendes, stilles Meeresbecken geliefert« worden sein (MEYER & SCHMIDT-KALER 1996).

Im Profil Wachtelgraben folgen auf marin-dolomitisch zementierte, umgelagerte feinkiesige Grobsandsteine der basalen Gryphaeensandstein-Formation bereits dunkle Tonmergel mit einer diversen, kalkschaligen Foraminiferen-Fauna. Diese belegt vollmarine Bedingungen, wobei jedoch noch Cephalopoden fehlen. Die nachfolgenden Feinsandsteine mit ihrer Beulenschichtung deuten auf Wassertiefen noch oberhalb der Sturmwellenbasis hin (Abb. 2). Die ausgeprägte Bioturbation belegt einen gut durchlüfteten Meeresboden.

Die Numismalimergel-Formation ist weiterhin durch starke Bioturbation und Mangelsedimentation charakterisiert. Bereits ab dem höheren Teil der Schicht 6 (Jamesoni-Zone) finden sich jedoch Skleren hexactinellider Schwämme (Taf. 1EF). Etwas höher in der Gesteinsabfolge, in der Valdani-Subzone (Schicht 8), treten dann gehäuft Schwammskleren und zusammenhängende Körper hexactinellider Schwämme gemeinsam mit zahlreichen Ammoniten auf (Taf. 2AB). Dies deutet auf offenmarine Bedingungen mit höheren Wassertiefen, unterhalb der Sturmwellenbasis, hin. In der Tat finden sich hexactinellide Schwämme mit ähnlichen Skelett-Bautypen in Knollenkalken absinkender Schelfblöcke des alpinen Unterjuras (DELECAT & REITNER 2005).

Zwar wird die Numismalimergel-Formation des Amberger Raumes durch ein Bioklasten- und Ooid-reiches Sediment aufgebaut. Jedoch ist durchgängig eine mikritische Matrix vorhanden und ausgewaschene, korngestützte Gefüge fehlen. Bezeichnenderweise zeigen die Bioklasten auch keine randlichen Mikritisierung

gen (*micrite envelopes*) wie sie bevorzugt durch phototrophe Mikrobohrer des Flachwassers entstehen (BATHURST 1966, GOLUBIĆ et al. 1975), sondern dünne hyphenartige Bohrungen. Diese sind eher für nicht oder schwach durchlichtete Milieus typisch (BUDD & PERKINS, 1980; GLAUB et al. 2007). Daher sind hier im Gegensatz zu früheren Interpretationen höhere Wassertiefen im Sinn von mehr als 100 m anzunehmen (Abb. 2).

Erst der starke siliziklastische Eintrag während des höheren Pliensbachiums (Amaltheenton-Formation) deutet auf einen rückläufigen Meeresspiegel mit Vorbau von Flußdeltas hin (Zimmermann et al. 2015: Fig. 9). Die ungewöhnlich geringe Mächtigkeit des Amaltheentons im Raum Amberg läßt sich mit einer Ausräumung durch eine küstenparallele Bodenwasserströmung im Übergang vom Pliensbachium zum Toarcium erklären (ARP et al. 2014). Die Genese des limonitisierten Mikrobialithes ist jedoch noch unklar, insbesondere da die vorliegenden Proben durch die oberflächennahe Sulfidoxidation stark überprägt sind. Das stromatolithartige Gefüge deutet auf eine mikrobielle Genese hin. Möglicherweise handelt es sich um Bildungen ähnlich der aphotischen, eisensulfidreichen Stromatolithen, wie sie von KEUPP & ARP (1990) von Diskontinuitäten des Schwarzjuras beschrieben worden sind.

6. Schlußfolgerungen

Das Profil Wachtelgraben ist eine der wenigen Daueraufschlüsse der Frankenalb, welche die Gesteinsabfolgen der Schwarzjura-Transgression von der limnisch-fluviatilen Bayreuth-Formation bis zur marin-euxinischen Posidonienschiefer-Formation erschließt.

Die Gryphaeensandstein-Formation umfasst neben dem typischem grobkörnig-feinkiesigen »Arietensandstein« und grobsandigen Mergeln auch eine feinkörnige Limonitsandstein-Fazies. Diese sind noch dem Sinemurium zuzuordnen und repräsentieren marine Ablagerung oberhalb der Sturmwellenbasis.

Die kalkoolithische Fazies der Numismalmergel-Formation ist dagegen aufgrund des Vorkommens hexactinellider Schwämme, der häufigen Ammoniten und dem Fehlen von Flachwasser-Komponenten höheren Wassertiefen unter der Sturmwellenbasis zuzuordnen. Erstmals konnten auch Kotpillen von Typ *Favreina* in der Numismalmergel-Formation nachgewiesen werden.

Die limonitische Fazies der ungewöhnlich geringmächtigen Amaltheenton-Formation geht vermutlich auf eine mikrobielle Fällung während einer submarinen Erosionsphase zurück.

7. Danksagung

Herrn Axel Hackmann, Göttingen, sei für die Unterstützung bei Anfertigung der Dünnschliffe gedankt. Die photographische Dokumentation der Makrofossilien verdanken wir Herrn Max Hundertmark, Göttingen. Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes danken wir Roman Koch, Erlangen.

8. Literatur

- ARP, G., AIGLSTORFER, M., HAVLIK, P., KRAUSE, T., SCHULBERT, C. & SEPPELT, S. (2014): New exposure of the Ludwigskanal section near Dörlbach - a key section for the Lower Jurassic in the Franconian Alb, Southern Germany. – *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften* **165**: 163-177, Stuttgart.
- AUMANN G., BACKERT W. & KEUPP H. (1997): Fossilien des Jura: Ehenfeld - ein besonderes Fundgebiet. – 28 S., Selbstverlag der Stadt Lichtenfels.
- BARTENSTEIN, H. & BRANDT, E. (1937): Mikro-paläontologische Untersuchungen zur Stratigraphie des nordwest-deutschen Lias und Doggers. – *Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft*, **439**: 1-224, 20 Taf., Frankfurt a. M.
- BATHURST, R.G.C. (1966): Boring algae, micrite envelopes, and lithification of molluscan biosparites. – *Geological Journal*, **5**: 15-32, Liverpool.
- BAUBERGER W., CRAMER P. & TILLMANN H. (1969): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000 Blatt Nr. 6938 Regensburg. – 414 S., München (Bayerisches Geologisches Landesamt).
- BOUÉ, A. (1829): Geognostisches Gemälde von Deutschland: Mit Rücksicht auf die Gebirgs-Beschaffenheit nachbarlicher Staaten. – 623 S., Frankfurt a.M. (Joh. Christ. Hermann'sche Buchhandlung).
- BUDD, D.A. & PERKINS, R.D. (1980): Bathymetric zonation and paleoecological significance of microborings in Puerto Rican Shelf and Slope Sediments. – *Journal of Sedimentary Petrology*, **50**: 881-994, Tulsa.
- DELECAT, S. & REITNER, J. (2005): Sponge communities from the Lower Liassic of Adnet (Northern Calcareous Alps, Austria). – *Facies*, **51**: 385-404, Erlangen.
- FRANKE, A. (1936): Die Foraminiferen des deutschen Lias. – *Abhandlungen der Preussischen Geologischen Landesanstalt, Neue Folge*, **169**: 1-138, 12 Taf., Berlin.
- FREUDENBERGER W. (1996): Trias. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt (Hrsg.): *Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000* (4. neubearbeitete Auflage): 65-89, München (Bayerisches Geologisches Landesamt).
- GERNDT, R. (2000): Die Fossilien des Lias y (Unteres Pliensbachium) im Raum Amberg-Hirschau, Oberpfalz. – *Der Aufschluß*, **51**: 137-147, Heidelberg.
- GLAUB, I., GOLUBIĆ, S., GEKTIDIS, M., RADTKE, G. & VOGEL, K. (2007). Microborings and microbial endoliths: Geological implications. – In: Miller, W. (Ed.): *Trace Fossils*. Amsterdam (Elsevier): 368-381.

- GOLUBIĆ, S., PERKINS, R.D. & LUKAS, K.J. (1975): Boring microorganisms and microborings in carbonate substrates. – In: Frey, R.W. (Hrsg.): The study of trace fossils: 229-259, Heidelberg.
- HALLAM, A. (2001): A review of the broad pattern of Jurassic sea-level changes and their possible causes in the light of current knowledge. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **167**: 23-37, Amsterdam.
- JÄGER, R.J. (1997). Foraminiferen und Ostracoden aus den Fleckenmergeln des kalkalpinen Lias. *Biostratigraphie und Paläoökologie*. – *Münchner geowissenschaftliche Abhandlungen*, **A 33**: 1-111, München.
- KEUPP, H. & ARP, G. (1990): Aphotische Stromatolithe aus dem süddeutschen Jura (Lias, Dogger). – *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen*, **A 124**: 3-33, Berlin.
- KRUMBECK, L. (1932): Zur Stratigraphie des Lias in Nordbayern. I. Lias b. – *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie Beilage-Band*, **68**, Abt. B: 1-126, Stuttgart.
- KRUMBECK, L. (1936): Stratigraphie und Faunenkunde des Lias γ in Nordbayern. – *Zeitschrift der deutschen 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.
- MEYER, R.K.F. (1985): Der Verstoß des Lias-a-3-Meeress (Unter-Sinemurium) nach Ostbayern. – *Geologisches Jahrbuch*, **A 84**: 43-54, Hannover.
- MEYER, R.K.F. & BAUBERGER, W. (1998): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000 Blatt Nr. 6739 Bruck i.d.Opf. – 164 S., München (Bayerisches Geologisches Landesamt).
- MEYER, R.K.F. & SCHMIDT-KALER, H. (1996): Jura. – In: Bayerisches Geologisches Landesamt (Hrsg.): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000 (4. neubearbeitete Auflage): 90-111, München (Bayerisches Geologisches Landesamt).
- PIENKOWSKI, G., SCHUDACK, M., BOSÁK, P., ENAY, R., FELDMAN-OLSZEWSKA, A., GOLONKA, J., GUTOWSKI, J., HERNGREEN, J.G.F.W., JORDAN, P., KROBICKI, M., LATHULLIERE, B., LEINFELDER, R., MICHALIK, J., MÖNNIG, E., NOE-NYGAARD, N., PALFY, J., PINT, A., RASSER, M.W., REISDORF, A. G., SCHMID, D.U., SCHWEIGERT, G., SURLYK, F., WETZEL, A., WONG, T.E. (2008): Jurassic. – In: McCANN, T. (Hrsg.): The Geology of Central Europe. Vol. 2. Mesozoic and Cenozoic: 823-922, London (The Geological Society).
- SCHMIDT, S. (1982): Sedimentologisch-ökologische Untersuchungen im Lias gamma der nördlichen Frankenalb und Oberpfalz. – *Diplomarbeit Universität Heidelberg*, 128 +XXXII S., Heidelberg.
- SCHNITTMANN, F. (1922): Beiträge zur Stratigraphie der Oberpfalz. Stratigraphie und Tektonik bei Ehenfeld. – *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, **72**: 1-25, Stuttgart.
- SCHNITTMANN, F.X. (1953): Der Amberger Lias nach Aufschlüssen in Bombentrümmern. – *Geologische Blätter für Nordost-Bayern*, **3**: 76-78, Erlangen.

- SCHNITTMANN, F.X. (1971): Neue Profile durch Lias und Unteren Dogger bei Hirschau in der Oberpfalz. – *Acta Albertina Ratisbonensia*, **31**: 101-112, Regensburg.
- SPATH, L.F. (1938): A Catalogue of the Ammonites of the Liassic family Liparoceratidae in the British Museum (Natural History). – 191 S., 26 Tafeln, London.
- SPERBER, H. (1932): Geologische Untersuchungen im Bereiche des Hahnbacher Sattels. – 124 S., Dissertation, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen.
- TILLMANN, H. (1988): Die Freihöls-Bodenwöhrer Senke/Opf. und ihr Vorland. – 207 S., unveröff. Manuskript, München.
- TILLMANN, H., Treibs, W. & Ziehr, H. (1963): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25000 Blatt Nr. 6537 Amberg. – 222 S., München (Bayerisches Geologisches Landesamt).
- VON GOLDFUSS, G.A. (1834-1840): *Petrefacta Germaniae*. Zweiter Theil. Muschelthiere der Vorwelt. – 312 S., Taf. 72-165, Düsseldorf (Arnz).
- 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).
- VON SCHLOTHEIM, E.F. 1820. Die Petrefactenkunde auf ihrem jetzigen Standpunkte durch die Beschreibung seiner Sammlung versteinertes und fossiler Überreste des Thier- und Pflanzenreichs der Vorwelt erläutert. – LXII + 437 S., 15 Taf., Gotha (Becker).
- WALTSCHEW, A. (1996): Foraminiferen des fränkischen Lotharingium. – *Erlanger geologische Abhandlungen*, **127**: 1-55, Erlangen.
- WICHER, C.A. (1938): Mikrofaunen aus Jura und Kreide insbesondere Norddeutschlands. 1. Teil: Lias α - ϵ . – *Abhandlungen der Preußischen Geologischen Landesanstalt, Neue Folge*, **193**: 1-16, 27 Taf., Berlin.
- WISSING, F.N. & HERRIG, E. [unter Mitarbeit von REICH, M.] (1999): Arbeitstechniken der Mikropaläontologie. Eine Einführung. – 191 S., Stuttgart (Enke).
- ZIEGLER, P.A. 1990. Geological atlas of western and central Europe. 2nd ed. – 239 S., 56 Karten, Den Haag (Shell Internationale Petroleum Maatschappij B.V.).
- ZIMMERMANN, J., FRANZ, M., HEUNISCH, C., LUPPOLD, F.W., MÖNNIG, E. & WOLFGRAMM, M. (2015): Sequence stratigraphic framework of the Lower and Middle Jurassic in the North German Basin: Epicontinental sequences controlled by Boreal cycles. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **440**: 395-416, Amsterdam.

Lage	Einfallsrichtung	Einfallswinkel
	[°]	[°]
Andreas-Meckl-Straße, Aschach	210	20
6537 Amberg R: 44 92 920, H: 54 81 550	330	10
Schmidberg, 75 m SW ^e Kirche St. Ägidius, Aschach	250	24
6537 Amberg R: 44 93 115, H: 54 81 465	17	21
	306	18
	290	23
	20	12
	20	17
	62	10
	25	27
	21	23
	40	14
	248	27
	314	16
	250	15
	30	9
Anzahl [n]:	16	

Tabelle 1: Schrägschichtungsmessungen in der Bayreuth-Formation (Hettangium) von Aschach bei Amberg.

Table 1: Direction and inclination of foreset beds in the fluvial Bayreuth Formation (Hettangian) of Aschach near Amberg.

Schicht	Mächtigkeit	Lithologie und Fossilien
Nr.	[cm]	
H	50	Hangendes: brauner Humusboden, untere Hälfte mit Kalkstein-Solifluktionsschutt;
12	5	mittelgrauer kalkoolithischer, bioklastischer Kalkstein mit vereinzelt Grobquarzen; bioturbat;
11	8	mittelgrauer kalkoolithischer, bioklastischer Kalkstein mit vereinzelt Grobquarzen; bioturbat; Belemniten, <i>Gryphaea gigantea</i> SOWERBY, <i>Pseudopecten equivalvis</i> (SOWERBY); Schwammnadeln;
10	50	mittelgrauer kalkoolithischer, bioklastischer Kalkstein mit vereinzelt Grobquarzen; bioturbat; durch unregelmäßige Fugen in vier Teilbänke untergliedert; oberste Teilbank mit Schwammnadeln, <i>Gryphaea gigantea</i> SOWERBY, <i>Pseudopecten</i> sp.; Belemniten und Echinodermenreste; dritte Teilbank mit hexactinelliden Schwämmen, <i>Acanthopleuroceras maugenesti</i> (D'ORBIGNY), ein Kleingastropode, Belemniten, <i>Pseudopecten</i> sp., <i>Parainoceramus</i> sp., <i>Pinna</i> sp., Echinodermenresten und Treibholz; zweite Teilbank mit hexactinelliden Schwämmen, <i>Gryphaea gigantea</i> SOWERBY, <i>Pseudopecten</i> sp., rhynchonellide und terebratulide Brachiopoden, <i>Liospiriferina rostrata</i> (SCHLOTHEIM); unterste Teilbank mit <i>Gryphaea gigantea</i> SOWERBY, Belemniten; <i>Liospiriferina rostrata</i> (SCHLOTHEIM); reich an Grobquarzen;
9	15	gelbbraun verwitterter, geschichteter bioklastischer Mergel mit Grobquarzen; an der Basis <i>Uptonia jamesoni</i> (SOWERBY) sowie kalkoolithische grobquarzreiche Kalksteinknollen bis 10 cm Größe;
8	10	mittelgrauer kalkoolithischer, bioklastischer Kalkstein mit zahlreichen Grobquarzen, bioturbat; einzelne weißgraue grobsandige Phosphoritknollen; häufig <i>Gryphaea gigantea</i> SOWERBY bis 13 cm Höhe, <i>Pleuromya</i> sp., <i>Entolium lunare</i> (ROEMER);
7	10	gelbbraun verwitterter, schiefriger Mergel, grobsandreich, etwas Schalenrümmer; Belemniten, Schwammnadeln;
6	8	mittelgrauer kalkoolithischer, bioklastischer Kalkstein mit zahlreichen Grobquarzen; bioturbat; Belemniten; Schwammnadeln;

Tabelle 2: Schichtenverzeichnis des Profils Aschach bei Amberg, Numismalismergel-Formation, Unteres Pliensbachium.

Table 2: Tabular description of the section Aschach near Amberg, Numismalismergel Formation, Lower Pliensbachian.

Schicht	Mächtigkeit	Lithologie und Fossilien
5	12	mittelgrauer kalkoolithischer, bioklastischer Kalkstein mit zahlreichen Grobquarzen; bioturbat; ein kleines Stielstück von <i>Chladocrinus</i> sp.; Schwammnadeln;
4	ca. 25	Aufschlußlücke
3	35	mittelgrauer grobkörnig-feinkiesiger dolomitischer Kalkstein, bioturbat, am Top mit weißgrauen Phosphoritknollen; Grobquarze (bis 1 cm Durchmesser) nehmen nach oben hin ab; <i>Gryphaea</i> sp., rekristallisierte Belemniten; ein 30 cm langes Treibholz in der Bankmitte;
2	30	rostbraun bis rotbraun verwitterter, feinkörniger Limonit-sandstein mit Beulen-Schrägschichtung und vielen kleinen Muschelabdrücken; <i>Gryphaea maccullochii</i> SOWERBY;
1	0-5	mittelgrauer bis gelbgrauer schichtungsloser siltiger Tonstein;
L	>150	Liegendes: weißgrauer bis gelbbrauner, mittel- bis grobkörniger Sandstein mit trogförmiger Schrägschichtung; kaolinreich, einzelne Kieslagen (Quarkiesel bis 1 cm Durchmesser; weißgraue Tongerölle bis 2,5 cm Durchmesser) an der Basis von Schüttungskörpern; im tieferen Teil ein weißgraues Tongeröll von 8 cm Durchmesser;

Tabelle 2: Schichtenverzeichnis des Profils Aschach bei Amberg, Numismalismergel-Formation, Unteres Pliensbachium.

Table 2: Tabular description of the section Aschach near Amberg, Numismalismergel Formation, Lower Pliensbachian.