

## **Sedimentationsgeschichte der Oppenheim-Formation im Mainzer Becken und angrenzenden tertiären Senkungsgebieten.**

### **1. Ablagerungsbedingungen, Verbreitung, Fossilinhalt, Untergliederung.**

PETER SCHÄFER & DIETRICH KADOLSKY

**Kurzfassung:** Die Oppenheim-Formation ist im gesamten Mainzer und Hanauer Becken verbreitet und stellenweise auch in der Wetterau-Senke nachgewiesen. Sie ist gekennzeichnet durch fossilreiche, überwiegend stark karbonatische Sedimente. Verbreitet treten auch tonig-mergelige Zwischenlagen und an den Beckenrändern Quarzsand auf. Von der liegenden Hochheim-Formation ist die Oppenheim-Formation lithofaziell und biofaziell verschieden durch starke Reduktion der Algenkalkbildung und wesentlich arten- und individuenreichere marin-brackische Faunen, ebenso wie durch eine andersartige Landschneckenfauna. Im höchsten Teil der Oppenheim-Formation setzt Aussüßung ein, die eine faunistische Abtrennung zur hangenden Oberrad-Formation ermöglicht. Der Ablagerungsraum wird als Karbonatplattform im Randbereich des Oberrheingrabens gedeutet, wobei Schichtlücken und der litoral-lagunäre Charakter der Fauna variable, aber überwiegend sehr geringe Wassertiefen anzeigen. Die aquatischen Faunen sind mäßig divers, wobei Neuerscheinungen und Aussterben von Mollusken eine im ganzen Ablagerungsraum durchgehende Untergliederung in 7 Einheiten (Aquatische Molluskenzonen Vb bis VIe) ermöglichen. Ansätze zu entsprechenden Untergliederungen mittels Foraminiferen, Ostrakoden und Otolithen werden aufgezeigt. Nach Nannoplankton kann der Basisbereich der Oppenheim-Formation in das jüngere Chattium (NP 25) eingestuft werden. Zuordnungen zur Mammalierstratigraphie sind derzeit nur begrenzt möglich, weil die präzise lithostratigraphische Herkunft der zahlreichen Funde größtenteils unbekannt ist; der obere Bereich der Oppenheim-Formation, wahrscheinlich aber auch tiefere Teile, gehören der Mammalierzone MN 1 an.

**Abstract:** The Oppenheim Formation is distributed throughout the entire Mainz and Hanau Basin and furthermore proved in parts of the Wetterau-Depression. It is characterized by fossiliferous, predominantly highly carbonatic sediments. Also marly clays are widely spread as intercalations and at the basin margins quartz sand become significant. The Oppenheim Formation is distinguished from the underlying Hochheim Formation by its litho- and biofacies: strong reduction of algal limestone formation and significantly richer (in diversity and frequency) marine-brackish faunas, as well as in a change of the land snail associations. In the uppermost part of the Oppenheim-Formation a reduction in salinity sets in, which facilitates a faunistic differentiation from the overlying Oberrad Formation. The sedimentation area is interpreted as a carbonate platform at the margin of the Upper Rhine Graben; discontinuities and the littoral-lagoonal character of the faunas suggest predominantly shallow waters. The aquatic faunal associations are modestly diverse; immigrations and extinctions of mollusks enable a subdivision throughout the entire area of distribution in 7 units (Aquatic mollusk zones Vb to VIe). Indications of subdivisions by

foraminifers, ostracods and otoliths are shown. The basal part of the Oppenheim Formation can be attributed to the late Chattian (Nannoplankton zone NP 25). Datings by mammal stratigraphy are currently only possible to a very limited extent, as the precise lithostratigraphic origin of many finds was not recorded; the upper part of the Oppenheim Formation, and probably also deeper parts, are in mammal zone MN1.

### 1. Einleitung

Die formal bereits von KADOLSKY & SCHÄFER (2011) eingeführte Oppenheim-Formation umfasst den stratigraphischen Bereich des „Cerithienkalkes“ sensu SANDBERGER (1847). Hierher zu stellende Sedimentfolgen wurden in der älteren geowissenschaftlichen Literatur häufig als Cerithienschichten, Obere Cerithienschichten oder zuletzt auch als Obere Cerithienschichten, unterer Teil bezeichnet (siehe KADOLSKY & SCHÄFER 2011, S. 168). Unterschiedliche Auffassungen der Ober- und Untergrenze dieser Einheit und lange Zeit bestehende Unklarheiten in Bezug auf Korrelationsmöglichkeiten mit lithofaziell abweichenden Sedimenten im Oberrheingraben bedingten, dass der stratigraphische Inhalt der „Cerithienschichten“ stark variierte (KADOLSKY 1989); nicht zuletzt deswegen, weil auch SANDBERGER selbst in späteren Arbeiten (SANDBERGER 1853, 1858-1863, 1870-1875) keine klare stratigraphische Trennung zwischen „Cerithienkalk“ (= Oppenheim-Formation) im Hangenden und „Landschneckenkalk“ (= Hochheim-Formation) im Liegenden mehr vorgenommen hatte.

STRUVE (1973) führte erstmals den Begriff Oppenheim-Schichten für die von SANDBERGER (1847) als „Cerithienkalk“ ausgewiesenen Sedimente ein. In der Folgezeit konnte sich dieser – den internationalen Richtlinien für stratigraphische Nomenklatur weitgehend entsprechende Name – jedoch nicht durchsetzen und fand in späteren Arbeiten keine weitere Verwendung. Obwohl der „Cerithienkalk“ sensu SANDBERGER (1847) im Raum Oppenheim durch eine lateral sehr rasch wechselnde Lithofazies und ein teilweise kondensiertes Profil ausgezeichnet ist, übernehmen KADOLSKY & SCHÄFER (2011) aus Gründen der Priorität den von STRUVE (1973) vorgeschlagenen Lokalitätsnamen Oppenheim und definieren den im Mainzer und Hanauer Becken verbreiteten „Cerithienkalk“ sensu SANDBERGER (1847) als Oppenheim-Formation.

Die Autoren danken im Besonderen Frau C. PROBST (Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz) für ihre Geduld bei der digitalen Umsetzung von mehrfach geänderten Vorlagen zur Abbildung und den Tabellen. Ebenso sei Frau Prof. Dr. K. GRIMM (Mainz) und Herrn Dr. M. GRIMM (Mainz) für die Bereitstellung von mikropaläontologischem Probenmaterial zur Arbeit von KRAUS & GRIMM (2008) gedankt. Den Herren Dr. G. FLAJS (Aachen), Dr. R. JANSSEN (Naturmuseum Senckenberg, Frankfurt/Main) und F. GELLER-GRIMM (Museum Wiesbaden) danken wir dafür, dass sie die Untersuchung des Originalmaterials verschiedener Mollusken-Taxa ermöglichten. Herr Dr. H. UFFENORDE (Göttingen) vermittelte uns die Ausleihe von originalem Ostrakoden-Material zur Arbeit von FAUPEL (1975). G. WITTENBERGER (Offenbacher Verein für Naturkunde) erteilte uns die Erlaubnis, eine bereits publizierte Fossilabbildung wiederverwenden zu dürfen. Die für Tafel 1 verwendeten REM-Aufnahmen wurden bereits in den Jahren 1994/95 von Herrn J. TOCHTENHAGEN im Institut für Geowissenschaften der Universität Frankfurt/Main angefertigt.

### 2. Definition und Abgrenzung der Oppenheim-Formation

Die Oppenheim-Formation ist definiert als eine Wechselfolge von brackisch-marinen, überwiegend karbonatischen Gesteinen mit Massenentwicklungen von Mollusken, Foraminiferen und Ostrakoden zwischen der Hochheim-Formation im Liegen-

den und der Oberrad-Formation im Hangenden (Tab. 1). An Stellen, wo keine Sedimente der Hochheim-Formation zur Ablagerung kamen oder wo diese erosiv entfernt wurden, wie beispielsweise in der Wetterau-Senke, kann die Oppenheim-Formation auch unmittelbar auf älteren Gesteinen der Weisenau-Formation sensu SCHÄFER (2012) folgen. Charakteristische Faunen-Assoziationen bei den aquatischen Mollusken beinhalten Vertreter der Genera *Granulolabium*, *Nerita*, *Melarhappe*, *Mesohalina*, *Ecphora*, *Perna* und *Isognomon*. Einzelne in der Oppenheim-Formation verbreitete aquatische Mollusken-Arten treten bereits im Topbereich der Hochheim-Formation auf, jedoch sind diese Vorkommen arten- und individuenarm.

Als Untergrenze gilt der relativ rasche Einsatz von Massenvorkommen, vor allem der Gattungen *Granulolabium* und *Perna*. Etwa zeitgleich setzt innerhalb der Ostrakoden-Fauna die Art *Pterygocythereis* sp. A ein. Auch in der Landschnecken-Fauna findet im Grenzbereich Hochheim-Formation / Oppenheim-Formation ein scharfer Faunenschnitt statt. Hier erlischt die Faunengemeinschaft mit *Pomatias* (*Neobembridgia*) *moguntinus* (KADOLSKY 1989) und *Palaeotachea alloiodes* (THOMÄ 1845), und wird von einer Fauna mit *Palaeotachea subsulcosa* (THOMÄ 1845) abgelöst. Weitere Aussterbeereignisse sind innerhalb der Ostrakoden- und Fischfauna angezeigt. So erlischt der Ostrakode *Cusmanidea* sp. am Top der Hochheim-Formation und die Fischart *Hemitrichas schaeferi* REICHENBACHER 2000 besitzt ihr höchstes Vorkommen nur wenig unterhalb dieser Grenze. An der Unterkante der Oppenheim-Formation ist vielerorts ein lithologischer Wechsel erkennbar, der mit einem sedimentären Hiatus einhergeht. Die für die Hochheim-Formation charakteristische Bildung großer Algenkalk-Pseudoriffe endet oft an der Basis der Oppenheim-Formation mit Ausnahme örtlicher Hochlagen wie z. B. im Steinbruch von Oppenheim/Nierstein.

Die Hangendgrenze wird markiert durch das Erlöschen der Muschel-Gattung *Isognomon*, die oft bankweise angereichert bis zur Oberkante der Oppenheim-Formation auftritt. Etwa gleichzeitig erlischt die Foraminifere *Uvigerinella michelsi* WIESNER 1974. Auch die zuvor meist individuenreich vorhandene Art *Planorbulina* cf. *mediterraneensis* D'ORBIGNY 1826 verschwindet weitgehend, kann aber noch sehr vereinzelt in die überlagernden Sedimente der Oberrad-Formation hineinreichen. In der Oppenheim-Formation abschnittsweise nicht selten vorkommende brackisch-marine Ostrakoden-Gattungen wie *Pterygocythereis*, *Loxoconcha*, *Pataviella*, *Callistocythere* und *Cytheridea* sind in der Oberrad-Formation nicht mehr nachzuweisen.

### 3. Ablagerungsbedingungen und lithologische Ausbildung

Die Sedimente der Oppenheim-Formation wurden in einem marin-brackischen Gewässer in meist geringer Tiefe abgesetzt. Sie können größtenteils als Ablagerungen auf einer Karbonatplattform gedeutet werden, da karbonatische Sedimentation überwiegt und nur geringe Einträge von Siliziklastika festzustellen sind. Mehrere Meter mächtige tonig-mergelige Sedimentserien sind innerhalb der Oppenheim-Formation nur stellenweise ausgebildet und auf lokale morphologische Depressionen beschränkt. Durch Wasserspiegelschwankungen und/oder synsedimentäre Tektonik bedingte Auftauchphasen des Ablagerungsraumes sind durch Erosionsdiskordanzen, Trockenrisse, Caliche-Krusten und auch Einschaltungen von nichtmarinen, klastischen Sedimenten wie Quarzsand oder Ton in erosiv eingetieften Rinnen belegt (KADOLSKY 1974; KLUPSCH & ROTHE 1989). Subtropisches, relativ trockenes Klima ist durch Caliche-Bildungen und die Seltenheit von eingeschwemmten Süßwasser-Mollusken angedeutet, was auf das weitgehende Fehlen von permanenten Süßwasserzuflüssen zurückgeführt werden könnte. Küstennähe ist stellenweise durch Faunen-Assoziationen belegt,

die neben aquatischen Organismen auch Landschnecken und terrestrische Vertebratenreste beinhalten. Vor allem aus dem südlichen Mainzer Becken sind auch Einschwemmungen von Quarzsand beschrieben (BUCHER 1914, REIS 1921, SCHÄFER 2009), die ebenfalls Küstennähe anzeigen. Ursächlich für die Einträge von Quarzsand und von terrestrischen Faunenelementen in den aquatischen Ablagerungsraum könnten wiederholt auftretende Starkregen gewesen sein.

Die Mollusken-Assoziationen lassen einen Salinitätstrend von brackisch oder hypersalin in der Aquatischen Mollusken(sub)zone Vb (Kap. 6) zu nahezu euhalin in den Subzonen VIa und VIb erkennen, gefolgt von gradueller Aussüßung. Diese wird in der Subzone VIe am deutlichsten, allerdings gibt es hier auch Hinweise auf episodische Hypersalinität (KADOLSKY & SCHÄFER 2011).

Eine paläogeographische Verbindung des Oberrheingraben-Gebietes ist weder mit dem tertiären Nordseebecken noch mit der Paratethys erkennbar, obwohl die Mollusken-Fauna Beziehungen zu beiden Ablagerungsräumen aufweist (KADOLSKY 1989, S. 112). KADOLSKY (1989, 2008) nimmt daher ein Binnenmeer an, dessen Salzgehalt durch Evaporation und Süßwassereinträge gesteuert wird. Ähnliche Verhältnisse herrschten bereits zur Zeit der Hochheim-Formation, jedoch waren die Lebensbedingungen im aquatischen Ablagerungsraum zur Zeit der Oppenheim-Formation deutlich günstiger, was durch weitaus größere Arten- und Individuenzahlen der aquatischen Faunen belegt ist. Ausschlaggebend hierfür könnte eine Klimaänderung zu etwas kühleren und geringfügig feuchteren Bedingungen gewesen sein, wofür auch das plötzliche Verschwinden aller deckeltragenden Landschnecken nahe dem Top der Hochheim-Formation spricht (KADOLSKY 1989, S. 118). Ein weiterer Hinweis darauf sind vereinzelt Vorkommen von eingeschwemmten Süßwassermollusken, die in der liegenden Hochheim-Formation fast völlig fehlen. Die Besiedlung des Binnenmeeres mit neuen aquatischen Organismen müsste über Einschleppung durch Vögel erfolgt sein (KADOLSKY 1989, S. 114)

Sehr detaillierte Beschreibungen der Lithologie, wiederholte paläontologische Bearbeitungen, aber auch karbonatpetrographische, sedimentologische und geochemische Untersuchungen liegen aus den Steinbrüchen von Mainz-Weisenau und Mainz-Laubenheim (KLUPSCH 1979; FÖRSTERLING 1994, 1998; FÖRSTERLING & REICHENBACHER 2002) sowie vom Straßeneinschnitt Mainz-Weisenau (DOEBL et al. 1972; ROTHE et al. 1974; SCHÄFER 1989) vor. Die Sedimente der Oppenheim-Formation erreichen hier Mächtigkeiten zwischen 12 und 14 m. Im tieferen Teil kommen überwiegend gut geschichtete, wenig verfestigte Kalksande oder arenitische Kalksteine vor. Weiter oben nimmt der Tongehalt der karbonatischen Gesteine etwas zu und es kommen überwiegend schlecht geschichtete, teilweise mergelige Kalkarenite zur Ablagerung. Nur im höchsten Teil der Sedimentfolge können lokal auch Algenkalke auftreten. Die weißen bis hellbräunlichen oder hellgraublauen Kalkarenite sind meist gut sortiert, stellenweise ist Schrägschichtung oder Gradierung erkennbar. Die mergeligen, mehr grau gefärbten Kalkarenite sind oftmals schlechter sortiert.

Entlang der Geländestufe zum Oberrheingraben – wie z. B. bei Oppenheim/Nierstein – können am Ost-Rand des Mainzer Beckens im tieferen Teil der Oppenheim-Formation noch massive Pseudoriffe ausgebildet sein. Diese sitzen ehemaligen topographischen Hochlagen auf und stellen kontinuierliche Weiterentwicklungen der mächtigen Pseudoriff-Komplexe der Hochheim-Formation dar. Zwischen den Pseudoriffen bildete sich eine Wechselfolge von teilweise onkoidischen bis ooidischen Kalksteinen und Mergeln mit Einschaltungen von Mollusken-Schillen. Auch gröbere konglomeratische Lagen mit sehr gut gerundeten Kalksteingeröllen bis zu Faustgröße kommen vor.



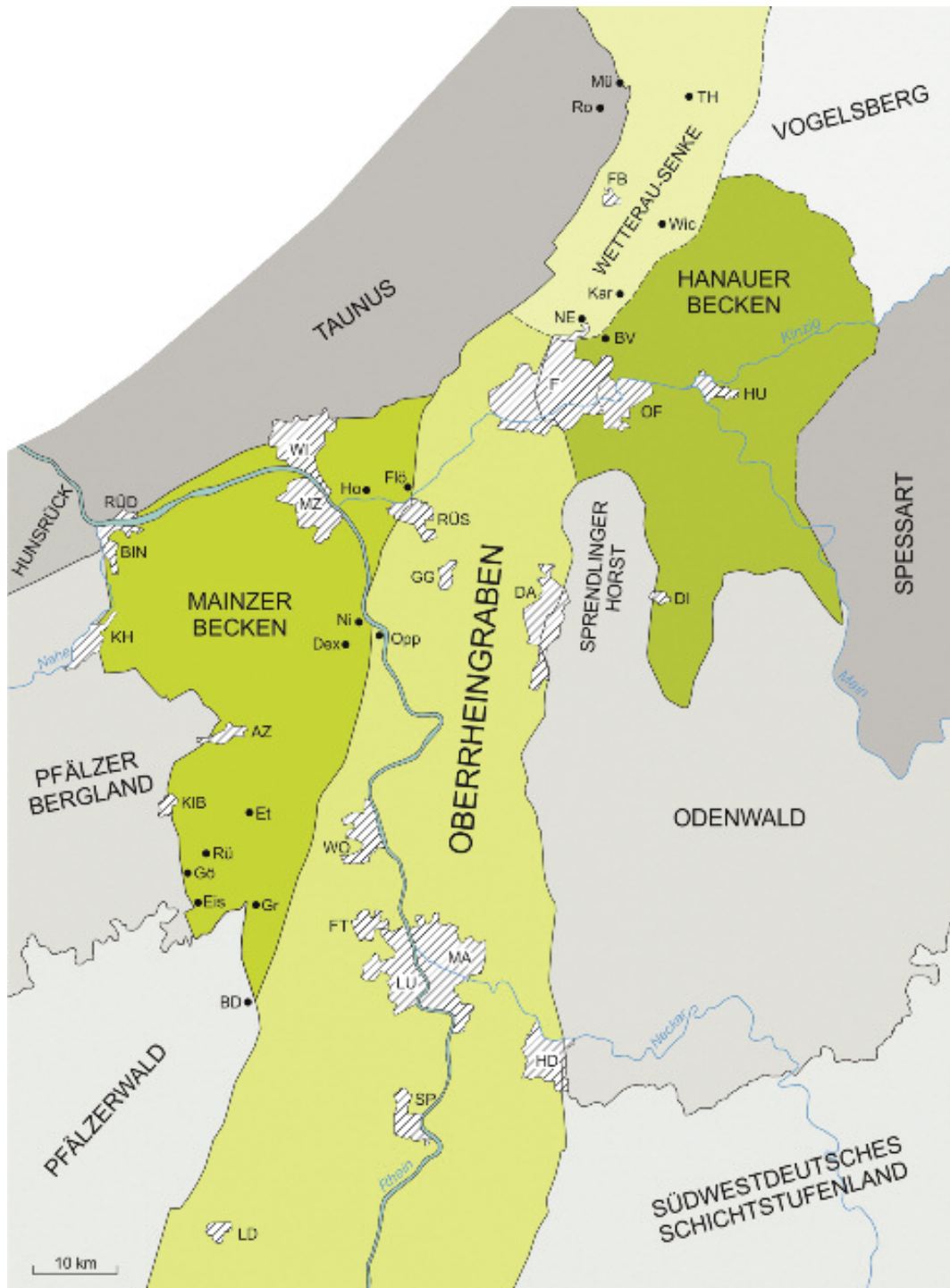


Abb. 1: Mainzer Becken und angrenzende tertiäre Senkungsgebiete.

AZ = Alzey, BIN= Bingen, DA = Darmstadt, DI = Dieburg, F = Frankfurt, FB = Friedberg, FT = Frankenthal, GG = Groß-Gerau, HD = Heidelberg, HU = Hanau, KH = Bad Kreuznach, KIB = Kirchheimbolanden, LD = Landau, LU = Ludwigshafen, MA = Mannheim, MZ = Mainz, OF = Offenbach/Main, RÜS = Rüsselsheim, RÜD = Rüdesheim, SP = Speyer, WI = Wiesbaden; BD = Bad Dürkheim, BV = Bad Vilbel, Dex = Dexheim, Eis = Eisenberg/Pfalz, Et = Einselfthum, Flö = Flörsheim, Gö = Göllheim, Gr = Grünstadt, Ho = Hochheim, Kar = Karben, Mü = Münzenberg, NE = Nieder-Erlenbach, Ni = Nierstein, Opp = Oppenheim, Ro = Rockenberg, Rü = Rüssingen, TH = Trais-Horloff, Wic = Wickstadt.

Etwas weiter im Beckeninneren – aber nur wenige km von der Geländestufe zum Oberrheingraben entfernt – ist im Steinbruch „Am Katzenrech“ bei Dexheim an der Basis der Oppenheim-Formation eine besondere Lithofazies entwickelt. Diese besteht aus bis zu 3 m mächtigen, überwiegend dunkelgraubraun bis schwarzgrau gefärbten, kerogenreichen Tonmergeln mit dünnen, kalksandigen Einschaltungen. Darüber folgt eine Wechsellagerung von heller gefärbten lutitischen Kalksteinen, Kalkareniten, Mergeln und Tonmergeln (SCHRAFT 1979; SCHWARZ 1980).

Lutitische bis biolutitische Kalksteine mit Einschaltungen von Kalkmergeln und Tonmergeln sind vor allem in den zentraleren Bereichen des Mainzer Beckens verbreitet, sie treten aber auch im Randbereich in Gebieten auf, die nicht wellen- oder strömungsexponiert waren. Aufgeschlossen ist diese Lithofazies im südwestlichen Mainzer Becken in den großen Steinbrüchen bei Göllheim und Rüssingen. Die Oppenheim-Formation erreicht hier Mächtigkeiten zwischen 6,5 und 8,5 m. Aus dem südlichen Mainzer Becken sind auch Kalksandsteine und Quarzsand führende Mergel bekannt, die im Raum Bad Dürkheim (BUCHER 1914; REIS 1921) und bei Kirchheimbollen (SCHÄFER 2009) auf Küstennähe hindeuten.

#### **4. Verbreitung**

Die Oppenheim-Formation ist im gesamten Mainzer Becken, im Hanauer Becken und in der Wetterau-Senke verbreitet. Entgegen der Annahme von WAGNER (1926, 1931, 1938) und WAGNER & MICHELS (1930) sind auch im nordwestlichen Mainzer Becken hier her zu stellende Ablagerungen (als Cerithienschichten bei WAGNER und WAGNER & MICHELS) anzutreffen, so in einer Kernbohrung auf dem Jakobsberg südlich von Ockenheim (TK 25, Blatt 6013 Bingen), wo die Oppenheim-Formation in einer Mächtigkeit von ca. 4,5 m nachgewiesen werden konnte.

Dort wo im nordwestlichen Mainzer Becken keine brackisch-marinen Sedimente der Oppenheim-Formation abgelagert wurden sind zeitlich äquivalente Bildungen in den Kiesen, Sanden und Tonen eines Teils der Budenheim-Formation vorhanden. Hierbei handelt es sich um eine unter ariden bis semiariden Bedingungen entstandene terrestrische, kalkfreie Einschaltung in die brackisch-lagunäre Sedimentfolge der Mainz-Gruppe. Als Ablagerungsmilieu werden Schuttfächer mit anschließenden Schwemmebenen angenommen. Die grobklastischen Schüttungen spiegeln wiederholte kurzzeitige Sedimenteinträge aus dem Rheinischen Schiefergebirge und auch aus dem Pfälzer Bergland wider. Sie deuten auf eine beckenweite regressive Phase hin.

Zeitlich äquivalente Sedimente sind auch aus weiten Teilen des Oberrheingrabens bekannt. Sie entsprechen dort dem unteren Teil der Landau-Formation (Tab. 1) und weisen eine überwiegend tonig-mergelige lithofazielle Ausbildung auf (SCHÄFER 2013). Nur nahe dem Grabenrand kamen im Bereich von paläogeographischen Hochlagen auch Flachwasserkalke zur Ablagerung, die lithofaziell den Sedimenten der Oppenheim-Formation entsprechen (Kleine Kalmit bei Landau). Die südlichsten bekannten Vorkommen des unteren Teils der Landau-Formation liegen im nördlichen Elsass (DOEBL & GEISSERT 1971, als „couches à Cérithes du bassin de Mayence“). Noch weiter südlich wurden im Oberrheingraben möglicherweise keine Äquivalente der Oppenheim-Formation abgelagert, es ist aber nicht auszuschließen, dass derartige Sedimente infolge von Hebungsvorgängen während des späten Miozäns und im frühen Pliozän bereits wieder abgetragen worden sind (SCHAD 1965). In jedem Fall ist aber davon auszugehen, dass der marine Ablagerungsraum des Oberrheingrabens zur Zeit der Oppenheim-Formation nach Süden hin isoliert war. So sind zeitlich äquivalente Ablagerungen

gerungen im südlich anschließenden Gebiet nur aus der nichtmarinen Unteren Süßwassermolasse der nordalpinen Vortiefe bekannt.

In der südlichen Wetterau-Senke entsprechen die aus der näheren Umgebung von Karben beschriebenen „Cerithiensande“ der Oppenheim-Formation des Mainzer und Hanauer Beckens, wie durch die Mollusken- und Mikro-Fauna eindeutig belegt werden kann (STEUER 1909, WENZ 1921, GEBHARDT 2004). Nördlich von Karben waren Sedimente der Oppenheim-Formation lange Zeit nur noch aus einem Brunnenschacht in Kaichen auf der TK 25, Blatt 5719 Altenstadt (früher Windecken) und von dem Fundpunkt Marienhof auf der TK 25, Blatt 5718 Ilbenstadt bekannt (REINACH v. 1899). Erst vor wenigen Jahren konnten sie nochmals weiter nördlich auch in einer Kernbohrung bei Wickstadt im Bereich der TK 25, Blatt 5619 Staden (Archivkennzeichen 5619/1388 im HLUG Wiesbaden) nachgewiesen werden. Bei dem ca. 15 km nordöstlich von Karben gelegenen Vorkommen handelt sich um etwa 5 m mächtige kalkig-sandige Ablagerungen, die aufgrund ihres Fossilinhaltes der Oppenheim-Formation zugeordnet werden (MOTZKA-NÖRING et al. 2006). Unbekannt ist die darüber hinausgehende Ausdehnung des Sedimentationsraumes nach Norden, es ist jedoch anzunehmen, dass die nördliche Uferzone des brackisch-marinen Gewässers der Oppenheim-Formation noch innerhalb der Wetterau-Senke lag. Eine Anbindung des Ablagerungsraumes über die Niederhessische Senke an das tertiäre Nordsee-Becken, wie von PRINZ-GRIMM (1999: Abb. 5) vermutet, ist nicht erkennbar. Auch sind aus der Niederhessischen Senke keine brackisch-marinen Sedimente bekannt, die ein zeitliches Äquivalent der Oppenheim-Formation darstellen könnten. Die hier weit nach Süden reichenden marinen Ablagerungen der Kassel-Formation („Kasseler Meeressand“) gehören dem tiefsten Chattium an (RITZKOWSKI 2011) und sind somit älter als die im höheren Chattium bis tiefen Aquitanium abgelagerte Oppenheim-Formation. Im Hangenden der Kassel-Formation folgt in der Niederhessischen Senke als regressive Bildung die nichtmarine Frielendorf-Formation (RITZKOWSKI et al. 2011), die vermutlich zeitliche Äquivalente der Oppenheim-Formation beinhaltet.

Im westlichen Randbereich der nördlichen Wetterau-Senke finden sich nahe dem Taunusrand überwiegend sandig ausgebildete, kalkfreie fluviatile Sedimente, die als Rockenberg-Formation (Tab. 1) zusammengefasst werden. Nach HOTTENROTT & MARTINI (2011) können diese Ablagerungen als eine zeitäquivalente „Randfazies“ von oberoligozänen bis untermiozänen Schichtgliedern des Mainzer und Hanauer Beckens (Mainz-Gruppe) angesehen werden. Wie NEUHAUS (2010) anhand einer Zirkon-Datierung aufzeigen konnte, beinhaltet die Rockenberg-Formation aber auch noch ältere Ablagerungen. So sind die Sedimente im Liegenden des auf ein Alter von  $26,2 \pm 0,2$  Ma datierten Tuffhorizontes am ehesten noch zeitgleiche Bildungen des jüngeren Mergeltertiärs der Selztal-Gruppe (Tab. 1) im Mainzer Becken (NEUHAUS 2010, S. 319). Äquivalente der Mainz-Gruppe sind aber im höheren Teil der Rockenberg-Formation enthalten. Bereits STEGEMANN (1964) betrachtete einen Abschnitt mit eingeschalteten Ton- und Braunkohle-Horizonten, in denen Dinoflagellaten-Zysten nachzuweisen sind, als eine den „Cerithien-Schichten“ äquivalente Bildung. Hierfür nimmt STEGEMANN einen küstennahen durch Deltas und Ästuarre geprägten, lokal vermoorten Ablagerungsraum an. Ein jüngeres stratigraphisches Niveau der Mainz-Gruppe ist in den Sedimenten der Rockenberg-Formation bei Münzenberg belegt. So kann die von hier bekannte Molluskenschillbank mit *Falsocorbicula faujasii* (DESHAYES 1830) entweder dem Niveau der Oberrad- oder der Rüssingen-Formation im Mainzer und Hanauer Becken zugeordnet werden (Tab. 1).

In einem überwiegend durch ausgeprägte Vermoorung gekennzeichneten Ablagerungsraum wurden die von SCHENK (1957) aus der nördlichen Wetterau-Senke (Boh-

Tab. 1: Korrelationstabelle der stratigraphischen Abfolgen tertiärer Gesteinseinheiten im Mainzer Becken und angrenzenden tertiären Senkungsgebieten.

Die vorgenommene Gliederung in der rechten Spalte Mainzer Becken erfolgt nach SCHÄFER (2012); in der linken Spalte sind die traditionellen Namen der Schichtglieder eingetragen. Die für den Oberrheingraben verwendete Nomenklatur der Formationsglieder wurde von GEYER et al. (2011) eingeführt, wobei die Untergliederung der Landau- und Bruchsal-Formation einem Vorschlag von SCHÄFER (2013) folgt. Für das Hanauer Becken wird die Nomenklatur und Gliederung der Schichtenfolge von MARTINI et al. (2011) übernommen, für die Wetterau-Senke erfolgt die Darstellung nach NEUHAUS (2010).

MAINZER BECKEN		OBERRHEINGRABEN		HANAUER BECKEN	WETTERAU - SENKE	
Obere Hydrobienschichten	Mainz - Gruppe	Frankfurt - Formation	Landau - Formation	Kalkfreie Randfazies	Frankfurt - Formation	
Untere Hydrobienschichten		Schulberg - Formation			Wiesbaden - Formation	Wiesbaden - Formation
<i>Inflata</i> - Schichten					Rüssingen - Formation	Rüssingen - Formation
Obere Cerithienschichten (oberer Teil)		Budenheim - Formation			Oberrad - Formation	Oberrad - Formation
Obere Cerithienschichten (unterer Teil)		Oppenheim - Formation		Oppenheim - Formation	Rockenberg - Formation	
Mittlere Cerithienschichten / Landschneckenkalk		Hochheim - Formation		Hochheim - Formation		
Untere Cerithienschichten	Seiztal - Gruppe	Weisenau - Formation	Bruchsal - Formation	Vilbeler Kies	Untere Cerithienschichten	
Süßwasserschichten		Jakobsberg - Formation			Niederrödern - Formation	
Cyrenenmergel		Sulzheim - Formation	Karlsruhe - Formation	Cyrenenmergel - Meletta - Schichten	Cyrenenmergel - Gruppe	
Schleichsand		Stadecken - Formation				

ung Trais-Horloff 5844) beschriebenen tonig-kohligen Abfolgen gebildet. Obwohl dies nicht durch Fossilfunde belegt ist, könnten auch in den hier durchteuften Schichten Äquivalente der Oppenheim-Formation enthalten sein. So korreliert SCHENK selbst die in der Bohrung knapp 10 m mächtige Sandfolge zwischen 45,50 und 54,70 m mit den Cerithien-Sanden der Oppenheim-Formation in der südlichen Wetterau-Senke (SCHENK 1957, S. 236).

### 5. Fossilinhalt

Aus der Oppenheim-Formation sind verarmte Charophyten-, Coccolithophori- den- und Dinoflagellaten-Floren nachgewiesen. Charophyten (SCHWARZ 1985, 1989, 1993) sind extrem selten, was sicherlich auf das überwiegend marine Milieu der Oppenheim-Formation zurückzuführen ist. Belegt ist nur ein Vorkommen von *Grambastichara straubi* (MÄDLER 1955) HORN AF RANDZIEN 1959 aus dem Straßeneinschnitt von Mainz-Weisenau (SCHWARZ 1985). Die Funde können dem Niveau der Aquatischen Molluskenzone Vc zugeordnet werden. Von SCHWARZ (1985) wurden aus den „Oberen Cerithienschichten, unterer Teil“ des Straßeneinschnitts Mainz-Weisenau einige weitere Charophyten-Arten beschrieben, die in den Horizonten 41c bis 41h des von DOEBL et al. (1972) aufgenommenen Profils vorkommen. Diese Funde stammen jedoch nicht aus Sedimenten der Oppenheim-Formation, sondern gehören in das stratigraphische



Niveau der tieferen Hochheim-Formation (Aquatische Molluskenzone II sensu KADOLSKY 1989).

Vorkommen von Nannoplankton (Coccolithophoridae) beschrieb MARTINI (1978, 2000). Dinoflagellaten-Zysten wurden durch H. WEILER in DOEBL et al. (1972), H. WEILER (1989) und HOTTENROTT (1993) bekannt gemacht. HOTTENROTT (1993) diskutiert auch terrestrische Pollenspektren, wobei die Oppenheim-Formation im oberen Abschnitt seiner „Cerithienschichten“ enthalten ist.

Die Mikrofauna der Oppenheim-Formation besteht vor allem aus diversen Foraminiferen- und Ostrakoden-Assoziationen. Einen Überblick über die Foraminiferen-Fauna mit Beschreibung und Abbildung von wichtigen Arten geben DOEBL & SONNE in DOEBL et al. (1972), WIESNER (1974), MEHRNUSCH (1985), FISCHER (1989) und FÖRSTERLING (1998). Zusätzliche Angaben zur Verbreitung von verschiedenen Foraminiferen-Taxa innerhalb der Oppenheim-Formation können aus den Arbeiten von SCHRAFT (1979), SCHÄFER (1989), FRANK (1993) und KRAUS & GRIMM (2008) entnommen werden. Besonders häufige Arten sind *Uvigerinella michelsi* und *Planorbulina cf. mediterraneensis*, charakteristisch sind außerdem *Nonion commune* (D'ORBIGNY 1825) und mehrere Arten der Gattung *Bolivina*. Weitere für die Oppenheim-Formation typische Foraminiferen gehören zu den Gattungen *Clavulina*, *Neoconorbina*, *Globulina*, *Cibicides*, *Spirobovina*, *Lenticulina*, *Fursenkoina* und *Nonionellina*.

Innerhalb der Ostrakoden-Fauna dominieren *Hemicyprideis*-Arten und auch *Cytheromorpha* sp. ist häufig. Abschnittsweise – aber oft nur in geringer Individuenzahl – kommen brackisch-marine Gattungen wie *Semicytherura*, *Loxoconcha*, *Pataviella*, *Callistocythere*, *Cytheridea*, *Cyamocytheridea*, *Pseudocytheridea*, *Paracytheridea*, *Microcythere* und *Bythocypris* ? vor. Sehr charakteristisch ist das Auftreten von Arten der Gattung *Pterygocythereis* (Taf. 1) im tieferen Teil der Oppenheim-Formation. Zu den Cyprididae gehörende Ostrakoden sind meist selten, nur im höchsten Teil der Oppenheim-Formation können auch individuenreiche Populationen der Gattungen *Eucypris*, *Cypridopsis* und *Cavernopsis* auftreten. Taxonomische Bearbeitungen der Ostrakoden-Fauna liegen nur sehr wenige vor. Lediglich die Arten der Gattung *Hemicyprideis* wurden von MALZ & TRIEBEL (1970) und MALZ (1978) eingehend untersucht. Außerdem beschreibt MALZ (1973) aus der Oppenheim-Formation die neue Art *Pseudocytheridea moenana*. Ein Überblick über die Ostrakoden-Fauna der Oppenheim-Formation mit Beschreibung und Abbildung von wichtigen Arten ist den Arbeiten von DOEBL & SONNE in DOEBL et al. (1972), FISCHER (1989), FRANK (1993) und FÖRSTERLING (1998) zu entnehmen. Zusätzliche Angaben zur Verbreitung einiger Ostrakoden-Taxa finden sich bei SCHRAFT (1979), SCHÄFER (1989) und KRAUS & GRIMM (2008).

Brackisch-marine Mollusken sind durchgängig häufig und teilweise auf bestimmte Niveaus der Oppenheim-Formation beschränkt. So kommen die Bivalven *Mancosinodia manca* (BRAUN 1850) (Taf.3 Fig.1-4), *Isognomon* spp. (Taf.3 Fig.5-8), *Pinna sandbergeri* MAYER 1864, *Lentidium (Ajanssenium) sphenioides* (SANDBERGER 1861) (Taf.4 Fig.9-13) und *Gobraeus* sp. (Taf.4 Fig.1-5) ausschließlich in der Oppenheim-Formation vor, ebenso wie die Gastropoden *Vitta* (s.l.) *squamulifera* (SANDBERGER 1872) (Taf.4 Fig.7-8) und *Dorsanum laticosta* (SANDBERGER 1863) (Taf.4 Fig.6). In der Oppenheim-Formation häufig – aber nicht auf diese beschränkt – sind außerdem die Gastropoden *Granulolabium pustulatum* (BRAUN 1851) (Taf.2 Fig.3-6), *Ecphora* spp. und *Nerita pachyderma* (SANDBERGER 1875). Beschreibungen der Mollusken-Fauna, Faunenlisten, Abbildungen oder auch nur ergänzende Einzelangaben finden sich bei THOMÄ (1845), SANDBERGER (1858-1863, 1870-1875), WENZ (1921, 1923-30, 1932), ZILCH (1938, 1983), KADOLSKY (1984, 1989, 1995), KADOLSKY & SCHÄFER (1995), FÖRSTERLING (1998), FÖRSTERLING et al. (2002) und

OTT et al. (2009). Aus terrestrischen Biotopen in den Ablagerungsraum der Oppenheim-Formation eingeschwemmt kommen auch Landschnecken (Taf.5 Fig.6-8) sowie selten Süßwasser-Mollusken vor.

An weiteren aquatischen Invertebraten sind aus der Oppenheim-Formation Bryozoen der Gattung *Filicrisia* beschrieben (VÁVRA 1989), ebenso die kalkigen Wohnröhren und Verschlussdeckel von brackisch-marinen Anneliden (Serpuliden) der Gattung *Spirorbis* (WIESNER 1962). Auf das Vorkommen von Balaniden innerhalb der aquatischen Molluskenzone VI wurde von KADOLSKY (1989) und MÖDDEN (1996) hingewiesen.

Wirbeltierreste kommen in den Sedimenten der Oppenheim-Formation vor allem in Form von Fisch-Otolithen sowie eingeschwemmten Zähnen und Knochen von Säugetieren vor. Innerhalb der wenig diversen und individuenarmen Fisch-Fauna sind vor allem die Arten *Liza moguntina* (MARTINI 1984) und *Morone aequalis* (KOKEN 1891) charakteristisch. Aus dem basalen Teil der Oppenheim-Formation im Steinbruch „Am Katzenrech“ bei Dexheim beschreiben GAUDANT & REICHENBACHER (2005) anhand von artikulierten Skelettfunden mit in situ verbliebenen Otolithen die neue Art *Hemitrichas stapfi*. Einen Überblick über die in der Oppenheim-Formation (als Obere Cerithien-Schichten, unterer Teil) verbreiteten Fisch-Otolithen geben W. WEILER in DOEBL et al. (1972: Tab. 2), REICHENBACHER (2000) und FÖRSTERLING & REICHENBACHER (2002).

Säugetierreste, die zumindest teilweise aus Sedimenten der Oppenheim-Formation stammen, wurden vor allem von Hochheim/Flörsheim beschrieben (SCHAUB 1920, 1925; HELLER 1933; TOBIEN 1970, 1974, 1980, 1989; MAYR 1989; MÖDDEN 1998; ROTHAUSEN 1989; STORCH 1989). Die von hier bekannte Säugetierfauna besteht aus Insectivoren, Rodentiern, Lagomorphen, Carnivoren, Marsupialiern und einem Rhinocerotiden. Leider lässt sich aus heutiger Sicht nicht mehr ermitteln, welchem stratigraphischen Niveau die Säugetierreste von Hochheim/Flörsheim im Einzelnen angehören. Eine zweifelsfreie Zuordnung der gesamten von TOBIEN (1980) in die „Cerithiensichten“ gestellten Säugetier-Fauna zur Oppenheim-Formation ist jedenfalls nicht möglich. Zumindest teilweise könnte die Fauna auch der Hochheim-Formation angehören. Sicher zur Oppenheim-Formation zu stellen ist jedenfalls der von MÖDDEN (1998) beschriebene Horizont „Flörsheim 2“ mit *Rhodanomys* aff. *transiens* HUGUENEY 1969 und der von TOBIEN (1989, S. 352) gemeldete *Apeomys* cf. *tuerkheimae* FAHLBUSCH 1968, dessen Reste aus horizontierten Aufsammlungen im bis heute aufgelassenen Steinbruch von Flörsheim stammen (KADOLSKY 1974) und in die Aquatische Molluskenzone Vb gestellt werden können. Ebenfalls zur Oppenheim-Formation gehört die von MÖDDEN (1996) aus dem Steinbruch Rüssingen erwähnte Schicht mit dem Eomyiden *Rhodanomys transiens*.

Aus den Steinbrüchen von Hochheim/Flörsheim sind auch einige Reste von Amphibien- und Reptilien-Arten bekannt geworden (SCHLEICH 1989), die vermutlich teilweise der Oppenheim-Formation zuzuordnen sind. Allerdings handelt es sich hierbei – genauso wie bei den von Hochheim/Flörsheim beschriebenen Säugerresten – um unhorizontiert aufgesammeltes Material, so dass eine gesicherte stratigraphische Einstufung der Funde nicht möglich ist.

**Bemerkung:** Die Fundortangabe Hochheim/Flörsheim bezieht sich auf ein ehemals ausgedehntes Steinbruchgelände im Gebiet zwischen den heutigen Städten Hochheim am Main und Flörsheim am Main, wo im Falkenberg-Graben oberflächennahe Sedimente der Hochheim- und Oppenheim-Formation anstehen. Bis in die 1970er Jahre hinein wurden hier von der Firma Dyckerhoff AG Kalksteine abgebaut, die als Rohstoff für die Zementherstellung Verwendung fanden. In der älteren Literatur beschriebene Fossilfunde wurden meist mit der Ortsbezeichnung „Hochheim“ angegeben, da frühe Steinbrüche überwiegend im Gebiet der Gemeinde Hochheim westlich des Wickerbaches angelegt

waren. Der bis heute aufgelassene große Steinbruch liegt weiter östlich im Gebiet der Gemeinde Flörsheim (östlich des Wickerbaches) und muss formell als „Steinbruch Flörsheim“ bezeichnet werden. Es ist nicht bekannt, seit wann Aufschlüsse auch aus dem Bereich der Gemarkung Flörsheim Fossilien geliefert haben und ob Sammler und Autoren immer korrekt zwischen der Fundortangabe „Hochheim“ oder „Flörsheim“ differenziert haben. Daher werden hier die Funde, von denen keine präzisen Funddaten vorliegen, mit der Fundortbezeichnung „Hochheim/ Flörsheim“ angegeben. Fast immer existieren zu diesen Funden auch keine Angaben zur genauen stratigraphischen Herkunft.

### 6. Biostratigraphische Untergliederungsmöglichkeiten

Beckenweit zu erkennende Untergliederungen anhand der Lithologie sind wegen der starken lithofaziellen Wechsel nicht möglich. Nach KADOLSKY (1989, 1998) gestattet jedoch die durch sukzessives Neuerscheinen und Aussterben marin-brackischer bis lagunärer Taxa bedingte Abfolge von aquatischen Mollusken-Assoziationen eine detaillierte Untergliederung der Schichtenfolge in 7 Aquatische Mollusken(sub)zonen (Vb-VIe).

Im tiefsten Teil der Oppenheim-Formation liegt die Subzone Vb, die durch das erstmalige Erscheinen von mehreren, auch noch in jüngeren Niveaus vorkommenden Arten gekennzeichnet ist. Ihre Basis ist durch den verstärkten Einsatz von Mollusken-schill charakterisiert. Dieser besteht meist überwiegend aus *Granulolabium pustulatum* (Taf.2 Fig.3-6) und *Perna faujasii* (Taf.2 Fig.1-2). Auf Subzone Vb folgt die Subzone Vc, deren Basis durch das erstmalige Auftreten von *Mancosinodia manca* (Taf.3 Fig.1-4) definiert ist. Die darüber folgende Zone VI umfasst die gesamte Reichweite von *Isognomon* spp. (Taf.3 Fig.5-8) im Mainzer Becken. Eine weitergehende Untergliederung in Subzonen basiert auf dem sukzessiven und meist kurzlebigen Erscheinen von Bivalven-Arten. So ist die Subzone VIa als Intervall zwischen dem ersten Auftreten von *Isognomon* spp. und dem Einsatz des Bivalven *Gobraeus* sp. (Taf.4 Fig.1-5) definiert, dessen erstes Erscheinen die Basis der Subzone VIb charakterisiert. Darüber ist die Basis der Subzone VIc durch den Einsatz des Bivalven *Lentidium (Ajanssenium) sphenioides* (Taf.4 Fig.9-13) gekennzeichnet. In Subzone VIc erscheint *Paramusculus brauni* (COSSMANN & LAMBERT 1884) (Taf.5 Fig.1-3) und ist häufig. Subzone VIe ist durch die Abwesenheit oder Seltenheit von *Paramusculus brauni* und das Vorkommen von *Dreissena (Coelogonia) brardii* (BRONGNIART 1823) (Taf.5 Fig.4-5) gekennzeichnet. Das erste Erscheinen von *Dreissena (Coelogonia) brardii* ist stellenweise bereits im obersten Abschnitt von Subzone VIc zu beobachten. Hier und in Subzone VIc fehlt die Art aber vielerorts und wird erst nach dem Rückgang von *Paramusculus brauni* an der Basis von Subzone VIe etwas häufiger.

Auch die terrestrischen Mollusken-Assoziationen gestatten eine Untergliederung der Schichtenfolge. So kennzeichnet das Erlöschen der Landschnecke *Palaeotachea subsulcosa* (Taf.5 Fig.6) im höheren Teil der Oppenheim-Formation die Obergrenze der Terrestrischen Molluskenzone C sensu KADOLSKY (1989). An der Basis der darüber folgenden Terrestrischen Molluskenzone D setzt *Palaeotachea cf. subglobosa* (GRATELOUP 1828) (Taf.5 Fig.7-8) ein. Etwa im gleichen stratigraphischen Niveau verläuft auch die Grenze zwischen den Aquatischen Mollusken(sub)zonen VIc und VIe (Abb. 3).

Eine biostratigraphische Untergliederung der Oppenheim-Formation (als Obere Cerithien-Schichten, unterer Teil bzw. OCeS-1) ist nach REICHENBACHER 2000 auch anhand von Fisch-Otolithen möglich (Abb. 3). Demnach reicht die *Sciaena irregularis* – *Morone aequalis* - Vergesellschaftungszone (FM 5) vom höchsten Teil der unterlagern den Hochheim-Formation bis in den tieferen Teil der Oppenheim-Formation und entspricht hier in etwa den Aquatischen Mollusken(sub)zonen Vb-Vc. Darüber schließt

Tab. 2: Biostratigraphische Untergliederungsmöglichkeiten der Oppenheim-Formation und Korrelation mit überregionalen biostratigraphischen Gliederungen.

	Regionale Gliederung			Überregionale Gliederung					
	Aquatische Mollusken - Zonen	Terrestrische Mollusken - Zonen	Otolithen - Zonen	Nanno-plankton - Zonen	Klein-säuger - Zonen	Charo-phyten - Zonen			
Oberrad-Formation	VII	D	FM7		MN2a				
Oppenheim-Formation	VI	C	FM6	?	MN1	Rantzie-nella nitida - Zone			
						e			
						d			
						c			
						b			
	Vc		FM5	NP25		Chara notata - Zone			
	Vb								
Hochheim-Formation	Va	B	FM4		MP30				
	IV								

sich bis zur Basis der im Hangenden folgenden Oberrad-Formation (als Obere Cerithien-Schichten, oberer Teil bzw. OCeS-2) die *Liza moguntina* – *Morone aequalis* - Vergesellschaftungszone (FM 6) an. Ihre Entsprechung findet die Otolithenzone FM 6 somit in den Aquatischen Mollusken(sub)zonen VIa-VIe.

Wahrscheinlich gestatten auch die diversen Foraminiferen- und Ostrakoden-Faunen eine Feingliederung der Oppenheim-Formation. Hierfür sind aber noch weitere Untersuchungen notwendig. Sehr charakteristisch ist das im gesamten Oberrheingebiet nachzuweisende Vorkommen von Arten der Ostrakoden-Gattung *Pterygocythereis* (Taf.1 Fig.1-6) im tieferen Teil der Oppenheim-Formation (Aquatische Molluskenzonen Vb-VIb).

Die von WIESNER (1970) vorgeschlagene mikropaläontologische Gliederung der Mainz-Gruppe im Hanauer Becken lässt keine Differenzierung der Oppenheim-Formation erkennen. So umfasst sein „Horizont 1“ die gesamte Oppenheim-Formation, da er durch das Vorkommen von *Uvigerinella michelsi*, *Bolivina grossauheimensis* (WIESNER 1974) und *Isognomon* spp. (als „*Pedalion*-Bank“) definiert ist. Die nachfolgenden „Horizonte 2 und 3“, die WIESNER (1970) ebenfalls zu den „Cerithienschichten“ zählte, liegen in der Oberrad-Formation.



## 7. Überregionale biostratigraphische Korrelationen

Nach MARTINI (1978) belegt das gemeinsame Vorkommen von *Zygrhablithus bijugatus* (DEFLANDRE in DEFLANDRE & FERT 1954) DEFLANDRE 1959 und *Dictyococcites dictyodus* (DEFLANDRE in DEFLANDRE & FERT 1954) MARTINI 1969 im tieferen Teil der Oppenheim-Formation (Aquatische Molluskenzonen Vb und Vc) die Nannoplankton-Zone NP 25 (Tab. 2) und damit höchstes Oberoligozän. Auch aus den jüngeren Abschnitten der Oppenheim-Formation sind Nannoplankton-Lagen bekannt geworden, eine biostratigraphische Zuordnung zu einer bestimmten Nannoplankton-Zone ist hier aber nicht möglich (MARTINI 2000).

Überregionale Korrelationsmöglichkeiten wurden von REICHENBACHER (2000, S. 92) auch anhand von Fisch-Otolithen aufgezeigt. Demnach kann der Basisbereich der Oppenheim-Formation (Otolithen-Zone FM 5, höherer Teil) mit der Otolithen-Zone OT-O6 der Paratethys (REICHENBACHER 1999) korreliert werden und ist in das höchste Chattium zu stellen. Die darüber bis zum Top der Oppenheim-Formation folgende Otolithen-Zone FM 6 wird von REICHENBACHER (2000) mit dem Grenzbereich der Otolithen-Zonen OT-O6/OT-M1 in der Paratethys parallelisiert und dem frühen Aquitanium zugeordnet.

Lagomorphen-Zähne aus den „Cerithien-Schichten“ des Steinbruchs Flörsheim und aus dem „Cerithienkalk“ bei Groß-Karben (Wetterau-Senke) gehören nach TOBIEN (1970, 1974, 1975) vermutlich dem Säugerniveau von Coderet (MP 30) an und würden somit ebenfalls auf ein oberoligozänes Alter der Fundschichten hindeuten. Leider ist das genaue stratigraphische Niveau des Horizontes mit *Amphilagus antiquus* POMEL 1853 im Steinbruch Flörsheim nicht mehr genau zu ermitteln, sodass eine zweifelsfreie Einstufung dieses Fundes in die Oppenheim-Formation nicht möglich ist (Kap. 5). Problematisch ist auch die lithostratigraphische Zuordnung des Fundes aus dem Steinbruch bei Groß-Karben. Ein einziger von dort vorliegender Prämolare wurde von TOBIEN (1970) dem Lagomorphen *Piezodus branssatensis* VIRET 1929 zugeschrieben. Nach TOBIEN entspricht er mit gewissem Vorbehalt dem Evolutionsniveau der Art an der Fundstelle bei Coderet. Der inzwischen stillgelegte, aber aufgelassene Steinbruch erschließt gebankte Kalksteine („Cerithienkalk“), die den dortigen „Cerithiensand“ überlagern. Während der „Cerithiensand“ mit Gewissheit als ein Äquivalent der Oppenheim-Formation aufzufassen ist, gehört der „Cerithienkalk“ nach GEBHARDT (2004) aber bereits dem stratigraphischen Niveau der Oberrad- bis Rüssingen-Formation an und kann mit den Aquatischen Molluskenzonen VII bis VIII korreliert werden (GEBHARDT 2004: Fig. 5). Demnach kann der von TOBIEN (1970) beschriebene Prämolare des Lagomorphen *Piezodus branssatensis* nicht aus Sedimenten der Oppenheim-Formation stammen und TOBIENS biostratigraphische Zuordnung zum Säugerniveau von Coderet (MP 30) widerspricht neueren Untersuchungsergebnissen, die für die Oppenheim-Formation bereits die Kleinsäugerzone MN 1 belegen. So konnte MÖDDEN (1996) im Steinbruch von Rüssingen aus Sedimenten, die mit Gewissheit der Oppenheim-Formation zuzuordnen sind, die Eomyiden-Art *Rhodanomys transiens* nachweisen, was eine sichere Einstufung des Fundhorizontes (Rüssingen 1. 3.) in den unteren Teil der Kleinsäugerzone MN 1 erlaubt. Die von MÖDDEN (1998) als *Rhodanomys* aff. *transiens* bestimmten Kleinsäugerzähne aus dem Steinbruch Flörsheim (Horizont „Flörsheim 2“) belegen nach MÖDDEN ebenfalls den unteren Teil der Kleinsäugerzone MN 1. In diesem Fall ist eine Zuordnung der Fundschicht zum stratigraphischen Niveau der Aquatischen Molluskenzone VIe möglich, da der Horizont „Flörsheim 2“ mit den detaillierten Profilaufnahmen von KADOLSKY (1974) korreliert werden kann. Außerdem gibt MÖDDEN (1996: Tab. 1) aus dem Flörsheimer Steinbruch („Niveau 1.5.“) auch noch

ein Vorkommen von *Rhodanomys schlosseri* DEPÉRET & DOUXAMI 1902 an, was den oberen Teil der Kleinsäugerzone MN 1 belegen würde.

**Bemerkung:** Wie bereits ausgeführt, fehlen für die von Hochheim/Flörsheim vorliegenden Wirbeltierreste in den meisten Fällen Angaben zur genauen stratigraphischen Position der Fundhorizonte. Bis in die 1970er Jahre hinein war im heute aufgelassenen Steinbruch Flörsheim eine nahezu vollständige Abfolge von Sedimenten der Hochheim-Formation und Oppenheim-Formation aufgeschlossen. Detaillierte Profilaufnahmen von KADOLSKY aus dieser Zeit erbrachten Funde von Tetrapodenresten nur aus der Oppenheim-Formation, jedoch kommen nach SANDBERGER (1875, S. 364) Wirbeltierknochen auch in den „Pupenschichten“ der oberen Hochheim-Formation vor. Spätere horizontierte Aufsammlungen von Tetrapodenresten wurden zu Beginn der 1980er Jahre von ROTHAUSEN & TOBIEN und in der ersten Hälfte der 1990er Jahre von MÖDDEN vorgenommen. Die hierbei gemachten Funde sind aber bisher nur teilweise ausgewertet und publiziert (MÖDDEN 1996, 1998). Ihre Zuordnung zu einem höheren oder tieferen Niveau innerhalb der Kleinsäugerzone MN 1 ist außerdem widersprüchlich. So gehört die von MÖDDEN (1996) der Oberrad-Formation (als Obere Cerithien-Schichten, oberer Teil) zugewiesene und in den oberen Teil von MN 1 gestellte Fundschicht („Niveau 1.5.“) aufgrund ihrer Molluskenführung und Mikrofauna der Oppenheim-Formation (Aquatische Molluskenzone VIb) an. Diese Schicht liegt somit tiefer innerhalb der stratigraphischen Abfolge als der von MÖDDEN (1998) dem unteren Teil von MN 1 zugeordnete Horizont „Flörsheim 2“, der dem Niveau der Aquatischen Molluskenzone VIe angehört.

Innerhalb der Oppenheim-Formation (als Obere Cerithien-Schichten, unterer Teil) verläuft nach SCHWARZ in ENGESSER et al. (1993) die Grenze *Chara notata*-Zone / *Rantzieniella nitida*-Zone (Tab. 2) im Sinne der Charophyten-Gliederung von RIVELINE (1986). Diese Grenzziehung ist jedoch unsicher, da die Leitart *Rantzieniella nitida* GRAMBAST 1962 im Mainzer Becken bisher nicht nachgewiesen wurde.

## 8. Chronostratigraphische Stellung

Die tieferen Teile der Oppenheim-Formation (Aquatische Molluskenzonen Vb und Vc) gehören dem höheren Oberoligozän (Chattium) an, da hier die Nannoplankton-Zone NP 25 nachgewiesen ist (MARTINI 1978). Auch die Fischfaunen dieses stratigraphischen Niveaus deuten ein oberoligozänes Alter der Ablagerungen an (REICHENBACHER 2000).

Im höheren Abschnitt der Oppenheim-Formation (Aquatische Molluskenzonen VIb-VIe) ist die Kleinsäugerzone MN 1 belegt (MÖDDEN 1996, 1998). Dieser Mammalier-Zone wird definitionsgemäß ein früh untermiozänes Alter zugewiesen. Wie bereits diskutiert (KADOLSKY 1989; SCHÄFER & TOBIEN in ENGESSER et al. 1993), besteht jedoch keine absolute Klarheit darüber, wie die terrestrische Kleinsäuger-Zonierung mit der marinen Nannoplankton-Zonierung zu korrelieren ist. So liegen aus dem aufgelassenen Steinbruch Flörsheim inzwischen Hinweise vor (KADOLSKY & SCHÄFER in Vorb.), dass Kleinsäuger-Faunen von MN 1 - Alter bereits im tieferen Teil der Oppenheim-Formation auftreten, also in einem Niveau für das oberoligozänes Nannoplankton der Zone NP 25 belegt ist (Aquatische Molluskenzonen Vb und Vc). Daraus folgt, dass vorerst offen bleiben muss, ob die jüngeren Abschnitte der Oppenheim-Formation, in denen ebenfalls Kleinsäuger-Faunen der MN 1 - Zone nachgewiesen sind, ein frühmiozänes Alter aufweisen oder noch dem späten Chattium angehören. Es soll an dieser Stelle auch nicht unerwähnt bleiben, dass bereits frühere Bearbeiter (H. WEILER 1989; HOTTENROTT 1993) anhand von palynologischen Untersuchungen zu dem Ergebnis kamen, dass die gesamten „Cerithienschichten“ (d. h. Oppenheim-Formation und Oberrad-Formation) am ehesten noch dem höheren Chattium zugeordnet werden sollten.

### Schriften

- BUCHER, W. (1914): Beitrag zur geologischen und paläontologischen Kenntnis des jüngeren Tertiärs der Rheinpfalz. – Geogn. Jahresh., **26**, S. 1–101, 2 Taf., München [1913].
- DOEBL, F. & GEISSERT, F. (1971): Chattien supérieur et „Aquitanien“ dans le Nord d’Alsace. – Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr., **24**, S. 107–117, Strasbourg.
- DOEBL, F. & MOWAHED-AWAL, H. & ROTHE, P. & SONNE, V. & TOBIEN, H. & WEILER, H. & WEILER, W. (1972): Ein „Aquitani“-Profil von Mainz-Weisenau (Tertiär, Mainzer Becken). Mikrofaunistische, sedimentpetrographische und geochemische Untersuchungen zu seiner Gliederung. – Geol. Jb., **A 5**, S. 1–141, 4 Abb., 13 Tab., 17 Taf., Hannover.
- ENGESSER, B. & SCHÄFER, P. & SCHWARZ, J. & TOBIEN, H. (1993): Paläontologische Bearbeitung des Grenzbereichs Obere Cerithienschichten/*Corbicula*-Schichten (= Schichten mit *Hydrobia inflata*) im Steinbruch Rüssingen mit Bemerkungen zur Oligozän/Miozän-Grenze im Kalktertiär des Mainzer Beckens. – Mainzer geowiss. Mitt., **22**, S. 247–274, 7 Abb., 3 Tab., 1 Taf., Mainz.
- FAUPEL, M. (1975): Die Ostrakoden des Kasseler Meeressandes (Oberoligozän) in Nordhessen. – Göttinger Arb. Geol. Paläont., **17**, 77 S., 3 Abb., 1 Tab., 13 Taf., Göttingen.
- FISCHER, H. W. (1989): Mikropaläontologische Untersuchungen des Grenzbereichs Landschneckenkalk/Obere Cerithienschichten (Oberes Chatt) im ehemaligen Steinbruch Flörsheim/Main (Mainzer Becken). Diplomarbeit Univ. Mainz, VI + 172 S., 20 Abb., 1 Tab., 13 Taf., Mainz. – [unveröff.].
- FÖRSTERLING, G. (1994): Stratigraphische Geländeaufnahme des Kalksteinbruchs der Heidelberger Portland-Zementwerke in Mainz-Weisenau. Zweimonatige Kartierung Herbst und Winter 1992/93, Univ. Mainz, 73 S., 23 Abb., 2 Tab., 9 Profilzeichnungen, Mainz. – [unveröff.].
- (1998): Biostratigraphische und lithostratigraphische Untersuchungen in den Cerithienschichten im Kalksteinbruch Mainz-Weisenau – speziell zur Abgrenzung des Unteren Teils der Oberen Cerithienschichten. – Diplomarbeit Univ. Mainz, 136 S., 53 Abb., 8 Tab., 8 Taf.; Mainz.– [unveröff.].
- FÖRSTERLING, G. & KADOLSKY, D. & MORLO, M. (2002): Die Cephalaspidea (Gastropoda: Opisthobranchia) der Cerithienschichten (Oberoligozän) im Mainzer Becken. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **237**, S. 293–317, 6 Abb., 5 Tab., 1 Taf., Frankfurt/Main.
- FÖRSTERLING, G. & REICHENBACHER, B. (2002): Lithofazies und Fischfaunen der Mittleren und Oberen Cerithien-Schichten (Ober-Oligozän – Unter-Miozän) im Mainzer Becken – paläoökologische und paläogeographische Implikationen. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **237**, S. 275–291, 6 Abb., 1 Taf., Frankfurt/Main.
- FRANK, S. (1993): Mikropaläontologisch-feinstratigraphische Untersuchungen zweier Kernbohrungen im Raum Göllheim – Rüssingen (südliches Mainzer Becken, Oberoligozän – Untermiozän, Untere Cerithienschichten – Untere *Corbicula*-Schichten. Diplomarbeit Univ. Mainz, 61 S., 12 Abb., 9 Taf., 2 Anl., Mainz.– [unveröff.].
- GAUDANT, J. & REICHENBACHER, B. (2005): *Hemitrichas stappi* n. sp. (Teleostei, Atherinidae) with otoliths *in situ* from the late Oligocene of the Mainz Basin. – Zitteliana, **A 45**, S. 189–198, 2 textfigs., 2 pls., 1 tab., München.
- GEBHARDT, H. (2004): Late Oligocene to Early Miocene foraminifers and ostracods from Karben (Wetterau, Hesse State, Germany): stratigraphic occurrence and palaeoecological implications. – Paläont. Zeitschr., **78** (2), S. 233–279, 21 figs., 4 tabs., Stuttgart.



- GEYER, M. & NITSCH, E. & SIMON, T. (Hrsg.) (2011): Geologie von Baden-Württemberg (5. Aufl.). 627 S., 185 Abb., 4 Tab., (Schweizerbart) Stuttgart.
- HELLER, F. (1933): *Diaceratherium flörshheimense* n. sp., ein neuer Rhinocerotide aus dem Mainzer Becken. – *Senckenbergiana*, **15**, S. 295–302, Frankfurt/Main.
- HOTTENROTT, M. (1993): Zur Palynologie im „Kalktertiär“ des Mainzer Beckens. – In: DABER, R. & RÜFFLE, L. & WENDT, P. B. (Hrsg.): Pflanzen der Geologischen Vergangenheit (Festschrift Prof. WILFRIED KRUTZSCH), S. 133–144, 2 Taf.; (Museum für Naturkunde der Humboldt-Universität zu Berlin, Paläontologisches Museum), Berlin.
- HOTTENROTT & MARTINI (2011): Wetterau-Senke. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland IX – Tertiär, Teil 1: Oberrheingraben und benachbarte Tertiärgebiete. – *Schriftenr. deutsch. Ges. Geowiss.*, **75**, S. 263–278, 5 Abb., Hannover.
- KADOLSKY, D. (1974): Das Tertiärprofil des Falkenberg-Grabens (Hessen, Mainzer Becken) und seine Molluskenfauna (Blatt 5916 Hochheim). Diplomarbeit Univ. Bonn, 175 S., 45 Abb.; Bonn. – [unveröff.].
- (1984): Zur Taxonomie, Nomenklatur und stratigraphischen Bedeutung einiger Mollusken der Inflaten-Schichten und höchsten Cerithienschichten (Tertiär, Mainzer Becken). – *Mainzer geowiss. Mitt.*, **13**, S. 197–204, 6 Abb., 1 Tab., Mainz.
  - (1989): Stratigraphie und Molluskenfaunen von „Landschneckenkalk“ und „Cerithienschichten“ im Mainzer Becken (Oberoligozän bis Untermiozän?) – *Stratigraphische, paläogeographische und paläoökologische Ergebnisse*. – *Geol. Jb.*, **A 110**, S. 69–133, 10 Abb., 8 Tab., Hannover [1988].
  - (1995): Stratigraphie und Molluskenfaunen von „Landschneckenkalk“ und „Cerithienschichten“ im Mainzer Becken (Oberoligozän bis Untermiozän), 2: Revision der aquatischen Mollusken des Landschneckenkalkes. – *Arch. Molluskkunde*, **124** (1/2), S. 1–55, 48 Abb., 4 Taf., Frankfurt/Main.
  - (1998): Molluskenzonierung in den Cerithienschichten des Mainzer Beckens: eine Korrektur. – *Mainzer geowiss. Mitt.*, **27**, S. 213–216, 1 Tab., Mainz.
  - (2008): Mollusks from the late Oligocene of Oberleichtersbach (Rhön Mountains, Germany). Part 1: Overview and preliminary biostratigraphical, palaeoecological and palaeogeographical conclusions. – *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **260**, S. 89–101; 3 figs., 2 tabs., Frankfurt/Main.
- KADOLSKY, D. & KOCH, R. (1989): Pseudoriffe im Landschneckenkalk und in den tieferen Oberen Cerithienschichten (Oberoligozän) des Mainzer Beckens. – *Geol. Jb.*, **A 110**, S. 135–163, 17 Abb., 2 Tab., Hannover [1988].
- KADOLSKY, D. & SCHÄFER, P. (1995): „*Corbicula*-Schichten“ und „*Inflata*-Schichten“ (Miozän, Mainzer Becken): Zur Begriffsklärung zweier unterschiedlicher stratigraphischer Einheiten. – *Mainzer geowiss. Mitt.*, **24**, S. 71–86, 1 Abb., 2 Tab., 1 Taf., Mainz.
- (2011): Oppenheim-Formation. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland IX – Tertiär, Teil 1: Oberrheingraben und benachbarte Tertiärgebiete. – *Schriftenr. deutsch. Ges. Geowiss. (SDGG)*, **75**, S. 168–172, Hannover.
- KLUPSCH, N. (1979): Sedimentology and diagenesis of Lower Miocene carbonates (new quarry of the Heidelberger Portland Zementwerke at Mainz-Weisenau, Mainz Basin, West Germany). M. Sc. Thes., 100 S., 50 figs., 4 pls., Swansea. – [unveröff.].
- KLUPSCH, N. & ROTHE, P. (1989): Depositional and Diagenetic Carbonate Facies in the Calcareous Tertiary (Upper Oligocene – Lower Miocene) of the Mainz Basin: An interpretation. – *Geol. Jb.*, **A 110**, S. 173–203, 7 Abb., Hannover [1988].



- KRAUS, J. R. & GRIMM, K. I. (2008): Hochauflösende Stratigraphie in der Mainz-Gruppe (Oligozän/Miozän) im Steinbruch Dachsberg bei Göllheim (südliches Mainzer Becken). – Mainzer naturwiss. Archiv, **46**, S. 63–80, 4 Abb., Mainz.
- MALZ, H. (1973): Ostracoden aus dem Sannois und jüngeren Schichten des Mainzer Beckens, 3. Ehemalige „Cytheridea“-Arten und -Verwandte. – Notizbl. hess. Landesamt Bodenforsch., **101**, S. 188-201, Taf. 19–22, Wiesbaden.
- (1978): Neue *Hemicyprideis*-Arten (Ostracoda; Tertiär) aus dem Mainzer Becken und seinen Randgebieten. – Senckenbergiana lethaea **59** (1/3), S. 71-91, 10 Abb., 4 Taf., Frankfurt/Main.
- MALZ, H. & TRIEBEL, E. (1970): Ostracoden aus dem Sannois und jüngeren Schichten des Mainzer Beckens, 2. *Hemicyprideis* n. g. – Senckenbergiana lethaea **51** (1), S. 1–47, 13 Taf., Frankfurt/Main.
- MARTINI, E. (1978): Massenvorkommen von Nannoplankton in den Cerithien-Schichten des Mainzer Beckens und des Oberrheingrabens (Ober-Oligozän). – Mainzer geowiss. Mitt., **7**, S. 155–169, 2 Abb., 2 Taf., Mainz.
- (2000): Nannoplankton-Gemeinschaften in den Cerithien- und tieferen *inflata*-Schichten des Mainzer Beckens und des Oberrheingrabens (Ober-Oligozän/Unter-Miozän). – Jber. Mitt. oberrhein. Geol. Ver., N.F., **82**, S. 251–259, 2 Tab., Stuttgart.
- MARTINI, E. & RADTKE, G. (2011) [mit einem Beitrag von SCHILLER, W.]: Hanauer Becken. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland IX – Tertiär, Teil 1: Oberrheingraben und benachbarte Tertiärgebiete. – Schriftenr. deutsch. Ges. Geowiss. (SDGG), **75**, S. 225–262, 2 Abb., 5 Tab., Hannover.
- MAYR, H. (1989): Gliridenfaunen (Mammalia, Rodentia) im Kalktertiär (Oberoligozän – Untermiozän) des Mainzer Beckens. – Geol. Jb., **A 110**, S. 237–240, Hannover [1988].
- MEHRNUSCH, M. (1985): Die Bolivinen (Foraminifera) der Oberen Cerithienschichten im Mainzer Becken. – Mainzer geowiss. Mitt., **14**, S. 369–399, 20 Abb., 3 Tab., Mainz.
- MÖDDEN, C. (1996): Korrelierungen auf der Basis fossiler Säugetiere im untersten Miozän des Mainzer Beckens und der Westlichen Molasse. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **202** (1), S. 111-116, Stuttgart.
- (1998): Eomyiden (Rodentia, Mammalia) aus dem Steinbruch Flörsheim (Unter-Miozän, Mainzer Becken, Deutschland) – Mainzer naturwiss. Archiv, Beiheft **21** (KARL-HEINZ ROTHAUSEN – Festschrift): S. 133–140, 2 Abb., 8 Tab., Mainz.
- MOTZKA-NÖRING, R. & HOTTENROTT, M. & EHRENBERG, K.-H. & KOWALCZYK, G. (2006): Geologische Karte von Hessen 1: 25 000, Blatt Nr. 5619 Staden, digit. Ausgabe, Wiesbaden.
- NEUHAUS (2010): New age for Paleogene/Neogene clastics at the northern termination of the Upper Rhine Graben (Hesse, Germany). – Z. deutsch. Ges. Geowiss., **161** (3), S. 303–322, 10 figs., 1 tab., Stuttgart.
- OTT, W. & KADOLSKY, D. & WIESNER, E. (2009): Von einer Lagune zum „trockenen Kalkhügel“: Geologischer Untergrund und Fossilien des Lohwaldes bei Offenbach am Main. – Abh. Offb. Ver. Naturkde., **10**, S.113–213, 23 Abb., 5 Tab., 13 Taf., Offenbach/Main.
- PRINZ-GRIMM, P. (1999): Die oberoligozänen Cerithiensande bei Karben (Wetterau). – Profil, **16**, S. 13–19, 6 Abb., Stuttgart.
- REICHENBACHER, B. (1999): Preliminary otolith-zonation in continental Tertiary deposits of the Paratethys and adjacent areas. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **214** (3), S. 375–390, 1 tab., Stuttgart.

- (2000): Das brackisch-lakustrine Oligozän und Unter-Miozän im Mainzer Becken und Hanauer Becken: Fischfaunen, Paläoökologie, Biostratigraphie, Paläogeographie. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, 222, S. 1–143, 43 Abb., 5 Tab., 15 Taf., Frankfurt/Main.
- REINACH, A. VON (1899): Geologische Spezialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten, Erläuterungen zur Lief. 77, Blatt Windecken. 81 S., (Königliche Preussische Geologische Landesanstalt) Berlin.
- REIS, O. M. (1921): Erläuterungen zu dem Blatte Donnersberg (Nr. XXI) der Geognostischen Karte von Bayern (1 : 100 000), 320 S., 100 Abb., 1 Taf., 1 Kt., München.
- RIVELINE, J. (1986): Les Charophytes du Paléogène et du Miocène inférieur d'Europe occidentale. Biostratigraphie des formations continentales. – Cahiers de Paléontologie, 22, 227 S., 103 Tab., 38 Taf., (Editions C.N.R.S.) Paris.
- RITZKOWSKI S. (2011) [Beiträge von GRIMM, M. C. & HOTTENROTT, M.]: Niederhessische Tertiärsenke. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland IX – Tertiär, Teil 1: Oberrheingraben und benachbarte Tertiärgebiete. – Schriftenr. deutsch. Ges. Geowiss., 75, S. 303–343, 1 Abb., Hannover.
- RÖMER-BÜCHNER, B. J. (1827): Verzeichnis der Steine und Tiere, welche in dem Gebiete der freien Stadt Frankfurt und deren nächster Umgebung gefunden werden, 88 S., 2 Taf., Frankfurt/Main.
- ROTHAUSEN, K. (1989): Carnivoren im Kalktertiär (Oberoligozän – Untermiozän) des Mainzer Beckens (1. Amphicyonidae). – Geol. Jb., A 110, S. 241–260, 3 Abb., 1 Tab., Hannover [1988].
- ROTHER, P. & HOEFS, J. & SONNE, V. (1974): The isotopic composition of Tertiary carbonates from the Mainz Basin: an example of isotopic fractionations in “closed basins”. – Sedimentology, 21, S. 373–395, 6 figs., 2 tabs, Oxford.
- SANDBERGER, F. (1847): Übersicht der geologischen Verhältnisse des Herzogthums Nassau, 44 S., 1 Kt., (Kreidel & Niedner) Wiesbaden.
- (1853): Untersuchungen über das Mainzer Tertiärbecken und dessen Stellung im geologischen Systeme, 91 S., 1 Tab., (Kreidel & Niedner); Wiesbaden.
- (1858-1863): Die Conchylien des Mainzer Tertiärbeckens, 468 S., 35 Taf., (Kreidel), Wiesbaden.
- (1870-1875): Die Land- und Süßwasser-Conchylien der Vorwelt, 1000 + VIII S., 36 Taf., (Kreidel), Wiesbaden.
- SCHAD, A. (1965): Abtragungserscheinungen an der Grenze Jungtertiär I / Jungtertiär II im Inneren des mittleren Rheintalgrabens. – Senckenbergiana lethaea, 46a (WILHELM WEILER – Festschrift), S. 363-376, 3 Abb., 1 Tab., Frankfurt/Main.
- SCHÄFER, P. (1989): Mikropaläontologisch-feinstratigraphischer Vergleich des Profils Straßeneinschnitt Mainz-Weisenau mit drei Profilen aus dem Steinbruch Oppenheim-Nierstein (Kalktertiär Mainzer Becken, Oberoligozän - Untermiozän). – Geol. Jb., A 110, S. 277–287, 1 Abb., Hannover [1988].
- (2009) [Beiträge von BITZER, F. & DEHNER, U. & HANEKE, J. & ROGALL, M.]: Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1: 25 000, Erläuterungen Blatt 6314 Kirchheimbollen, 64 S., 12 Abb., 3 Tab., Mainz.
- (2012): Mainzer Becken. Stratigraphie – Paläontologie – Exkursionen. – Sammlung geol. Führer, 79, 2. völlig neu bearbeitete Auflage, 333 S., 20 Fossiltaf., 44 Farbfotos, 21 Abb., 14 Tab., (Borntraeger) Stuttgart.
- (2013): Grabenbildung - Tertiäre Tektonik in der Pfalz. – In: HANEKE, J. & KREMB, K. (Hrsg.): Beiträge zur Geologie der Pfalz. Veröff. Pfälz. Ges. Förd. Wiss. 110, S. 35–48, 6 Abb., Speyer.

- SCHAUB, S. (1920): *Melissiodon* nov. gen., ein bisher übersehener oligocäner Muride. – *Senckenbergiana*, **2** (1), S. 43–47, 1 Abb., Frankfurt/Main.
- (1925): Die hamsterartigen Nagetiere des Tertiärs und ihre lebenden Verwandten. – *Abh. schweiz. palaeont. Ges.*, **45**, 110 S., 5 Taf., Genf.
- SCHENK, E. (1957): Corbículaschichten und Cyrenenmergel im Horloffgraben (Wetterau). – *Notizbl. hess. Landesamt Bodenforsch.*, **85**, S. 224–254, 3 Abb.; Wiesbaden.
- SCHLEICH, H. H. (1989): Paläoherpetologische Materialien und Faunenspektren aus dem Kalktertiär des Mainzer Beckens (Oberoligozän – Untermiozän). – *Geol. Jb.*, **A 110**: S. 289–306, 1 Abb., Hannover [1988].
- SCHÖNDORF, F. (1907): Verzeichnis der im Naturhistorischen Museum zu Wiesbaden aufbewahrten Originale. – *Jahrbuch des Nassauischen Vereins für Naturkunde*, **60**, S. 148–169, Wiesbaden.
- SCHRAFT, A. (1979): Das Neogen bei Oppenheim (Mainzer Becken). – *Mainzer naturwiss. Archiv*, **17**, S. 73–106, 1 Abb., 3 Tab., Mainz.
- SCHWARZ, J. (1980): Geologische Kartierung bei Dienheim südlich Oppenheim/Rheinhessen (MTB 6116 Oppenheim) unter besonderer Berücksichtigung der Oberen Cerithien-Schichten im Steinbruch „Am Katzenrech“. Diplomarbeit und Diplommkartierung Univ. Frankfurt, 111 S., 11 Abb., 10 Tab., 5 Taf., 2 Kt., 1 Deckbl., Frankfurt/Main. – [unveröff.].
- (1985): Revision der Charophyten-Flora der Süßwasserschichten und des Kalktertiärs im Mainzer Becken (Ober-Oligozän - Unter-Miozän). – *Mainzer geowiss. Mitt.*, **14**, S. 7–98, 7 Abb., 4 Tab., Mainz.
- (1989): Charophyten aus den Süßwasserschichten und dem Kalktertiär im Mainzer Becken (Oberoligozän – Untermiozän). – *Geol. Jb.*, **A 110**, S. 307–309, 1 Tab., Hannover [1988].
- (1993): Charophyten aus dem Oligozän/Miozän des nördlichen Oberrheingrabens und des Hanauer Beckens (Frankfurt am Main und Umgebung). – *Geol. Jb. Hessen*, **121**, S.41–59, 6 Abb., 1 Tab., 1 Taf., Wiesbaden.
- SONNE, V. (1989) [Beiträge von HOHBERGER, K.-H. & JAHNEL, C. & KONRAD, H.-J. & LOTHHAMMER, H. & SCHÄFER, P. & SCHEER, H.-D. & SEMMEL, A. & WITZEL, M.]: Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1: 25 000, Erläuterungen Blatt 6015 Mainz, 106 S., 8 Abb., 4 Tab., Mainz.
- STEGEMANN (1964): Zur Datierung der Rockenberger und Ostheimer Schichten in der Wetterau und Allgemeines zur Sporenstratigraphie im Chatt/Miozän Hessens. – *Notizbl. hess. Landesamt Bodenforsch.*, **92**, S. 139–153, 3 Abb., Wiesbaden.
- STEUER, A. (1909): Über Cerithienschichten und Cyrenenmergel bei Groß-Karben. – *Notizbl. Ver. Erdkde. und großh. geol. Landesanstalt Darmstadt (IV)*, **29**, S. 55–62, Darmstadt.
- STORCH, G. (1989): Insectivora (Mammalia) aus dem Kalktertiär (Oberoligozän – Untermiozän) des Mainzer Beckens. – *Geol. Jb.*, **A 110**, S. 337–343, 1 Abb., Hannover [1988].
- STRUVE, W. (1973): Geologie des Mainzer Beckens. – *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **5**, S. 1–50, 4 Abb., Frankfurt/Main.
- THOMÄ, C. (1845): Fossile Conchylien aus den Tertiärschichten bei Hochheim und Wiesbaden. – *Jb. Ver. Naturkunde. Herzogth. Nassau*, **2**, S. 127–166, Taf. 2-4, Wiesbaden.
- TOBIEN, H. (1970): Lagomorpha (Mammalia) im Unter-Miozän des Mainzer Beckens und die Altersstellung der Fundschichten. – *Abh. hess. Landesamt Bodenforsch.*, **56**, S. 13–36, 5 Abb., 3 Tab., Wiesbaden.

- (1974): Zur Gebißstruktur, Systematik und Evolution der Genera *Amphilagus* und *Titanomys* (Lagomorpha, Mammalia) aus einigen Vorkommen im jüngeren Tertiär Mittel- und Westeuropas. – Mainzer geowiss. Mitt., **3**, S. 95–214, 96 Abb., 7 Tab., Mainz.
- (1975): Zur Gebißstruktur, Systematik und Evolution der Genera *Piezodus*, *Prolagus* und *Ptychoprolagus* (Lagomorpha, Mammalia) aus einigen Vorkommen im jüngeren Tertiär Mittel- und Westeuropas. – Notizbl. hess. Landesamt Bodenforsch., **103**, S. 103–186, 101 Abb., 5 Tab., Wiesbaden.
- (1980): Taxonomic Status of some Cenozoic Mammalian Local Faunas from the Mainz Basin. – Mainzer geowiss. Mitt., **9**, S. 203–235, 1 Abb., 1 Tab., Mainz.
- (1989): Einige Daten zur Systematik und Biostratigraphie der Rodentier und Lagomorphen (Mammalia) aus dem Kalktertiär des Mainzer Beckens (Oberoligozän - Untermiozän). – Geol. Jb., **A 110**, S. 345–358, 2 Abb., Hannover [1988].
- VÁVRA, N. (1989): *Filicrisia geniculata* (MILNE-EDWARDS, 1838) – Crisiidae, Cyclostomata, Bryozoa – aus dem Kalktertiär (Oberoligozän – Untermiozän) des Mainzer Beckens. – Geol. Jb., **A 110**, S. 359–369, 1 Tab., 1 Taf., Hannover [1988].
- WAGNER, W. (1926): Erläuterungen zur geologischen Karte von Hessen im Maßstabe 1:25 000, Blatt Wöllstein-Kreuznach, 118 S., 4 Taf., Darmstadt.
- (1931): Erläuterungen zur geologischen Karte von Hessen im Maßstabe 1:25 000, Blatt Ober-Ingelheim, 118 S., Darmstadt.
- (1938): Das Mainzer Becken. Eine Zusammenstellung unter besonderer Berücksichtigung der Rheintaltektonik. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **27**, S. 25–62, 3 Textbeil., Stuttgart.
- WAGNER, W. & MICHELS, F. (1930): Erläuterungen zur geologischen Karte von Hessen im Maßstabe 1:25 000, Blatt Bingen-Rüdesheim, 167 S., 3 Taf., Darmstadt.
- WEILER, H. (1989): Das Mikrophytoplankton im Kalktertiär (Oberoligozän – Untermiozän) des Mainzer Beckens. – Geol. Jb., **A 110**, S. 371–398, 38 Abb., Hannover [1988].
- WENZ, W. (1921): Das Mainzer Becken und seine Randgebiete, 262 S., 38 Fig., 41 Taf., (Ehrig) Heidelberg.
- (1923–1930): Gastropoda extramarina tertiaria. – Fossilium Catalogus, I, Partes **17**, **18**, **20**, **21**, **22**, **23**, **32**, **38**, **40**, **43**, **46**, 3387 S., (Junk) Berlin.
- (1932): Wirbellose Metazoa des Neozoikums. – In: SALOMON-CALVI, W. (Hrsg.): Oberrheinischer Fossilkatalog, **7**, S. 1–95, (Borntraeger) Berlin.
- WIESNER, E. (1962): *Spirorbis*-Deckel aus dem Frankfurter Aquitan. – Senckenbergiana lethaea, **43** (5), S. 367–374, Taf. 45, Tab. 1, Frankfurt/Main.
- (1970): Das Miozän im östlichen Mainzer Becken unter besonderer Berücksichtigung der Mikrofauna. Diss. Univ. Frankfurt/Main [Kurzfassung] 21 S., 5 Abb., Frankfurt/Main. – [unveröff.].
- (1974): Foraminiferen aus dem Miozän des Mainzer Beckens. – Senckenbergiana lethaea, **55** (1/5), S. 363–387, 3 Taf., Frankfurt/Main.
- ZILCH, A. (1938): Die *Pedalion*-Arten des mitteldeutschen Tertiärs. – Senckenbergiana, **20**, S. 363–380, 1 Taf., Frankfurt/Main.
- (1983): Die Typen und Typoide des Natur-Museums Senckenberg, 69: Mollusca: Muricidae: Rapaninae: *Stenomphalus*. – Arch. Molluskenkunde, **113** (1/6), S. 93–101, Frankfurt/Main.



**Anhang: Tafeln 1 bis 5**

**Tafel 1: *Pterygocythereis*-Arten der Oppenheim-Formation.**

Innerhalb der Mainz-Gruppe ist das Vorkommen der Ostrakoden-Gattung *Pterygocythereis* auf den tieferen Teil der Oppenheim-Formation beschränkt (Aquatische Molluskenzonen Vb-VIb). Neben den hier abgebildeten Taxa *Pterygocythereis* sp. A und *Pterygocythereis ceratoptera* (BOSQUET 1852) kommen möglicherweise noch weitere *Pterygocythereis*-Arten vor. Um dies zu verifizieren und um sicherzustellen, ob die hier als *Pterygocythereis* sp. A geführte Form als neue Art beschrieben werden kann, sind aber weitere vergleichende Untersuchungen erforderlich. Dies soll einer eigenständigen paläontologischen Bearbeitung vorbehalten bleiben.

**Tafeln 2 bis 5: Leitarten für die Untergliederung der Oppenheim-Formation in Aquatische und Terrestrische Molluskenzonen.**

Die Maßstäbe (weiße oder schwarze Balken) entsprechen, wenn nicht anders angegeben, 2 mm in der Natur. Dünne gelbe Balken verbinden verschiedene Abbildungen des gleichen Individuums miteinander. Jedem abgebildeten Individuum ist eine eigene Figur-Nummer zugeordnet. Fotos: D. KADOLSKY (wenn nicht anders angegeben).  
Abkürzungen: LK = Linke Klappe; RK = Rechte Klappe; H = Höhe; B = Breite; Slg.= Sammlung.

Belegstücke sind in folgenden Institutionen oder Sammlungen aufbewahrt:

MUWI = Museum Wiesbaden,

SMF = Naturmuseum und Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt/Main,

RWTHA = Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen,

LGB = Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Mainz,

Sammlung D. KADOLSKY, Sanderstead (UK).

## Tafel 1

*Pterygocythereis* sp. A

Steinbruch Dexheim – LGB 6116/223/1

Fig. 1 R von außen (0,94 mm), Vergrößerung ca. 75x

Fig. 2 L von außen (1,00 mm), Vergrößerung ca. 65x

Fig. 3 L von oben (1,00 mm), Vergrößerung ca. 70x

*Pterygocythereis* sp. A wurde von DOEBL et al. (1972) aus dem Profil Straßeneinschnitt Mainz-Weisenau beschrieben (als *Pterygocythereis* aff. *ceratoptera*), wo die Art im Basisbereich der Oppenheim-Formation vorkommt (Proben 39b-38c, Aquatische Molluskenzonen Vb-VIa). Auch in den Steinbrüchen von Flörsheim (FISCHER 1989), Mainz-Laubenheim (FÖRSTERLING 1998), Dexheim (SCHRAFT 1979) und Göllheim (KRAUS & GRIMM 2008) konnte *Pterygocythereis* sp. A aus etwa dem gleichen stratigraphischen Niveau nachgewiesen werden.

Die Art steht *Pterygocythereis faupelae* ZIEGLER & RÖDDER 1992 nahe. Sie unterscheidet sich von *faupelae* durch ihre geringere Größe und eine höhere Anzahl von Vorderrandzähnen. Diese sind zudem deutlich kürzer als bei *faupelae*. Der Dorsalrand von *Pterygocythereis* sp. A vor allem in der L nach hinten abfallend, während er bei *faupelae* weitgehend gerade verläuft. Der ventrale Kiel ist in der R von *faupelae* leicht gebogen, bei *Pterygocythereis* sp. A fast gerade.

*Pterygocythereis ceratoptera* (BOSQUET 1852)

Oberflächennah anstehende Sedimente der Oppenheim-Formation östlich Einselfthum. Geologische Aufnahme der TK 6314 Blatt Kirchheimbolanden, Bohrstocksondierung Nr. 2346, Pr. 941 (LGB).

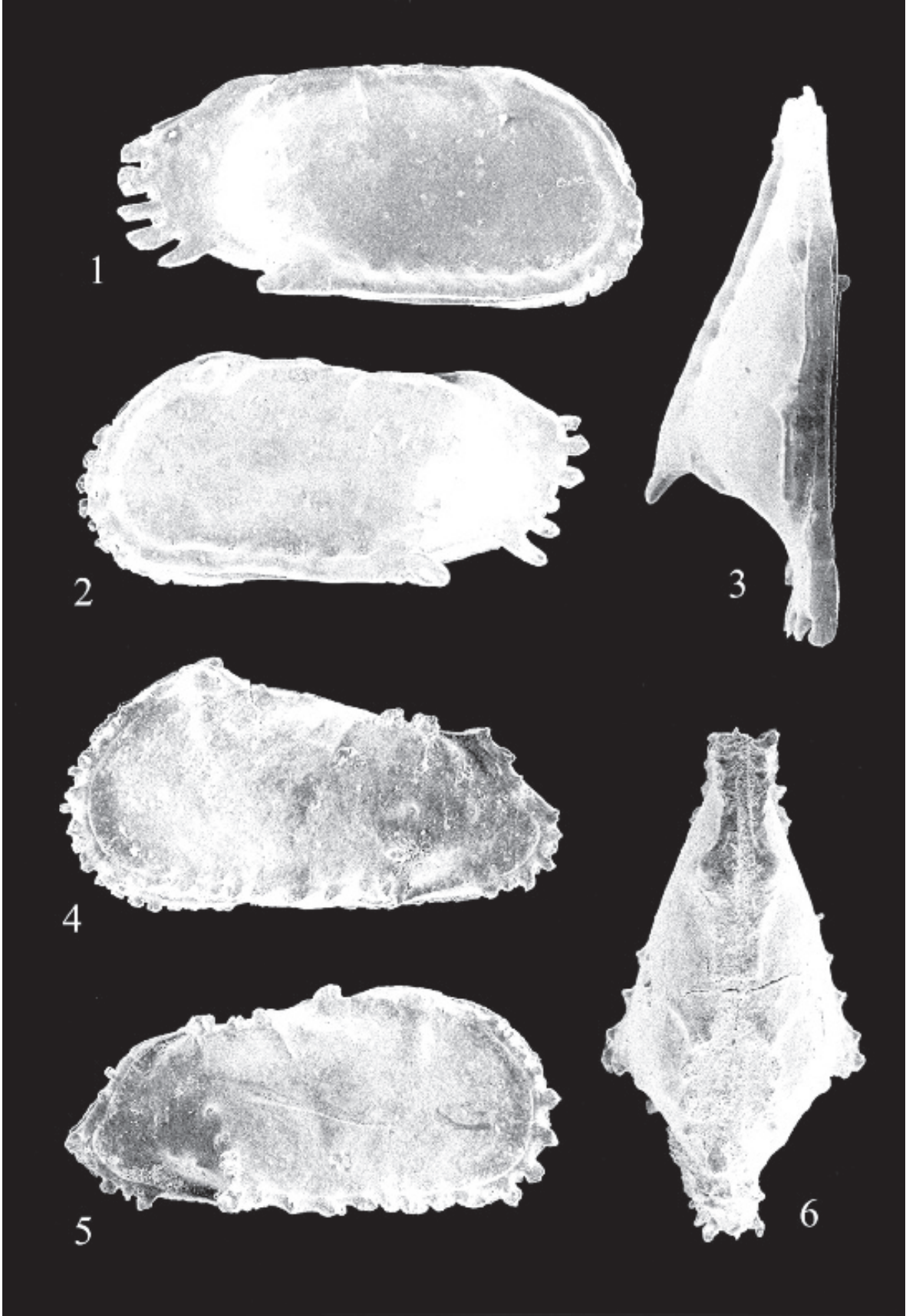
Koordinaten: R 34 35 921, H 55 02 169

Fig. 4 L von außen (0,93 mm), Vergrößerung ca. 70x

Fig. 5 R von außen (0,90 mm), Vergrößerung ca. 70x

Fig. 6 G von oben (0,95 mm), Vergrößerung ca. 70x

Die Art ist im nördlichen Mainzer Becken nur aus dem Steinbruch Flörsheim („Niveau 1.5.“ bei MÖDDEN 1996) bekannt. Im südlichen Mainzer Becken wurde sie im Rahmen von Kartierarbeiten zur geologischen Aufnahme der TK 6314 Blatt Kirchheimbolanden nachgewiesen. Weitere Funde liegen aus dem Steinbruch am Dachs-Berg bei Göllheim (KRAUS & GRIMM 2008, Pr. 60) und aus einer Kernbohrung zwischen den Ortschaften Rüssingen und Göllheim (FRANK 1993, KB 1-027, Pr. 48) vor. Von GEBHARDT (2004) wurde die Art außerdem aus dem „Cerithiensand“ von Karben in der südlichen Wetterau beschrieben. Zumindest im Mainzer Becken können alle bisher bekannten Vorkommen von *Pterygocythereis ceratoptera* mit gewissem Vorbehalt der Aquatischen Mollusken(sub)zone VIb zugeordnet werden.



## Tafel 2

Fig. 1-2 *Perna faujasii* (BRONGNIART 1823)

Erste vereinzelte Vorkommen in der Aquatischen Mollusken(sub)zone Va (oberste Hochheim-Formation), häufig in Subzone Vb; durchgehend, aber nur bankweise auftretend, bis in die Wiesbaden-Formation nachgewiesen. In Subzone Vb meist sehr kleinwüchsige Massenvorkommen (forma *socialis* BRAUN 1850, Fig. 1). In der Oppenheim-Formation scheint die Art keine gemeinsamen Vorkommen mit *Isognomon* spp. zu bilden. Fragmente von *Perna faujasii* können an der bläulich irisierenden Perlmuschel ohne Radialskulptur erkannt werden.

Fig. 1 Hochheim/Flörsheim; Oppenheim-Formation (unhorizontiert, wahrscheinlich aus Subzone Vb). Slg. A. BRAUN, RWTHA (Syntypus von *Mytilus socialis* BRAUN 1850).

Fig. 2 Hochheim/Flörsheim; Oppenheim-Formation, unhorizontiert. Intaktes Exemplar mit Muskeleindrücken auf der Innenseite. Original zu Abb. 4 bei KADOLSKY (1984). MUWI.

Fig. 3-10 *Granulolabium* spp.

In den mit A bzw. B bezeichneten Detaildarstellungen werden Einzelheiten der Skulpturenentwicklung gezeigt, die zur Unterscheidung der Arten *G. pustulatum* und *G. concisum* dienen. Homologe Spiralen sind mit den gleichen Ziffern oder Buchstaben bezeichnet. Die in der ontogenetischen Entwicklung zuerst ausgebildeten Primärschalen tragen die Ziffern 1-4, die später dazwischen erscheinenden Sekundärschalen sind mit a, b und c gekennzeichnet. Bei weiterem Größenwachstum können oft auch Spiralen 3. Ordnung auftreten, die hier aber nicht weiter berücksichtigt werden.

Fig. 3-6 *Granulolabium pustulatum* (BRAUN 1851)

Erstes vereinzeltes Erscheinen in der Hochheim-Formation (Aquatische Mollusken(sub)zone IV) mit forma *enodosum* (SANDBERGER 1858). In Subzone Vb massenhaft, aber meist kleine Exemplare mit schwacher Knotenskulptur (Fig. 5-6). Danach auch in den Subzonen Vc und VIa häufig, hier oftmals größere Individuen mit starker Knotenskulptur (Fig. 3-4); anschließend fast völlig durch *G. concisum* verdrängt. Charakteristisch ist die Dominanz der Primärschalen und die schwache Ausbildung von Sekundärschalen. Knoten auf den Primärschalen sind meist vorhanden, können aber auch völlig fehlen (Fig. 5, 5A). Die Primärschalen sind abapikal nur wenig abgeschwächt.

Fig. 3-4 Hochheim/Flörsheim; Oppenheim-Formation (unhorizontiert, wahrscheinlich aus dem Bereich der Aquatischen Mollusken(sub)zonen Vc-VIa). Slg. A. BRAUN, RWTHA (Syntypen von *Cerithium plicatum* var. *pustulatum* BRAUN 1851).

Fig. 5-6 Steinbruch Dexheim; Oppenheim-Formation (Aquatische Mollusken(sub)zone Vb). Slg. D. KADOLSKY, Probe Dexheim 1/2.

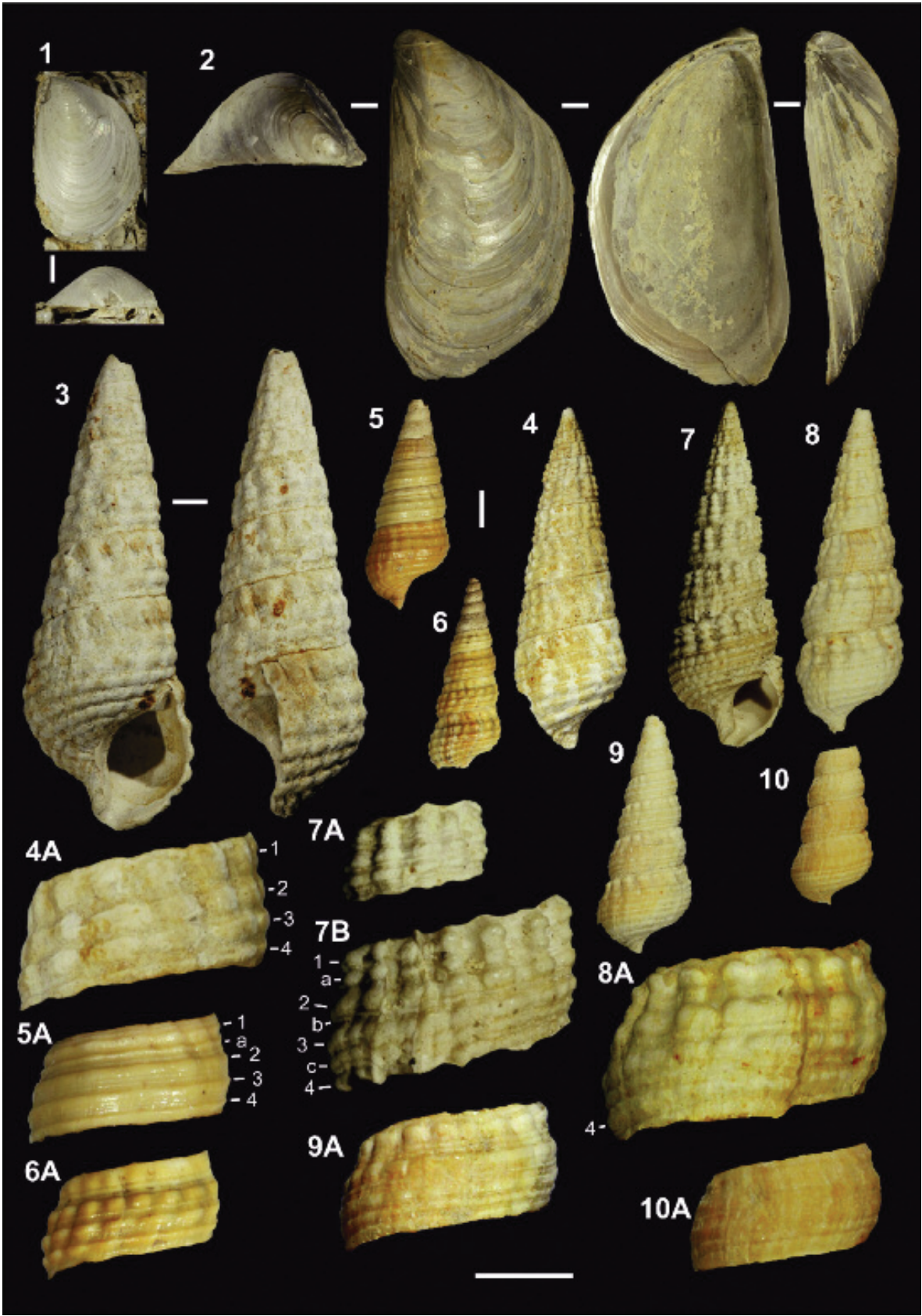
Fig. 7-10 *Granulolabium concisum* (MATHÉRON 1843)

Ersteinsatz in der Aquatischen Mollusken(sub)zone VIb, danach durchgehend häufig bis zum Top der Oberrad-Formation; eine letzte Bank wenig oberhalb des Oberen *Falsocorbicula*-Horizontes in mittleren Lagen der Rüssingen-Formation. Charakteristisch ist die starke Entwicklung von Sekundärschalen deren adapikale (a) die Stärke der Primärschalen 1 und 2 erreichen kann. Primärschale 3 meist deutlich schwächer entwickelt als 1 und 2, Sekundärschale c kann ebenso stark wie Primärschale 3 werden (Fig. 7B). Oft ist die Knotenskulptur mehr oder weniger rückgebildet (Fig. 8-10), jedoch zeigen auch dann die Schalen ähnliche relative Größenverhältnisse. Die diagnostische Skulptur bildet sich spätontogenetisch; juvenile Umgänge sind denen von *G. pustulatum* sehr ähnlich (Fig. 7A). Sympatrische Vorkommen von *G. pustulatum* und *G. concisum* sind selten.

Fig. 7 „Cerithiensand“ von Kleinkarben; Oppenheim-Formation (unhorizontiert, wahrscheinlich aus dem Bereich der Aquatischen Mollusken(sub)zonen VIb-c). H: 25,5 mm. Slg. F. SANDBERGER, MUWI (Belegexemplar zu *Cerithium plicatogranulatum* SANDBERGER 1853; nom. nud.).

Fig. 8-10 Steinbruch Flörsheim; Oppenheim-Formation (Aquatische Mollusken(sub)zone VIId). Slg. D. KADOLSKY, Probe Flörsheim 7/2.





### Tafel 3

Fig. 1-4 *Mancosinodia manca* (BRAUN 1850)

Ersteinsatz und häufiges Vorkommen in der Aquatischen Mollusken(sub)zone Vc; vereinzelt spätere Vorkommen sind vermutlich umgelagert. Sehr formvariabel; von den in jüngeren Schichten vereinzelt auftretenden *Polymesoda*-Arten durch die Form der Klappen, die Bucht der Mantellinie und das Schloss (keine Seitenzähne!) verschieden.

Fig. 1-2 Hochheim/Flörsheim; Oppenheim-Formation, unhorizontiert. Fig. 1 (RK) H: 21,2 mm, B: 20,8 mm; Fig. 2 (LK) H: 23,7 mm, B: 24,9 mm. Slg. A. BRAUN, RWTHA (Syntypen von *Cytherea incrassata* var. *manca* BRAUN 1850).

Fig. 3 Hochheim/Flörsheim; Oppenheim-Formation, unhorizontiert. RK, H: 54,8 mm, B: 46,1 mm. Holotypus von *Cytherea incrassata* var. *solida* SANDBERGER 1861 (Original zu Taf. 24, Fig. 3). Slg. F. SANDBERGER, MUWI.

Fig. 4 Hochheim/Flörsheim; Oppenheim-Formation, unhorizontiert. RK; H: 42,3 mm; B: 38,8 mm. Das Exemplar wurde von SCHÖNDORF (1907) als Original von *Cytherea incrassata* var. *globularis* SANDBERGER 1861 angesehen. Im Gegensatz zu den anderen von SANDBERGER benannten und abgebildeten *Cordiopsis*- und *Mancosinodia*-"Varietäten" stimmen in diesem Fall, obwohl die Klappenform sehr ähnlich ist, aber weder die Maße noch die Details der Klappeninnenseite des Stückes mit den Angaben von SANDBERGER überein, der außerdem als Fundschicht „Cyrenenmergel“ angegeben hatte. Slg. F. SANDBERGER, MUWI.

Fig. 5-8 *Isognomon* spp.

Das Vorkommen von *Isognomon* spp. in der Mainz-Gruppe definiert die Aquatische Molluskenzone VI, die den größten Teil der Oppenheim-Formation umfasst. Möglicherweise sind zwei Arten vorhanden, die jedoch an den normalerweise gefundenen Bruchstücken (Fig. 7, 8) und deformierten Klappen nicht unterschieden werden können. *Isognomon* bildet wiederholt Schillbänke. Wo diese fehlen, ist die Anwesenheit der Gattung oft durch Fragmente ihrer bräunlichen kalzitischen Prismenschichten belegbar (Fig. 6, 8). Diese könnten zwar auch von Pinniden stammen, die jedoch in der Oppenheim-Formation sehr selten sind und bisher nur in Subzone VIc nachgewiesen wurden. Charakteristisch für die Gattung ist die gerade Ligamentleiste mit zahlreichen senkrecht stehenden Ligamentgruben, deren Breite und Abstand voneinander variabel sind (Fig. 5, 7).

Fig. 5-6 *Isognomon oblongus* (RÖMER-BÜCHNER 1827)

Fig. 5 Frankfurt/Main-Bornheim; Oppenheim-Formation, unhorizontiert. Abdruck der Innenseite einer RK. Länge der Ligamentleiste: 18,5 mm. Holotypus. SMF XV.1001.i. Foto: SMF.

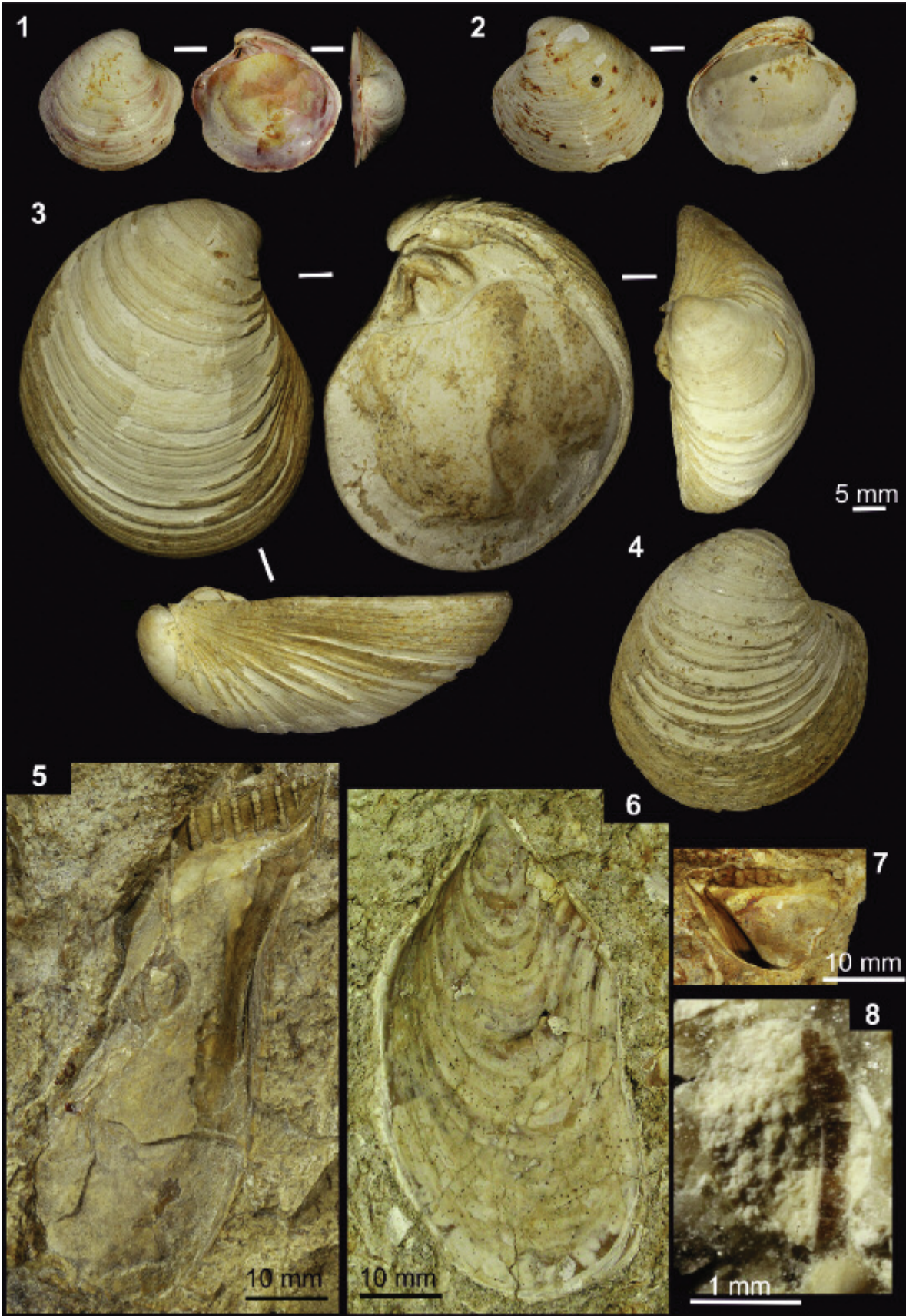
Fig. 6 Offenbach/Main (Lohwald); Aushub der Baugruben des Verbindungssammlers; Oppenheim-Formation (Bereich der Aquatischen Mollusken(sub)zonen VI d-e). Intakte LK. Die äußere aragonitische Schalenschicht (weiß) ist teilweise abgeblättert, sodass die braune kalzitische Prismenschicht stellenweise sichtbar ist. Länge der Ligamentleiste: 21,9 mm. Original zu OTT et al. (2009, Taf. 6 Fig. 39), leg. E. GRUBBA, Foto W. OTT. SMF 333563.

Fig. 7-8 *Isognomon* sp.

Fig. 7 Frankfurt/Main-Bornheim; Oppenheim-Formation, unhorizontiert. Abdruck der Innenseite einer LK im Bereich der Wirbelregion. Original zu *Perna ephippium* [non LINNAEUS 1758] bei RÖMER-BÜCHNER (1827: 21, Taf. 1 Fig. 8). Länge der Ligamentleiste: 20,1 mm. SMF XV.1001.k. Foto: SMF.

Fig. 8 Steinbruch Oppenheim/Nierstein; Oppenheim-Formation (Aquatische Mollusken(sub)zone VIe). Fragment der Prismenschicht in einem intraformationellen Geröll. Slg. D. KADOLSKY, Probe Oppenheim/Nierstein 1/48.





## Tafel 4

Fig. 1-5 *Gobraeus* sp.

Der Einsatz von *Gobraeus* sp. definiert die Basis der Aquatischen Mollusken(sub)zone VIb, auf welche die Art beschränkt ist. Die Klappen sind dünnchalig und daher selten intakt, können aber an ihrer Form und Bezahnung leicht von anderen Bivalven unterschieden werden.

Fig. 1, 3-5 Steinbruch Mainz-Laubenheim; Schicht V / 19 oben im Profil von FÖRSTERLING (1998); Oppenheim-Formation. Fig. 1 – Doppelklappiges Exemplar. Fig. 3 – Schloss einer RK. Fig. 4 – Schloss einer LK. Fig. 5 – juvenile LK. Slg. D. KADOLSKY.

Fig. 2 Steinbruch Göllheim; Oppenheim-Formation. Doppelklappiges Exemplar (Steinkern); B: 23,9 mm. Slg. D. KADOLSKY, Probe Göllheim 4/4.

Fig. 6 *Dorsanum laticosta* (SANDBERGER 1863)

Diese seltene Art wird hier als Beispiel der marinen Arten gezeigt, die im tieferen Teil der Oppenheim-Formation vorübergehend vorkommen; bisher ausschließlich in der Aquatischen Mollusken(sub)zone VIb nachgewiesen. „Cerithiensand“ von Kleinkarben; Oppenheim-Formation, unhorizontiert. H: 10,1 mm; B: 5,5 mm. Original zu BUCHER (1914: Taf. 1 Fig. 2). Slg. O. BOETTGER, SMF.

Fig. 7-8 *Vitta* (s.l.) *squamulifera* (SANDBERGER 1872)

Die Art erscheint im höheren Bereich der Aquatischen Mollusken(sub)zone VIb und ist hier sowie in Subzone VIc stellenweise häufig. Das Pigment der charakteristischen Farbmuster ist in der äußeren kalzitischen Schalenschicht enthalten. „Cerithiensand“ von Kleinkarben; Oppenheim-Formation, unhorizontiert. Slg. F. SANDBERGER, MUWI 1033 (Syntypen von *Neritina squamulifera* SANDBERGER 1872).

Fig. 9-13 *Lentidium* (*Ajanssenium*) *sphenioides* (SANDBERGER 1861)

Der Einsatz von *Lentidium* (*Ajanssenium*) *sphenioides* definiert die Basis der Aquatischen Mollusken(sub)zone VIc, auf welche die Art beschränkt ist. Leicht an der gerundet schief dreieckigen Klappenform mit stumpfer Kante zum Hinterende und der Ausbildung der Schloss- und Ligamentleiste zu erkennen. Die Klappen sind leicht ungleichseitig, wobei die LK die RK überragt.

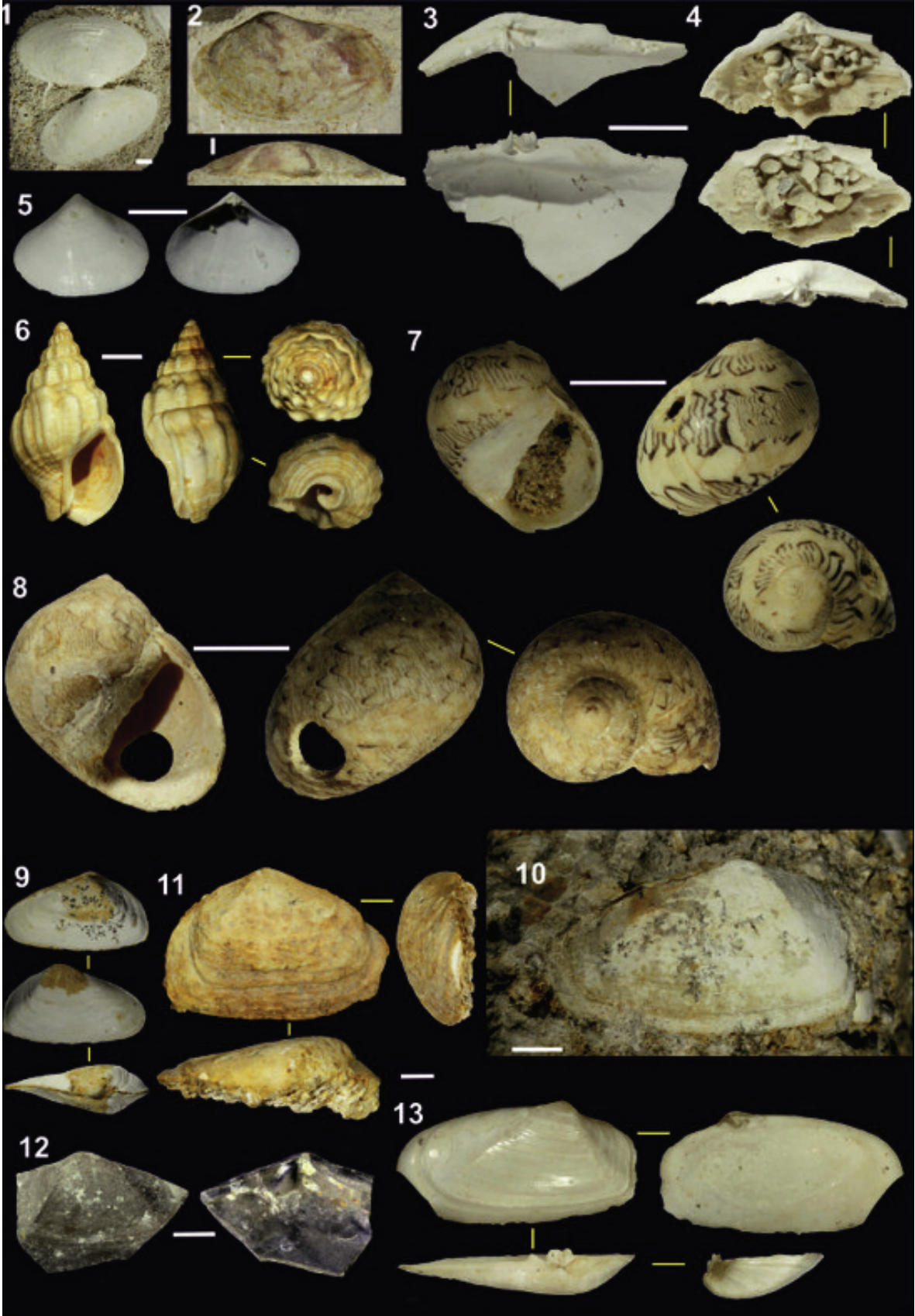
Fig. 9-10 Hochheim/Flörsheim; Oppenheim-Formation, unhorizontiert. Fig. 9 – Doppelklappiges Exemplar; H: 4,7 mm; B: 8,8 mm. Fig. 10 – LK; H: 6,3 mm; B: 12,2 mm. Slg. A. BRAUN, RWTHA (Belege zu *Corbula donacina* BRAUN 1850 [nom. nud.] und zugleich Syntypen von *Corbulomya sphenioides* SANDBERGER 1861).

Fig. 11 Hochheim/Flörsheim; Oppenheim-Formation, unhorizontiert. RK; H: 9,2 mm; B: 13,6 mm. Slg. F. SANDBERGER, MUWI (Syntypus von *Corbulomya sphenioides* SANDBERGER 1861 und Original zu Taf. 22, Fig. 6b).

Fig. 12 Steinbruch Göllheim; Oppenheim-Formation (Aquatische Mollusken(sub)zone VIc). RK mit großem dreieckigem Schlosszahn. Dieser sitzt der Innenseite auf und nicht, wie bei Bivalven sonst üblich, der Schlossleiste. Slg. D. KADOLSKY, 6463a; Probe Göllheim 4/6.

Fig. 13 Steinbruch Oppenheim/Nierstein; Oppenheim-Formation. Dieses Exemplar wird als Extremform von *L. sphenioides* angesehen. LK; H: 7,4 mm; B: 14,8 mm. Slg. F. SANDBERGER, MUWI (Holotypus von *Corbulomya elongata* SANDBERGER 1861 und Original zu Taf. 22, Fig. 4, 4a).





## Tafel 5

Fig. 1-3 *Paramusculus brauni* (COSSMANN & LAMBERT 1884)

*Paramusculus brauni* ist die Leitart der Aquatischen Mollusken(sub)zone VI<sub>d</sub>, wo die Art meist häufig ist. Dieses Vorkommen kann auch als 2. *Paramusculus*-Bank bezeichnet werden. Die 1. *Paramusculus*-Bank liegt in der unteren Hochheim-Formation (Aquatische Molluskenzone III) und ist nur im Steinbruch von Oppenheim/Nierstein nachgewiesen (KADOLSKY 1995). Eine 3. *Paramusculus*-Bank liegt nahe dem Top der Oberrad-Formation in der Aquatischen Molluskenzone VII. In den Intervallen zwischen den Bänken fehlt *Paramusculus brauni*, sodass von dreimaliger Einwanderung ausgegangen werden kann. Die Art ist sehr dünnchalig und daher selten intakt. Fragmente können am rötlich violetten Perlmutterglanz und der feinen radialen Skulptur von *Perna faujasii* unterschieden werden; *Paramusculus brauni* ist zudem stets kleiner.

Fig. 1 Hochheim/Flörsheim; Oppenheim-Formation, unhorizontiert. Slg. A. BRAUN, RWTHA (Lectotypus [des. KADOLSKY 1995] von *Modiola angusta* BRAUN 1850 [non DESHAYES 1830, nec ROEMER 1839] und *Modiola brauni* COSSMANN & LAMBERT 1884).

Fig. 2-3 Hochheim/Flörsheim; Oppenheim-Formation, unhorizontiert. Fig. 2 – H: 6,6 mm; B: 15,5 mm. Fig. 3 – H: 5,2 mm; B: 11,6 mm. Slg. K. FISCHER, SMF.

Fig. 4-5. *Dreissena (Coelogonia) brardii* (BRONGNIART 1823)

Diese Art ist erstmals in der Aquatischen Mollusken(sub)zone VI<sub>c</sub> nachgewiesen, sie fehlt aber hier und in Subzone VI<sub>d</sub> meistens. Über der 2. *Paramusculus*-Bank (= Subzone VI<sub>d</sub>) wird sie etwas häufiger und kennzeichnet zusammen mit *Isognomon oblongus* die Subzone VI<sub>e</sub>. Allgemein ist die Art oberhalb der Oppenheim-Formation häufiger, wenn auch nicht in jeder Bank vorhanden und persistiert bis in die Wiesbaden-Formation. Von juvenilen *Perna faujasii* kann die Art durch die Form der Klappen, die nicht perlmutterartige Schalenstruktur und die Anwesenheit eines Septums mit Apophyse unter dem Wirbel unterschieden werden. Die Apophyse ist ein kleiner löffelförmiger Fortsatz, an dem ein Schalenretraktormuskel ansetzt.

Fig. 4 Steinbruch Flörsheim; Oppenheim-Formation (Aquatische Mollusken(sub)zone VI<sub>e</sub>). Doppelklappiges Exemplar; H: 11,7 mm; B: 6,8 mm. Slg. D. KADOLSKY, Probe Flörsheim 3/8.7.

Fig. 5 Wiesbaden-Biebrich, Straßeneinschnitt nahe dem Bahnhof Wiesbaden Ost. Wiesbaden-Formation. LK. Da kein gut erhaltenes Material aus der Oppenheim-Formation vorlag, wird dieses Exemplar hier gezeigt, um das Wirbelseptum und die Apophyse zu demonstrieren. Slg. D. KADOLSKY, 2036a.

Fig. 6. *Palaeotachea subsulcosa* (THOMÄ 1845).

Leitart der Terrestrischen Molluskenzone C (= Bereich der aquatischen Molluskenzonen V<sub>b</sub>-VI<sub>d</sub>). Charakteristisch für *Palaeotachea subsulcosa* ist ihre Größe, die kräftige Berippung, der relativ große letzte Umgang und die breite Mündungslippe. Hochheim/Flörsheim; unhorizontiert (nach Erhaltungszustand aus der Oppenheim-Formation im Bereich der Aquatischen Mollusken(sub)zonen VI<sub>a</sub>-VI<sub>c</sub>). H: 16,1 mm; B: 20,5 mm. MUWI (Syntypus von *Helix subsulcosa* THOMÄ 1845).

Fig. 7-8 *Palaeotachea cf. subglobosa* (GRATELOUP 1828)

Leitart der Terrestrischen Molluskenzone D, die in etwa an der Basis der Aquatischen Mollusken(sub)zone VI<sub>e</sub> beginnt. Die Art persistiert bis in den tieferen Teil der Wiesbaden-Formation. Charakteristisch für *Palaeotachea cf. subglobosa* ist ihre geringe Größe, die Anwachsstreifung oder sehr schwache Berippung sowie die nicht sehr breite Mündungslippe mit Andeutung einer Verdickung im Basalbereich. Die Art wird nur unter Vorbehalt zu *P. subglobosa* gestellt, weil sich Individuen von *P. subglobosa* aus der Typusregion in SW-Frankreich durch einen sehr deutlichen Höcker auf der basalen Mündungslippe von den im Mainzer Becken auftretenden Formen unterscheiden.

Fig. 7 Steinbruch Oppenheim/Nierstein; Grenzbereich Oppenheim-Formation/Oberrad-Formation (= Grenzbereich der Aquatischen Molluskenzonen VI<sub>e</sub>/VII). Steinkern; B: 15,4 mm. Aus der Oppenheim-Formation liegen nur Steinkerne und Abdrücke vor, die zudem meist fragmentarisch sind.

Fig. 8 Autobahneinschnitt A 63 am Sommerberg bei Alzey; Horizont Az 18 im Profil von SCHÄFER (1984); Topbereich Oberrad-Formation (Aquatische Molluskenzone VII). H: 8,5 mm; B: 12,4 mm. LGB; 6214/2095/2.





Anschriften der Autoren:

Dr. PETER SCHÄFER,  
Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz,  
Emy-Roeder-Straße 5, D-55129 Mainz;  
E-Mail: peter.schaefer@lgb-rlp.de .  
Diplom-Geologe DIETRICH KADOLSKY,  
66, Heathhurst Road, Sanderstead, Surrey CR2 0BA,  
Great Britain;  
E-Mail: kadolsky@btsgeo.com .

Manuskript eingegangen am 29.6.2015