

**Rudistenvorkommen an der Cenoman-Turongrenze im
Ajlungebirge westlich von Ishtafina (Nord-Jordanien)
und ihre Begleitfauna**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

an der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften

Fachbereich Geowissenschaften

der Universität Hamburg

vorgelegt von Annemarie Renate Gerhard

aus Hamburg

Hamburg, 2018

Als Dissertation angenommen am Fachbereich Geowissenschaften

Tag des Vollzugs der Promotion: 30.1.2019

Gutachter/Gutachterinnen: Prof. Dr. Klaus Bandel
Prof. Dr. Christian Betzler

Vorsitzender des Fachpromotionsausschusses
Geowissenschaften: Prof. Dr. Dirk Gajewski

Dekan der Fakultät MIN: Prof. Dr. Heinrich Graener

Zusammenfassung

Die untersuchte Karbonatfolge umfasst 160 m vom unteren Mittelcenoman bis in das Oberturon. Es wurden insgesamt 100 Bänke bzw. deren Zwischenlagen unterschieden. Die Folge konnte in 7 Zyklen 4. Ordnung (Einheit 4-10) und weitergehend in 32 Zyklen 5. Ordnung unterteilt werden.

Die Faziesentwicklungen verlaufen vom Mittelcenoman bis zum Turon regressiv, im Unterturon herrschen abbauwürdige, sehr reine, lagunäre Kalksteine (Werksteine) vor. Diese lagunären Kalksteine führen oft in großer Zahl den Gastropoden *Trochactaeon*, der mit seiner biologischen Aktivität eine Homogenisierung der Kalksteine durch bioturbate Entschichtung bewirkt hat.

Insgesamt konnten statt der aktuell publizierten 3 Rudistenhorizonte im Obercenoman und im Turon insgesamt 12 voneinander getrennte Rudistenhorizonte festgestellt werden.

Der außerhalb des Gebietes liegende Rudistenhorizont 0 konnte auf Grund von Ammonitenfunden in das oberste Mittelcenoman datiert werden, Horizont 1 in das unterste Obercenoman.

Rudistenhorizont 0 und 1 sind geringmächtig und durch lateritischen Eintrag rötlich gefärbt. Im Anschnitt zeigen sich Fragmente caprinider Formen und von Radioliten, vermutlich von *Eoradiolites*.

Rudistenhorizont 2 befindet sich knapp unter dem Rabad Rudist Member und enthält vor allem caprinide Fragmente neben einer Begleitfauna aus Echinidenrückständen und unbestimmbaren Korallen.

Das Rabad Rudist Member (RRM) wird als Horizont 3 in das oberste Cenoman gestellt, die Grenze zum Turon liegt ca. 15 m darüber und wird durch Verlandungsanzeichen (mehrere aufeinanderfolgende Mudcrack-Horizonte) und Bonebeds angedeutet.

Das RRM tritt mit einer Mächtigkeit von mindestens 10 m als flächendeckender verwitterter Riffkomplex auf. Er wird durch 2 Faziestypen (diagenetisch bedingt) repräsentiert:

1. lateritische Rotfazies mit vielen silifizierten *Caprinula* und *Sauvagesia*
2. graue, z. T. dolomitische, i. d. R. fossilärmere Karbonatfazies.

In der typischen (eigentlichen) Rotfazies hängt die Silifizierung und Rotfärbung offenbar von der Masse der *Caprinula* mit ihrem ursprünglich hohen Aragonitgehalt ab. Die Lösung des Aragonites und der Ersatz durch Silikat erfolgten unter weitgehender Erhaltung der Primärstrukturen.

Das RRM ist mit seiner Formenvielfalt inklusive der Begleitfauna einmalig in der Region. Der untere und mittlere Bereich zeigt die größte Artenvielfalt bei vorherrschendem Auftreten von *Caprinula*. Im oberen Teil verschwindet *Caprinula*, *Sauvagesia* wird häufiger, und beide werden am Top des RRM lokal durch ein Korallenriff mit *Baryhelia* als Haupttriffbildner ersetzt.

Die Rudistenbegleitende Fauna im RRM besteht überwiegend aus Korallen und untergeordnet aus Gastropoden (*Nerinea* u.a.), Echiniden (Regularia, Irregularia) und Bivalven (v. a. Pectiniden). Hierbei konnten erstmalig 5 Scleractinia-Gattungen (*Baryhelia*, *Latiastrea*, *Peplosmia*, *Rhabdopsammia*, *Sakalvastraea*) beschrieben werden, die bislang aus Jordanien unbekannt waren.

Rudistenhorizont 4 folgt unmittelbar über dem RRM und enthält Fragmente von Radioliten.

Der OAE2 (Oceanic Anoxid Event) ist in der überwiegend flachsubtidalen Fazies mit Verlandungstendenzen nicht typisch ausgebildet, (anoxische Faziesentwicklungen fehlen), ist aber an der faunistischen Entwicklung zu erkennen. Seine Untergrenze wird an das Verschwinden der Capriniden gelegt, seine Obergrenze an den markanten Tonhorizont.

Die Cenoman/Turon-Grenze wurde an die Untergrenze der Werkkalke gelegt, deren lagunäre Fazies die Austrocknungsphase im höchsten Cenoman (Mudcracks, Bonebeds) beendet. Der untere Werkkalk enthält bis auf *Trochactaeon* keine weiteren Megafossilien.

Der markante Tonhorizont enthält flachgedrückte Trochactaeonellen und kann als äolischen Eintrag in eine Lagune interpretiert werden. Er beendet nach m. E. den OAE-2, denn unmittelbar darüber kommt *Choffaticeras segne* vor und der Fossilgehalt wird mit dem Einsetzen der Radioliten (Rudistenhorizont 5) wieder reichhaltiger.

Der Nachweis von Unterturon mit der *Segne*-Zone steht im Widerspruch zur bisherigen Einstufung als Oberturon in zahlreichen neuen Publikationen.

Die jüngeren Rudistenhorizonte 6-11 sind in das höhere Unterturon zu stellen und bieten insgesamt eine vielfältige Vergemeinschaftung von Hippuriten, Radioliten und Requieriden.

Horizont 6 zeigt sich als *Apricardia*-Massenanhäufung und ist lateral verzahnt mit senkrechten Wurmbauten.

Rudistenhorizont 7 ist charakterisiert durch Massenanhäufung von *Apricardia* und Radiolitenfragmenten.

Rudistenhorizont 8 zeigt in situ anstehende Hippuritenbioherme (übereinander gewachsene Cluster) und die hiervon stammenden Schuttbildungen in einer kalkarenitischen Matrix. Lokal gründet sich das Hippuritenbioherm auf dolomitischem Beachrock.

Lokal wurden zwischen den *Hippurites*-Biohermen *Scleractinia* eingebettet. Es konnten 3 Gattungen bestimmt werden, von denen 2 (*Columnocoenia*, *Brachyphyllia*) erstmalig aus dem Turon Jordaniens nachgewiesen wurden.

Rudistenhorizont 9 ist durch das alleinige Vorkommen von Radioliten in schrägeschichtetem Kalkarenit gekennzeichnet.

Rudistenhorizont 10 wird durch Hippuritenbiostrome (einfache Cluster) gebildet, die lokal mit *Apricardia* vergesellschaftet sind.

Rudistenhorizont 11 ist nur sporadisch ausgebildet und gründet sich auf einem Hartgrund über dem Horizont 10. Auf Grund der Omission und dem Fehlen von *Apricardia* wird er separat ausgewiesen.

Horizont 10 wurde durch Paläoverkarstung an vielen Lokalitäten teilweise erodiert und wird dann durch eine bis mehrere dm mächtige lateritische Lage überdeckt. Fehlt die lateritische Lage, dann können die Horizonte 10 und 11 in einer rein karbonatischen Fazies unmittelbar übereinander liegen.

Die Rudistenvorkommen enden generell an kavernösen, gelblich verwitterten dolomitischen Kalksteinbänken, auf die im Gebiet 28 m dolomitische fein- bis mittelbankige Kalksteine folgen, die vor allem im oberen Teil aus kurzzeitigen Eindampfungszyklen mit dolomitischen Hartgründen und regulären Seeiegeln darauf bestehen. Sie werden dem Oberturon ohne paläontologischen Nachweis auf Grund ihrer stratigraphischen Position zugeordnet.

Summary

A sedimentary sequence of carbonate limestone spanning the time period from Middle Cenomanian to Upper Turonian is investigated. The succession is 160 m in thickness and consists of 100 layers. The layers belong to 7 cycles of the 4th order (=corresponding to units 4-10) and are subdivided into 32 cycles of the 5th order.

A regressive facies development is observed from the Middle Cenomanian to the Turonian. During the Lower Turonian, pure lagoonal limestone (factorystone) formed ("Ishtafina" buildingstone).

The lagoonal limestone is characterized by the generally very common occurrence of the gastropods *Trochactaeon* whose bioturbate activity resulted in the homogenization of the limestone, hence increasing its economic.

For the succession of the Upper Cenomanian to Turonian, twelve rudist horizons were identified. This is in contrast to previous studies in which currently only three rudist horizons were mentioned.

Based on ammonites, the age of Rudist horizon 0 which is located outside the study area is dated to the uppermost Middle Cenomanian. Rudist horizon 1 is dated to the lowermost Upper Cenomanian.

Both, horizons 0 and 1 are thin layers that are characterized by a reddish color as a result of lateritic soil input. Based on field observations, fragments of both caprinid and radiolitid rudists (probably *Eoradiolites*) were identified.

Rudist horizon 2 is located a few decimeters below the Rabad Rudist Member (RRM). It mainly contains fragments of caprinid forms. In addition, particles of echinoids and corals occur.

The Rabad Rudist Member (RRM) is defined as rudist horizon 3 and is assigned here to the uppermost Cenomanian. Strata of the Cenomanian-Turonian boundary are found about 15 meters above horizon 3 and are characterized by a shallowing-upward succession containing mud crack horizons and bonebeds.

The Rabad Rudist Member (RRM) covers a large area. It is at least 10 meters in thickness and appears as a weathered reefal complex. The RRM is characterized by two facies types that are mainly diagenetically controlled:

1. Reddish lateritic layers ("red facies"), containing a large amount of both silicified *Caprinula* and sauvagesian rudists;
2. Gray, partially dolomitic carbonates that generally have few fossils.

In the layers of the typical "red facies", both the degree of silicification and amount of iron seems to be correlated to the high number of the aragonite-rich *Caprinula*. Despite the fact that the aragonite was dissolved and replaced by silica, the *Caprinula* skeletons largely retained their primary structures.

The high biogenic diversity represents a feature unique to the Rabad Rudist Member (RRM). Its lower and middle sections show the highest biodiversity with *Caprinula* as the most dominant form. In the upper part of the RRM, *Caprinula* disappears and *Sauvagesia* occurs more frequently. At the top part of the RRM, *Sauvagesia* reef assemblages are replaced locally by coral reefs that are mainly formed by *Baryhelia*.

In addition to rudists, corals are most common in the RRM. To a lesser extent, gastropods (*Nerinea* and others), echinoids (Regularia, Irregularia), and bivalves (Pectinids and others) occur. With regard to the corals, five scleractinia genera (*Baryhelia*, *Brachiophyllia*, *Latiastrea*, *Peplosmilia*, *Rhabdopsammia*) are described for Jordan for the first time. Noteworthy is the occurrence of *Rhabdopsammia* which is reported from the Cenomanian for the first time.

Rudist horizon 4 directly overlies the RRM. It contains fragments of *Radiolites*.

In lacking features characteristic of an anoxic facies but showing traits of shallow-subtidal developments, layers of the OAE2 (oceanic anoxic event) in this area are developed rather a typically. The presence of OAE2 can only be recognized by its faunal elements which are characteristic of extinction events. The lower boundary of the OAE2 is defined by the disappearance of caprinids; its upper boundary is defined by the appearance of a distinctive clay horizon.

The Cenomanian/Turonian boundary is marked by the bottom part of the "factorystone" type limestone whose lagoonal facies indicates the latest (marine) stage of the desiccation phase in the uppermost Cenomanian (mudcracks, bonebeds). The lower layer of the "factory stone" type limestone contains no megafossils other than *Trochactaeon*.

Based on the presence of compressed trochactaeonells, it can be assumed that the distinctive clay horizon consists of aeolic particles that were transported into the lagoon. Based on both the occurrence of *Choffaticeras segne* and the increase in

fossil richness (appearance of radiolites) in the layer which immediately follows the clay horizon, it is concluded that the clay horizon represents the top part of the OAE2. The layer following the clay horizon is rudist horizon 5.

Because the layer which immediately follows the clay horizon belongs to the *segne*-zone, it proves that it is lower Turonian in age. This is in contrast to the information published in recent works in which this layer is interpreted to be Upper Turonian in age.

The following rudist horizons 6-11 are assigned to the upper part of the lower Turonian. They contain highly diverse rudist communities, including *Hippurites*, *Radiolites*, and *Apricardia*.

Rudist horizon 6 is characterized by a mass accumulation of *Apricardia*. Laterally, this horizon interfingers with limestone containing vertical worm burrows.

Rudist horizon 7 is characterized by the appearance of *Apricardia* and fragments of *Radiolites*.

Rudist horizon 8 is formed by in situ *Hippurites* bioherms that consist of successions of rudist generations. The rudists are arranged in clusters. They are embedded in a matrix of calcareous arenite and rudist debris. In places, *Hippurites* bioherms settled on dolomitic beachrock. At a few places, scleractinian corals belonging to three genera were found. One genus (*Brachiophyllia*) is recorded from Jordan for the first time, another one (*Columnocoenia*) is reported from the Turonian of Jordan for the first time.

Rudist horizon 9 characterized by both the occurrence of only *Radiolites* and the presence of crossbedded arenites.

Rudist horizon 10 is formed by *Hippurites* biostromes made of single clusters. Locally, they are found in associations with *Apricardia*.

Rudist horizon 11 occurs only in frequently on a hardground layer above rudist horizon 10. This horizon is defined by the lack of *Apricardia*.

In many places, rudist horizon 10 was partially eroded and subsequently covered by a lenticular layer that is several decimeters in thickness. In places that lack the lenticular layer, rudist horizon 11 lies directly on top of rudist horizon 10, forming a single carbonate layer.

In general, cavernous, yellowish, and weathered dolomitic limestone bank indicates the end of the rudist development. In the study area, these dolomitic limestone banks are overlain by a series of mm- to cm-size dolomitic limestone layers that are 28 meters in thickness. The upper part of the latter appears to consist of layers that formed during short-term evaporation cycles that alternate with layers of dolomitic hardgrounds on which regular echinoids settle. The series of sediments above the last rudist layer are assigned to the upper Turonian based on their position within the stratigraphic column.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Summary	6
1 Einleitung, Aufgabenstellung	10
2 Arbeitsmethodik.....	16
3 Geographische Übersicht	20
4 Die geologischen Verhältnisse Jordaniens während der Oberkreide	23
4.1 Übersicht	23
4.2 Kurzbeschreibung der oberkretazischen Schichtenfolge im Gebiet von Ishtafina nach GERHARD (2008)	30
5 Rudisten	42
5.1 Einführung.....	42
5.2 Rudistenvorkommen in Jordanien, generelle Übersicht	42
5.2.1 Bisheriger Kenntnisstand	42
5.2.2 Stratigraphische Reichweite.....	44
5.2.3 Tabellarische Übersicht und Lagekarte	48
5.3 Rudistenhorizonte und -Assoziationen im untersuchten Gebiet.....	52
5.3.1 Einleitung	52
5.3.2 Rudistenhorizonte und ihre Assoziationen	53
5.4 Taxonomisch-systematische Bearbeitung der Rudisten aus den Vorkommen westlich von Ishtafina.....	75
5.4.1 Einführung.....	75
5.4.2 Klassifikation	77
5.4.3 Systematik.....	80
5.5 Familie: Requieniidae DOUVILLÉ, 1914	81
5.5.1 Gattung: <i>Apricardia</i> GUÉRANGER, 1853	83
5.5.1.1 <i>Apricardia</i> sp.....	85
5.6 Familie: Caprinidae D'ORBIGNY 1850.....	88
5.6.1 Gattung: <i>Caprinula</i> D'ORBIGNY 1847	90
5.6.1.1 <i>Caprinula boissyi</i> D'ORBIGNY 1840 [<i>Caprina</i>]	91
5.6.1.2 <i>Caprinula</i> sp.	95
5.7 Familie Radiolitidae Gray 1848	95
5.7.1 Gattung: <i>Radiolites</i> Lamarck 1801	97
5.7.1.1 <i>Radiolites</i> sp.	97
5.7.2 Gattung <i>Saugavesia</i> CHOFFAT (ex BAYLE, MS), 1886.....	98
5.7.2.1 <i>Saugavesia</i> sp.	98
5.7.3 Gattung <i>Durania</i> Douvillé 1908	100
5.7.3.1 <i>Durania</i> sp.	101
5.8 Familie Hippuritidae Gray 1848.....	104
5.8.1 Gattung: <i>Hippurites</i> Lamarck 1801.....	105
5.8.1.1 <i>Hippurites</i> sp.	

6 Rudisten-Begleitfauna	109
6.1 Einführung	109
6.2 Anthozoa, Ordnung Scleractinia.....	110
6.2.1 Übersicht über fossile bis rezente Scleractinia-Vorkommen Jordaniens .	110
6.3 Scleractinia-Vorkommen westlich von Ishtafina - Übersicht und systematisch-taxonomische Zuordnung.....	115
6.3.1 Übersicht.....	115
6.3.2 Systematisch-taxonomische Zuordnung	119
6.3.2.1 <i>Baryhelicia</i> sp.....	119
6.3.2.2 <i>Brachyphyllia</i> sp.	121
6.3.2.3 <i>Columnocoenia</i> sp.	122
6.3.2.4 <i>Hydnophora</i> sp.	124
6.3.2.5 <i>Latiastrea</i> sp.	125
6.3.2.6 <i>Peplosmilicia</i> sp.	127
6.3.2.7 <i>Rhabdopsammia</i> sp.	128
6.3.2.8 <i>Sakalvastraea</i> sp.....	129
6.3.2.9 <i>Stylina</i> sp.	131
6.3.3 Ergebnisse und Diskussion	133
6.4 Glossar verwendeter deutsch- und englischsprachiger Fachbegriffe (eigene Zusammenstellung):.....	137
6.5 Weitere Begleitfauna.....	139
6.6 Gastropoda in den rudistenführenden Horizonten.....	139
6.6.1 Einführung.....	139
6.6.2 Gastropoden in dem Rudistenhorizont 3 (Rabad Rudist Member)....	139
6.6.3 Gastropoden in dem Rudistenhorizont 7	140
6.6.4 Gastropoden in dem Rudistenhorizont 8.....	141
6.6.5 Diskussion der Befunde	142
6.7 Echinodermata	144
6.7.1 Diskussion der Befunde	145
6.8 Bivalvia (ohne Rudisten)	145
6.8.1 Diskussion der Befunde	146
6.9 Bohrorganismen-Aktivitäten	147
6.9.1 Diskussion der Befunde	147
6.10 Zusammenfassung der Ergebnisse zur Begleitfauna	147
7 Sedimentologische Aspekte	151
7.1 Einleitung	151
7.2 Faziesfolge und Tiefenentwicklung im Sedimentationsraum.....	151
7.3 Sequenzstratigraphie	152
7.4 Zur Grenzlage Cenoman/Turon.....	153
7.5 Fazit:	154
7.6 Laborbefunde:	154
7.7 Karsterscheinungen:	156

7.8	Mikrofazies	156
7.8.1	Einführung.....	156
7.8.2	Mikrofazielle Untersuchungen.....	157
7.8.3	Ergebnisse	159
7.8.4	Diskussion.....	159
8	Synthese und Schlussfolgerungen	160
8.1	Synthese	160
8.2	Schlussfolgerungen.....	161
	Literaturverzeichnis:.....	163
	Tafeln	171
	Danksagung.....	190
	Erklärung.....	192
	Anhang.....	193
	Anhang 1	194
	Anhang 2.....	195

1 Einleitung, Aufgabenstellung

Während des oberen Cenoman entwickelte sich im Gebiet des heutigen Ajlungebirges (Nordjordanien) eine vorwiegend aus Rudisten (Bivalven der Superfamilie Hippuritacea) bestehende Riffgemeinschaft. Die Fauna ist meist reichhaltig und umfaßt neben einigen Rudisten- und weiteren Bivalvengattungen zahlreiche Korallen, Gastropoden und Seeigel (Regularia, Irregularia) sowie die Relikte unterschiedlicher Bohrorganismenaktivitäten. Besonders gut ist das freigewitterte Riff in mehreren Aufschlüssen westlich von Ishtafina als „Rabad Rudist Member“ (BANDEL & MUSTAFA, 1996; GERHARD, 2008; BANDEL & SALAMEH, 2013) erkennbar.

Im gleichen Gebiet bildeten sich während des Turon erneut Rudistenkolonien. Sie bestehen zumeist aus Individuen der Gattung *Hippurites*. Generell wurde nur eine spärliche, aus wenigen Gastropoden bestehende Begleitfauna in den *Hippurites*-Biohermen vorgefunden.

Als Besonderheit fällt in einem räumlich eng begrenzten, östlich der Ruine MarElyas gelegenen Areal eine Übergangszone auf, in der Hippuriten sowie eine markante Korallenfauna vertikal miteinander verzahnt vorliegen (GERHARD, 2008).

Die beiden bisher bekannten rudistenführenden Horizonte bilden die auffälligsten Vorkommen der Rudisten im Cenoman und im Turon und können regional als Markerhorizonte für stratigraphische Korrelationen verwendet werden (GERHARD, 2008). Zwischen beiden Vorkommen kommen weitere Rudisten aus der Familie der Radiolitidae vor, lokal auch Massenvorkommen von Klappenfragmenten der Gattung *Apricardia*.

Diese Rudisten-Bioherme entwickelten sich auf dem nordöstlichen Schelfareal Gondwanas und spiegeln faziell und faunistisch die Nähe zum offenen Tethysozean wider.

Eine Übersicht über die bislang bekannte stratigraphische Abfolge im untersuchten Gebiet ist in Abbildung 1.1 dargestellt. Sie zeigt schematisch das stratigraphische Profil der westlich von dem Ort Ishtafina anstehenden Abfolge, wobei die bislang bekannten Rudistenvorkommen vergrößert dargestellt wurden. Demgegenüber sind die zeitäquivalenten Mergelkalke in Zentral- und SüdJordanien durch Austernfaunen dominiert. Während die letztgenannten Abfolgen bereits mehrfach beschrieben

wurden (zuletzt u. a. von SCHULZE, 2003; SCHULZE, KUSS & MARZOUK, 2005; BANDEL & SALAMEH, 2013), wurden die Rudistenvorkommen an der Cenoman-Turonergrenze auch in jüngerer Zeit nicht vollständig bearbeitet. Sie bildeten zwar die Grundlage für die Publikation über die „Constructional morphology of some Upper Cretaceous rudists of the Ajlun (Jordan)“ von BANDEL & MUSTAFA (1996) und werden in den aktuellen Arbeiten von ÖZER & AHMAD über zwei Rudistenlithosome (2015) beziehungsweise die *Caprinula*- und *Sauvagesia*-Faunen des Cenomans in Nordwest-Jordanien (2016) mit abgehandelt. Die Ergebnisse in den Arbeiten von BANDEL & MUSTAFA (1996) und den letztgenannten Autoren stimmen jedoch hinsichtlich der taxonomischen Zuordnung teilweise nicht überein.

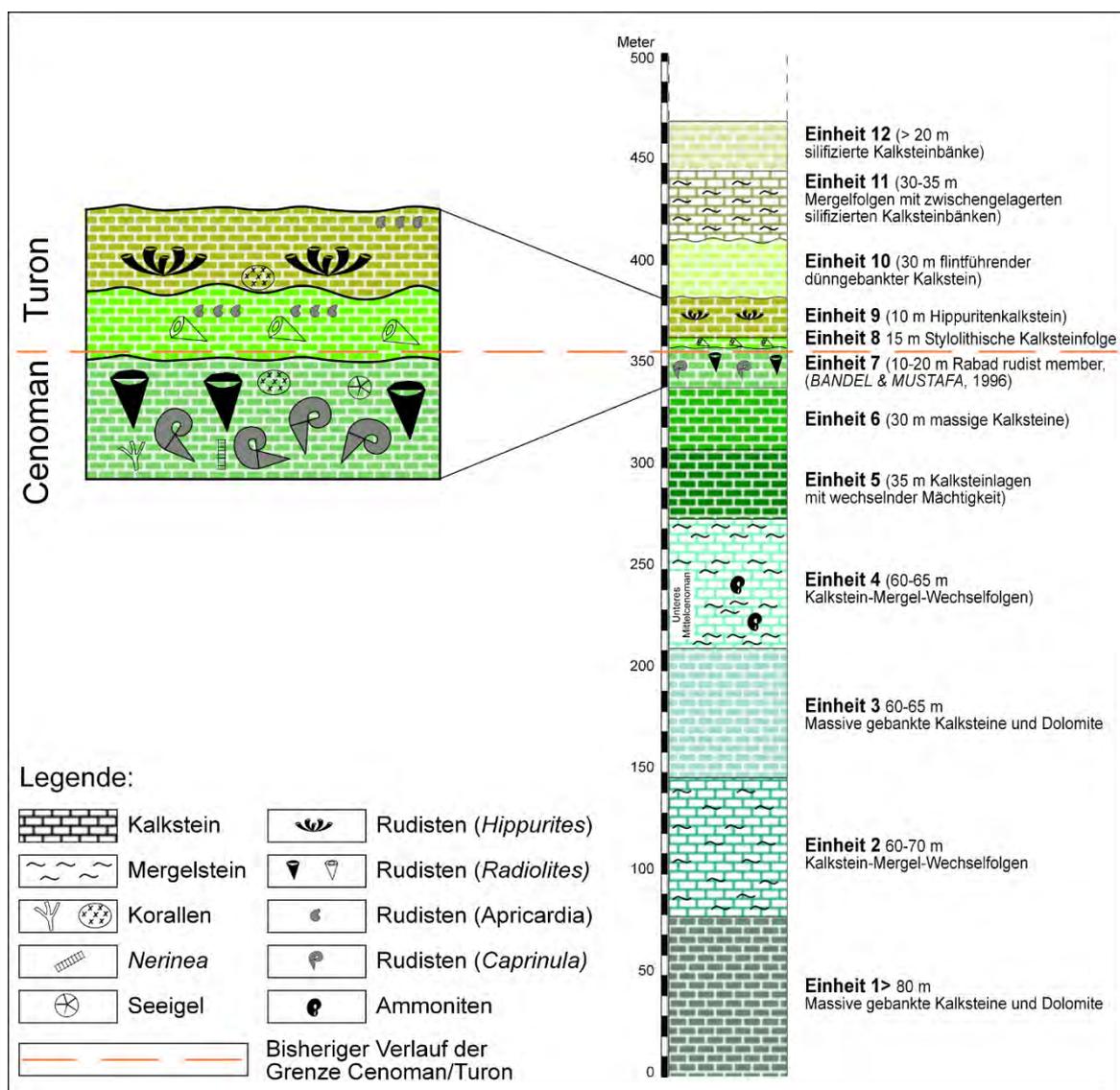


Abb. 1-1. Stratigraphische Position der bislang bekannten Rudistenvorkommen im untersuchten Gebiet (verändert nach GERHARD, 2008).

Um alle Rudistenvorkommen in ihrer Abfolge erfassen zu können und offene Fragen zu Taxonomie, Begleitfauna, Milieu sowie zum chronostratigraphischen Bezug zu klären, muss eine synoptische Analyse der Fauna im überregionalen Kontext durchgeführt und durch eine Faziesanalyse der rudistenführenden Gesteinsabfolge ergänzt werden.

Daher basiert die vorliegende Arbeit auf folgender Aufgabenstellung:

- Feinprofilaufnahme vom unteren Mittelcenoman bis in das Oberturon zur Feststellung auch unscheinbarer und bislang unbekannter Rudistenvorkommen
- Taxonomische Untersuchung der vorgefundenen Rudistenfauna
- Taxonomische Untersuchung der Rudisten-Begleitfauna
- Interpretation von makroskopischen Milieuindikatoren innerhalb der Aufschlüsse
- Spezielle mikropaläontologische und sedimentologische Untersuchung des Cenoman/Turon-Grenzbereiches einschließlich der sequenzstratigraphischen Ausdeutung
- Spezielle Suche nach Leitfossilien zur chronostratigraphischen Einbindung der Rudistenvorkommen
- Feststellung der Cenoman/Turongrenze, ggfs. Revision
- Aussagen zur Position des OAE2 (Oceanic Anoxic Event)
- Mikrofazielle Untersuchung der rudistenrelevanten Gesteinsabfolge
- Sequenzstratigraphische Interpretation

mit dem Ziel, sämtliche Rudistenvorkommen umfassend unter paläontologischen Aspekten zu dokumentieren und eine möglichst exakte, stratigraphische Zuordnung der Rudisten führenden Abfolgen zu erzielen.

2 Arbeitsmethodik

Es wurden für diese Untersuchung im Gebiet westlich von Ishtafina an verschiedenen Lokalitäten (siehe Abb. 2-1, Tab. 2-1) Rudisten und ihre Begleitfauna bankweise geborgen. Fossilien, die nicht zerstörungsfrei entnommen werden konnten, aber gute taxonomische Merkmale zeigen, wurden vor Ort photographisch dokumentiert. Soweit sie eindeutig zuordbar waren, wurden auch herausgewitterte Fossilien verstärkt berücksichtigt, bei denen relevante Merkmale zur Bestimmung von Gattungen/Arten gut erkennbar waren. Ergänzend wurde ebenfalls Rudistenmaterial erfasst, das lokal in locker zusammengefügteten Gesteinsmauern zum Schutz der Felder genutzt wird. Das gewonnene Material wurde (soweit möglich) im Labor präparationstechnisch aufbereitet, geprüft und bei Verwertbarkeit photographisch dokumentiert. Versuche, Anschnitte oder Dünnschliffe von herausgewitterten Fossilien herzustellen, scheiterten in der Regel an dem silifizierten Erhaltungszustand. Bereits beim Sägen kam es häufig zu einem Zerfall in zahlreiche Bruchstücke und hierbei zeigte sich, dass der schlechte innere Zustand ohnehin keine Grundlage für weitere wissenschaftliche Untersuchungen bietet. Bei zahlreichen Makroaufnahmen der Fossilien im Gelände und im Labor wurde aus praktischen Gründen ein farbiger Klebepunkt mit einem Durchmesser von 8 mm als Größenmaßstab verwendet. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden einzelne Abbildungen innerhalb des Textes platziert und die Fossilientafeln als Anhang beigefügt.

Es erfolgte eine möglichst weitreichende taxonomische Bestimmung aller vorliegenden verwertbaren Fossilien. Hieraus resultiert eine Katalogisierung der Rudisten. Sie dient als Grundlage für einen Vergleich mit den von ÖZER & AHMED (2015, 2016) beschriebenen nordjordanischen Rudisten sowie den entsprechenden Riffvorkommen in Israel/Palästina und dem Libanon.

Äquivalent wurden assoziierte Korallen und weitere Begleitfauna der Rudisten erfasst als Basis für eine Analyse in Bezug auf die Zusammensetzung der Riffgemeinschaften und einer möglichst exakten Vorstellung von dem Siedlungsraum der Rudisten nach Stand der fossil erhalten gebliebenen Individuen.

Für die Milieustudien wurden ergänzend Dünnschliffe relevanter Sedimente hergestellt, analysiert und interpretiert. Die Probennahme erfolgte semiquantitativ, die Klassifizierung nach DUNHAM (1962) mit Ergänzungen durch EMBRY & KLOVAN

(1972). Die Bestimmung und Interpretation der Schiffe basiert auf dem Konzept der Mikrofaziestypen und Standard-Fazieszonen nach WILSON (1975) und FLÜGEL (1978).

Auf Anlage 1 wird unter „Fazies-Abfolge“ eine weitgehende bathymetrisch orientierte Entwicklung des Sedimentationsraumes vorgestellt. Sie basiert auf makroskopischen Befunden angelehnt an das o. g. genannte Fazieschema von WILSON (blaue Kurve). Alternativ hierzu wurde zu Kontrollzwecken eine eigene Einteilung entwickelt (gelbe Kurve). Tabelle 2-1 zeigt eine Gegenüberstellung der Begriffe:

Tab. 2-1. Gegenüberstellung der in dem Profil (Anlage 1) verwendeten Begriffe.

Nr.	Einteilung nach WILSON	Eigene Einteilung
10	Land	terrestrisch
9	Plattform-Evaporite	evaporitisch
8	Geschlossene Plattform-Bereiche	litoral
7	Offene Plattform-Bereiche	intertidal
6	Plattformrand-Sande	lagunär (landwärts)
5	Riff oder Plattformrand	flach subtidal
4	Plattformhang	lagunär (seewärts)
3	Tiefer Schelfrand	tiefer subtidal
2	Offen-mariner Schelf	flacher neritisch
1	Becken	tiefer neritisch/pelagisch

Bei einer markanten Tonlage im unmittelbar vermuteten Cenoman-Turon-Grenzbereich wurde neben der Suche nach bestimmbareren Makro- und Mikrofossilien der Restkalkgehalt im Labor analysiert, um den Reinheitsgrad des Tonsedimentes zu ermitteln.

Weiterhin erfolgte eine Auswertung sowohl paläontologischer Befunde als auch sedimentologischer Aspekte in Hinblick auf regionale und globale Meeresspiegelstände. Die hieraus gewonnenen Resultate dienten als Grundlage für eine neue Interpretation des Grenzverlaufs zwischen dem Cenoman und dem Turon in diesem Gebiet.

Die Probennahme erfolgte an 44 Lokalitäten (Aufschlusspunkte und Koordinaten siehe Abb. 2.1; Tab. 2.1). In der Arbeit wurden hiervon nur die ergebnisrelevanten Proben berücksichtigt.



Abb. 2-1. Übersicht der Lokalitäten.

Tab. 2-2. Koordinaten der Aufschlusspunkte.

Lfd. Nr.	1. Wert: Nord	2. Wert: Ost	Höhe (m)	Lfd. Nr.	1. Wert: Nord	2. Wert: Ost	Höhe (m)
0	32°20' 21.67"	35°45' 09.34"	853	22	32°20' 31.15"	35°43' 43.05"	819
1	32°21' 18.68"	35°44' 27.77"	1005	23	32°20' 35.67"	35°43' 44.95"	851
2	32°21' 19.22"	35°44' 31.58"	1006	24	32°20' 35.56"	35°43' 44.95"	847
3	32°21' 18.86"	35°44' 21.14"	1002	25	32°20' 32.21"	35°43' 14.50"	866
4	32°21' 23.02"	35°44' 22.35"	991	26	32°20' 39.77"	35°43' 19.87"	900
5	32°21' 27.42"	35°44' 26.78"	980	27	32°20' 35.07"	35°43' 10.21"	883
6	32°21' 28.26"	35°44' 27.54"	978	28	32°20' 37.15"	35°43' 23.59"	876
7	32°21' 18.32"	35°43' 51.77"	950	29	32°20' 32.86"	35°43' 10.22"	878
8	32°21' 18.48"	35°43' 53.95"	953	30	32°20' 31.87"	35°43' 06.09"	871
9	32°21' 19.22"	35°43' 54.40"	956	31	32°20' 13.68"	35°42' 30.59"	827
10	32°21' 19.50"	35°43' 55.15"	956	32	32°20' 02.44"	35°42' 15.11"	844
11	32°21' 10.19"	35°44' 00.33"	946	33	32°20' 02.51"	35°42' 11.05"	854
12	32°21' 09.05"	35°43' 59.86"	941	34	32°20' 12.65"	35°42' 04.53"	858
13	32°20' 55.69"	35°44' 10.54"	933	35	32°20' 16.42"	35°42' 14.09"	858
14	32°20' 57.17"	35°44' 11.01"	934	36	32°20' 15.65"	35°42' 18.66"	854
15	32°20' 52.94"	35°44' 08.78"	928	37	32°21' 15.27"	35°43' 33.38"	927
16	32°20' 50.96"	35°44' 03.06"	898	38	32°21' 27.14"	35°43' 34.74"	908
17	32°20' 48.37"	35°44' 11.58"	935	39	32°21' 34.30"	35°43' 48.78"	909
18	32°20' 58.29"	35°44' 32.02"	940	40	32°21' 44.83"	35°43' 44.26"	881
19	32°21' 17.64"	35°44' 48.38"	1001	41	32°21' 48.81"	35°43' 39.80"	909
20	32°21' 00.67"	35°43' 45.02"	912	42	32°21' 46.54"	35°44' 13.52"	900
21	32°20' 22.54"	35°44' 00.95"	841	43	32°21' 58.97"	35°45' 22.15"	883

Anm.: Rudistenhorizont "0" liegt außerhalb der Karte

3 Geographische Übersicht

Das Gebiet, das repräsentativ für die im Ajlungebirge vorkommenden cenomanen bis turonen Gesteinsabfolgen untersucht wurde, liegt in Nordjordanien, circa 60 Kilometer nordwestlich von der Hauptstadt Amman und erstreckt sich von 32°19'53" bis 32°21'38" östlicher Breite zwischen den Längengraden 35°45' bis 35°40'50" (Abb. 3.1). Es ist Teil des „Nordjordanischen Hochlandes ostwärts des Jordangrabens“ (BENDER, 1968).

Die Höhenlage über NN des Gebietes variiert von 660 m im Südwesten bis zu 1044 m im Osten. Morphologisch handelt es sich um eine hügelige Mittelgebirgslandschaft ähnlich der schwäbischen Alb, mit Verkarstungserscheinungen an freigewitterten Karbonatgesteinen. Die Täler (Wadis) sind jedoch tief in die Berge eingeschnitten und steil mit teilweise mehreren Metern hohen Klippen. Sie verlaufen in diesem Gebiet überwiegend in Ost-West-Richtung und führen zumeist nur episodisch in den regenreichen Wintermonaten Oberflächenwasser, das sie in Richtung des Jordangrabens entwässern. Kleinere Trockentäler verlaufen meist in Nord-Süd-Richtung und münden in die Haupttäler.

Klimatisch wird das Gebiet mediterran bis semiarid beeinflusst, jedoch zeichnet sich das Ajlungebirge generell durch eine hohe Niederschlagsrate in den Wintermonaten (Dezember bis März) aus, die von ABDELHAMID (1995) auf durchschnittlich 547,5 mm in den Jahren 1976-87 beziffert wurde. Die Lufttemperatur variiert nach diesem Autor jahreszeitlich zwischen -4°C und 37,4°C. Der Boden verwittert durch dieses Klima über den Kalksteinen überwiegend zu Roterde, die im Oberboden (A-Horizont) nach BENDER (1968) einen relativ hohen Kalkgehalt im Vergleich zu weiter westlich gelegenen mediterranen Terra-Rossa-Böden aufweist. Über den Mergelkalksteinen bilden sich nach Lösung des oberen Bereichs gelblich-braune Böden.

Die Vegetation ist auf Grund der klimatischen Bedingungen relativ reich und vielfältig vertreten. Besonders Eichen (*Quercus*) stehen sehr häufig auf allen dort vorkommenden Böden und bilden lokal dichte Wälder. Kiefern (*Pinus*) wachsen bevorzugt auf Böden mit mergeligem C-Horizont. Jahreszeitlich bedingt wachsen besonders im März zahlreiche Gräser und Blütenpflanzen, die den Boden großflächig bedecken.



Abb. 3-1. Lage des untersuchten Gebietes (verändert nach GERHARD, 2008); Globus verändert nach SCHANDELMEIER & REYNOLDS, 1997).

Seit einigen Jahren kommt es zu einer zunehmend extensiven Nutzung vieler Flächen zu landwirtschaftlichen Zwecken, um Oliven, Feigen, Trauben, Getreide und Hülsenfrüchte anzubauen. Alte, überwachsene und überschotterte Geländeterrassen an den Hängen, verfallende Steinmauern, Reste alter Brunnenfassungen und andere archäologische Relikte wie beispielsweise die Bodenmosaike von der Kirchenruine MarElyas aus der byzantinischen Epoche belegen eine Besiedelung und

ausgeprägte Landbewirtschaftung in historischer Zeit, die abgelöst wurde durch eine lange Periode der Nutzung als Weideland für Nutztiere (Ziegen, Schafe).



Abb. 3-2. Typisches Gelände im Untersuchungsgebiet.

Die aktuelle Situation ist in Abbildung 3.2 repräsentativ dargestellt. Sie zeigt einen typischen Geländeausschnitt nahe des Aufschlusses 13. Im rechten Bildteil ist der Randbereich einer Halde erfasst, auf der wirtschaftlich nicht nutzbarer Kalkstein während der Abbauphase des wertvollen "Ishtafina building stone" entsorgt wurde. Im hinteren Bereich sind landwirtschaftliche Nutzflächen erkennbar, auf denen Kichererbsen und Bohnen sowie Weizen kultiviert werden. Die natürlich gewachsene Vegetation im vorderen und mittleren Bereich dient Ziegenherden, die regelmäßig über das Gebiet geführt werden, als Nahrungsgrundlage.

4 Die geologischen Verhältnisse Jordaniens während der Oberkreide

4.1 Übersicht

Das Gebiet des heutigen Staates Jordanien lag während der Oberkreide am nördlichen Kontinentalrand des Nubisch-Arabischen Schildes und wurde demzufolge von flachmarinen Karbonaten am Rand der Tethys geprägt. Zeitweise ist in den marinen Sequenzen terrestrischer Einfluss (lateritischer Eintrag bis hin zur Verkarstung) feststellbar.

Während der unteren Kreide wurden auf diesem Gebiet vorwiegend siliziklastische Sedimente unter kontinentalen Bedingungen (Kurnub-Fazies) abgelagert. Dies änderte sich mit dem Einsetzen einer Transgression an der Grenze Unterkreide zur Oberkreide, also während der Zeit vom Alb bis Cenoman, als von dem Tethys-Ozean große Teile Jordaniens überflutet wurden und sich ein flaches Schelfmeer ausbildete, das sich erst im höheren Eozän wieder zurückzog. Die bisherige Küstenlinie verschob sich hierdurch mehrmals und lag zeitweilig sogar südlich und östlich von Jordanien. Vom Festland her wurden überwiegend sehr feinkörnige, tonige Bestandteile in die warme Flachsee eingetragen.

Im heutigen Südjordanien dominierte zwar weiterhin die Ablagerung der vom afrikanischen Kontinent stammenden, fluviatil transportierten Sande, die durch Diagenese zu Sandsteinen vom Typus der Kurnub Formation ausgebildet wurden. Aber auch hier drang das Meer zeitweise weit über den Kontinent vor und überflutete das Gebiet, wie durch Faziesverzahnungen von terrestrischen und marinen Sedimenten belegt ist (BENDER, 1968; POWELL, 1989; BAASKE, 2005 und weitere Autoren). Eine generelle regionale Übersicht der Situation während des oberen Cenoman zeigt die Karte Abb. 4.1 mit folgender Anmerkung: bei dieser Graphik ist zu berücksichtigen, daß die sinistral orientierte Seitenverschiebung entlang des Jordangrabens, die seit dem Miozän (möglicherweise auch schon seit dem Oligozän) stattgefunden hat, einen Versatz der dargestellten Faziesräume westlich und östlich des Jordans (sowie der südlichen Verlängerung des Rifts) um rund 110 Kilometer in Relation zueinander bewirkt hat.

In wiederholten Regressionsphasen zog sich das flache Schelfmeer, das Jordanien weitgehend bedeckte, zurück. Hierdurch gerieten Teile des Meeresbodens unter

subaerischen Einfluss und veränderten sich (BANDEL & GEYS, 1985; BANDEL & SALAMEH, 2013; ABED et al., 2013). Lokal, besonders im Gebiet vom Wadi Mujib und weiter südlich bei Kerak bildeten sich Lagunen, in denen Gips ausgefällt und abgelagert wurde. (BENDER, 1968; ABED & EL-HIYARI, 1986; Powell, 1988, 1989; BANDEL & SALAMEH, 2013). Nördlich hiervon hinterließen diese Meeresrückzüge verfestigte, schwach dolomitisierte Ablagerungen, in denen konglomeratische Lagen mit deutlich erkennbaren Aufarbeitungs-Geröllen vorhanden sind. Verfestigte Bänke im Gezeitenbereich dienten verschiedenen Invertebraten wie beispielsweise Austern, Rudisten und napfförmigen Gastropoden als Untergrund für eine Besiedelung, wie es auch von MUSTAFA & BANDEL (1992), BANDEL & MUSTAFA (1996) und AQRABAWI (1993) beschrieben wurde.

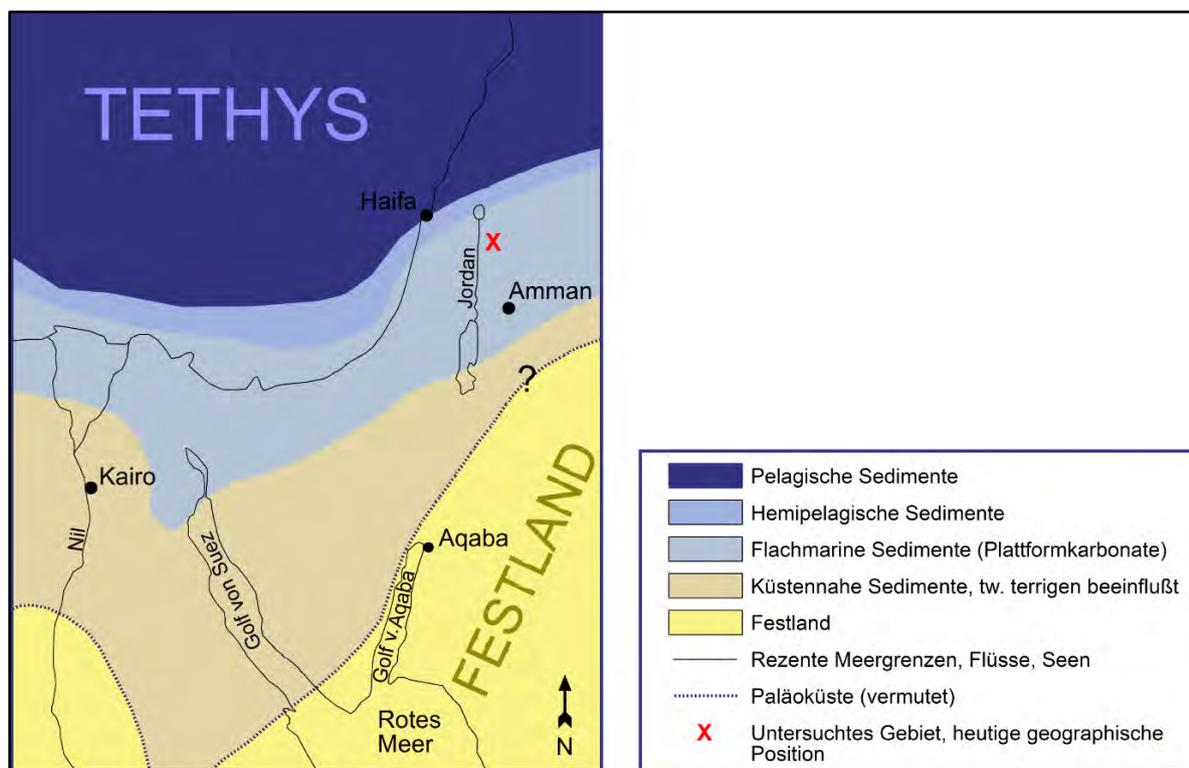


Abb. 4-1. Stark vereinfachte paläogeographische Situation der Region während des oberen Cenoman (verändert nach PHILIP et al. 2000).

Für die marinen Ablagerungen des Cenoman und des Turons in Jordanien wurde von QUENNELL (1951, nach BURDON, 1959) ursprünglich der Term „Ajlun Series“ eingeführt. Die jüngere oberkretazische Abfolge stufte er als dominierenden Teil seiner „Belqa Series“ ein, die stratigraphisch bis in das Eozän reicht und einen offenmarinen Ablagerungsraum widerspiegelt. Auch dieser Begriff wurde von QUENNELL (1951) aufgestellt.

WETZEL & MORTON (1959), WOLFART (1959), MASRI (1963), MacDONALD & partners (1965), BENDER (1968) und weitere Autoren entwickelten hierauf basierend oder nach eigenem Konzepten weitere stratigraphische Nomenklaturen für die oberkretazischen Sequenzen Jordaniens. Ein kurzer chronologischer Abriß hierüber findet sich bei POWELL (1988, S. 41-42 u. 64-65) in der Erläuterung zum Kartenblatt 3152 III der „1:50,000 Geological Mapping Series“, die als „Geological Bulletin No. 008“ herausgegeben wurde.

Die Gliederung von MASRI (1963), der die Ajlun und die Belqa Serie in mehrere Formationen unterteilte und diese mit Namen typischer Lokalitäten versah, diente POWELL (1989) als Grundlage für die Untergliederung seiner „Ajlun Group“ und der „Belqa Group“, die seit ihrer Veröffentlichung als offizielle Gliederung der „Natural Resources Authority“ Anwendung findet (siehe Tab. 4-1, 4-2). Die Gliederung dieser Formationen basiert auf lithostratigraphischen Einheiten, die mit biochronologischen Grenzen häufig nicht übereinstimmen. Hieraus resultiert eine Problematik bei der exakten zeitlichen Datierung der Schichtenfolgen, auf die bereits von GERHARD (2008) hingewiesen wurde.

Tab. 4-1. Gliederung der BELQA GROUP nach POWELL (1989).

BELQA GROUP (OBERCONIAC – MITTELEOZÄN)	
<u>FORMATION (FM)</u>	<u>CHRONOSTRATIGRAPHISCHE</u>
<u>ZUORDNUNG</u>	
<i>Wadi Shallala Fm</i>	Mittelleozän
<i>Umm Rijam Chert-Limestone Fm</i>	Oberpaläozän - Mittelleozän
(im S: mit Nummulitic Limest. Fm verzahnt)	Mittelleozän
<i>Muwaqqar Chalk-Marl Fm</i>	Maastricht - Oberpaläozän
<i>Al Hisa Phosphorite Formation</i>	Obercampan
(im S: Qatrane Phosphorite Member	Obercampan
Bahiya Coquina Member	Obercampan
Sultani Phosphorite Member	Obercampan
<i>Amman Silicified Ls Fm</i>	Obercampan
<i>Wadi Umm Ghudran Fm</i>	Oberconiac – Untercampan
(im S: Dhihan Chalk Member	Obersanton - Untercampan
Tafila Member	Santon
Mujib Chalk Member)	Oberconiac – Untersanton

Tab. 4-2. Gliederung der AJLUN GROUP nach POWELL (1989).

AJLUN GROUP (ALB - OBERCONIAC)	
<u>FORMATION (FM)</u>	<u>CHRONOSTRATIGRAPHISCHE</u>
<u>ZUORDNUNG</u>	
(im S: Khureij Fm)	Oberturon – Oberconiac
<i>Wadi As Sir Fm</i>	Mittelturon – Oberconiac
<i>Shuayb Fm</i>	Unter - Mittelturon
<i>Hummar Fm</i>	Obercenoman
<i>Fuheis FM</i>	Cenoman
(in Zentral-und S-Jordanien: Fuheis/Hummar/Shuayb undifferentiated	
im S: Walla Limestone M	Unterturon
Naqb Ls	Obercenoman
Karak Ls)	Obercenoman
<i>Naur Ls Fm</i>	Oberalb – Mittelcenoman
<i>d</i>	Cenoman
<i>c</i> Cenoman	
<i>b</i>	Cenoman
<i>Wadi Juhra M</i>	Oberalb – Untercenoman

BENDER (1968), der sowohl lithologische als biostratigraphische Kriterien berücksichtigte, wies sieben Stufen für die oberkretazische Abfolge in Jordanien aus (Tab.4-3).

Tab. 4-3. Gliederung der Oberkreide nach BENDER (1968).

<u>STUFE</u>	<u>CHRONOSTRATIGRAPHISCHE</u>
<u>ZUORDNUNG</u>	
<i>Kreidemergelstein</i>	Maastricht
<i>Phosphoritstufe</i>	Campan
<i>Kieselkalksteine</i>	Campan
<i>Massige Kalksteine</i>	Santon
<i>Obere Echinoiden-Kalksteine</i>	Turon-Santon
<i>Untere Echinoiden-Kalksteine</i>	Cenoman-Turon
<i>Knauernkalk-Stufe</i>	Cenoman

Auf dieser Einteilung basierend konnte BANDEL (siehe BANDEL & GEYS, 1985; BANDEL & MIKBEL, 1985; BANDEL & SALAMEH, 2013) die anstehenden Oberkreidesequenzen im Stadtgebiet von Amman und der weiteren Umgebung stratigraphisch in elf Formationen mit insgesamt fünfundvierzig Member spezifizieren (Tab. 4-4).

Tab. 4-4. Gliederung der Oberkreide nach BANDEL & GEYS (1985).

<u>FORMATION (Fm) / Unit - Nr.</u>	<u>CHRONOSTRATIGRAPHISCHE</u>
<u>ZUORDNUNG</u>	
<i>Ruseifa Fm / 44 – 45</i>	Coniac
<i>Amman Fm / 40 – 43</i>	Coniac
<i>Ain Ghazal Fm / 37 - 40</i>	Coniac
<i>Wadi Sir Fm / 33 – 37</i>	Coniac
<i>Shueib Fm / 27 – 33</i>	Turon
<i>Hummar Fm / 23 – 26</i>	Turon
<i>Fuheis Fm / 21 – 23</i>	Turon
<i>Naur Fm / 17 – 21</i>	Cenoman
<i>Suweilih Fm / 12 – 17</i>	Cenoman
<i>Salihi Fm / 4 – 11</i>	Cenoman
<i>Rumeimin Fm / 1- 3</i>	Cenoman

Da in dieser Gliederung die typischen Merkmale ihrer Einheiten detaillierter dargestellt werden als beispielsweise bei POWELL (1989), erwies sie sich trotz fazieller Unterschiede als besonders geeignet für eine Korrelation mit der anstehenden Gesteinsabfolge bei Ishtafina und wurde demzufolge von GERHARD (2008) als Referenzprofil genutzt unter Berücksichtigung einer Revision der chronostratigraphischen Zuordnung nach Bestimmung diverser Ammoniten durch WIEDMANN (unpubl., schriftl. Mitt. an BANDEL) und Rudisten durch BANDEL & MUSTAFA (1996). Für die hier vorliegende Arbeit ist diese Gliederung als Referenzabfolge gleichermaßen relevant.

Sie wird daher in verkürzter Form und aus dem Englischen übersetzt dieser Arbeit als Anhang 2 beigefügt, wobei abweichend von der Originalbeschreibung aus Gründen der besseren Lesbarkeit die Formationen ebenfalls durchnummeriert wurden. Diese Nummerierung entspricht nicht der von WOLFART (1959) aufgestellten Einheiten "A1" bis "A7", die er für seine oberkretazische Abfolge im Irbid-Distrikt im Rahmen von hydrogeologischen Untersuchungen definierte und sollte nicht mit dieser verwechselt werden.

Im abschließende Abschnitt 4.2 folgt die Beschreibung der gesamten oberkretazischen Einheiten 1 bis 12, die von GERHARD (2008) westlich von Ishtafina leicht verändert und in Kurzform übernommen wurde. Eine schematische Gegenüberstellung beider Abfolgen ist vorab in Abb. 4.1-2 dargestellt, die entsprechende geologische Karte findet sich (verkleinert) im Anhang (Anhang 1).

Anzumerken ist, daß die Muwaqqar Formation als jüngste oberkretazischen Einheit in den angeführten Profilbeschreibungen von Amman und Umgebung sowie Ishtafina nicht erwähnt wird. Nach SHINAQ & BANDEL (1998) stehen ihre weichen, kreidig-mergeligen Kalksteinbänke westlich von Irbid in diversen Wadis an und belegen eine erneute Transgressionsphase, die zur Ablagerung pelagischer Sedimente auf dem Schelfgebiet führte. Diese Formation fehlt jedoch in dem untersuchten Gebiet westlich von Ishtafina und ist daher für die vorliegende Untersuchung nicht relevant.

Zudem wird darauf verwiesen, daß in Nordjordanien aufgrund von kleinräumigen lateralen Fazieswechselln und der insgesamt großen Ähnlichkeit der Karbonatabfolgen generell eine erhebliche Verwechslungsgefahr besteht, die eine eindeutige lithostratigraphische Zuordnung oft schwierig gestalten.

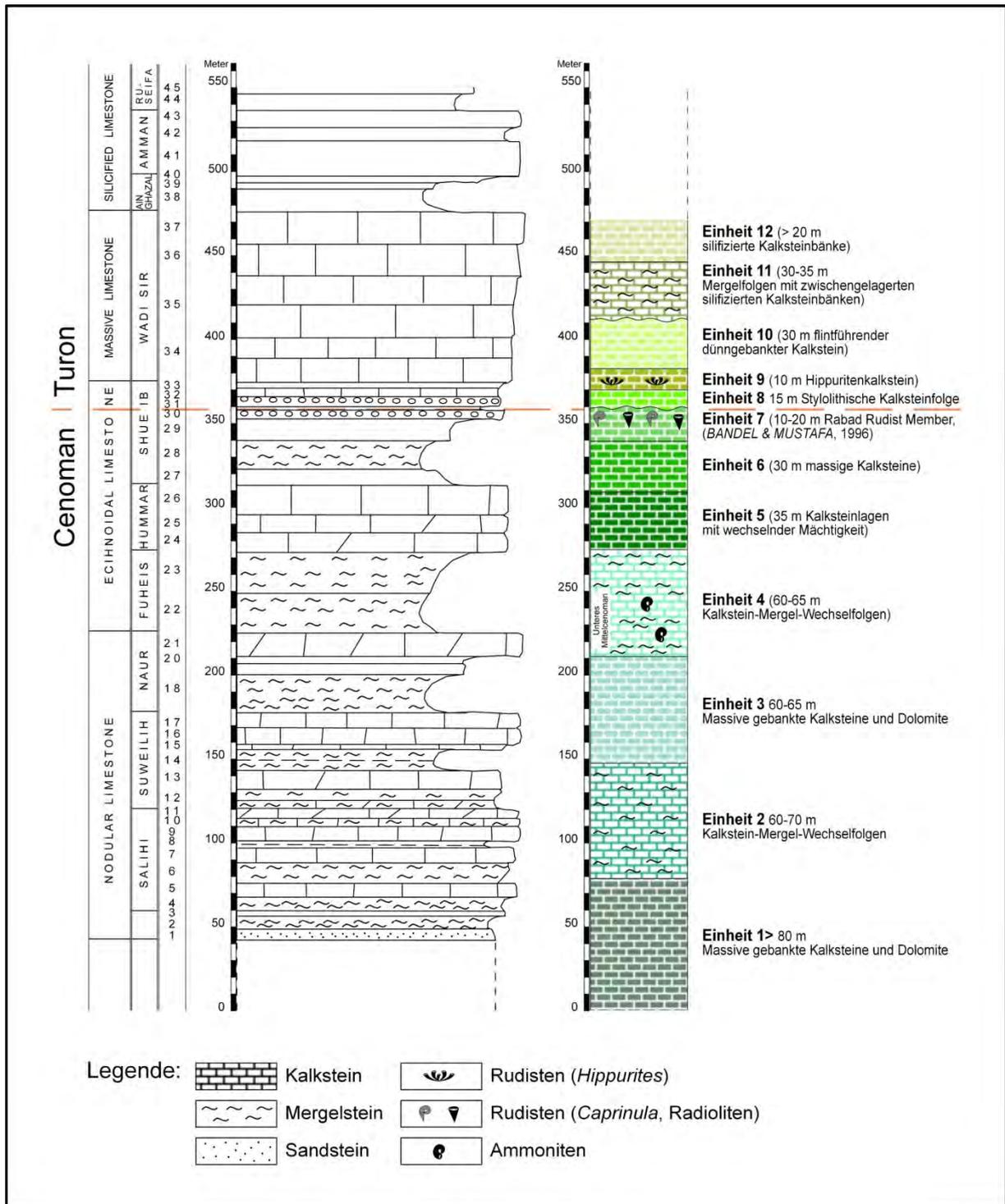


Abb. 4-2. Schematische Darstellung der Profile von BANDEL & GEYS (1985) links und GERHARD (2008) rechts. Die gestrichelte horizontale Linie stellt die bislang vermutete Lage der Cenoman-Turongrenze dar.

4.2 Kurzbeschreibung der oberkretazischen Schichtenfolge im Gebiet von Ishtafina nach GERHARD (2008)

Wie aus der Übersicht Kap. 4.1 hervorgeht, sind auf Grund weitreichender lithologischer Unterschiede die stratigraphischen Gliederungen bisheriger Bearbeiter nicht problemlos übertragbar, und daher wurden während der Geländekartierung von GERHARD (2008) 12 Einheiten für das Gebiet westlich von Ishtafina ausgeschieden, die insgesamt 420m von der unteren Oberkreide bis ins Campan erfassen. Sie werden im Folgenden verkürzt dargestellt, die geologische Karte als Anhang 1 beigefügt.

Einheit 1

Die Einheit 1 wird von einer Wechsellagerung weiß- bis hellgraufarbener, meist feinkörniger, massiger Kalksteinabfolgen und gelben, gelblich-grau verwitternden Dolomiten sowie einigen beigefarbenen, hellgelb verwitternden, gebankten Kalksteinschichten, die einen höheren Mergelanteil aufweisen, gebildet. Ihre Mächtigkeit beträgt mehr als 80 Meter, wobei die Basis dieser Abfolge im untersuchten Gebiet nicht erreicht wird. Die mergeligen Kalksteinschichten sind stark bioturbat entmischt. Knollenkalke, Flinte und Makrofossilien, wie sie von den Abfolgen der Naur, Rumeimin, Salihi und Suweilih Formationen (BANDEL & GEYS, 1985) beschrieben wurden, fehlen, daher kann Einheit 1 nicht unmittelbar korreliert werden. Analogieschlüsse zur sicher als Cenoman eingestuften Einheit 4 (GERHARD, 2008) erlauben jedoch die chronostratigraphische Aussage, dass Einheit 1 ein mindestens cenomanes Alter besitzt.

Einheit 2

Die Einheit 2 ist um 70 Meter mächtig und besteht aus einer Wechselfolge von knollig, mergelig oder feinkörnig mikritisch ausgebildeten Kalkstein- und Mergesteinschichten. Im oberen Bereich ist diese Abfolge fossilreicher. *Nerinea* sp., sowie weitere Gastropoden- und Bivalvenfragmente sind erkennbar, die jedoch nicht näher bestimmt werden konnten. Lokal treten in einer Mergellage zahlreiche Brachiopoden der Ordnung Terebratulida auf, von denen nur *Rhynchostreon* sp. bestimmt werden konnte (GERHARD, 2008). Sie bilden eine Faunengemeinschaft mit schlecht erhaltenen Bivalven- und Gastropodensteinkernen sowie Ostracoden und fraglichen Holothuroideenresten und belegen insgesamt ein flachmarines Milieu während der Ablagerung.

Aufgrund fehlender Leitfossilien konnte keine gesicherte chronostratigraphische Aussage getroffen werden. Diese Einheit entspricht nicht der von BANDEL & GEYS (1985) oder von POWELL (1989) beschriebenen Fuheis Formation.

Einheit 3

Die Einheit 3 wird von massigen, teilweise dolomitierten Kalksteinschichten gebildet, die im oberen Bereich der Abfolge gebankte Kalksteinlagen im Dezimeterbereich aufweisen. Sie hat eine Mächtigkeit um 65 Meter und ist generell fossilarm. Nur lokal konnten einige Steinkerne geborgen werden, die grob als Steinkorallen bestimmbar sind. Zudem sind in einem spärlich aufgeschlossenen Horizont zahlreiche Großforaminiferen der Gattung *Praealveolina cretacea* (d'ARCHIAC, 1837) erkennbar, die in einem bioklastischen Wackestone eingebettet wurden. Alle Fossilfunde spiegeln ein flachmarines Milieu im offenen Plattform-Bereich bei einem warmen Klima wider, das während der Ablagerung dieser Schichten dominiert haben muss. Der in den Hohlräumen ausschließlich vorgefundene Blockzement (Zement B) belegt einen Süßwassereinfluss während der Genese. Die Einheit 3 kann aufgrund des Geländebefundes nicht als "Hummar Formation" oder Äquivalent angesprochen werden.

Einheit 4

Die Einheit 4 wird aus einer markanten Wechselfolge von knollig ausgebildeten Kalksteinbänken und Knollenmergeln gebildet, die eine Mächtigkeit bis 65 Metern erreicht. Sie ist fossilreich, enthält aber vorwiegend nicht näher bestimmbar Austern- und Bivalvensteinkerne. Anhand von *Turrilites costatus* LAMARCK sowie Ammoniten aus der Calycocheras-Thomelites-Familie, die aus den anstehenden Kalksteinbänken entnommen wurden, konnten diese Schichten in das mittlere Cenoman eingestuft und daher als chronostratigraphischer Leithorizont verwendet werden. Insgesamt belegen die Faunen sowie mikrofazielle Befunde ein offenes marines Milieu im flachen Schelfbereich. Die Einheit 4 wurde von ABDELHAMID (1995) als Shuayb Formation angesprochen, ist aber in ihrer lithologischen Ausbildung der Fuheis Formation von BANDEL & GEYS (1985) sehr ähnlich. Sie wurde als äquivalent zu dieser eingestuft.

Einheit 5

Die Einheit 5 wird von rund 35 Metern massigen Kalksteinbänken gebildet, die jeweils mit dünnbankigen Kalksteinen wechsellagern. Die gesamte Abfolge ist fossilarm und z.T. rekristallisiert. Die Ablagerungsbedingungen konnten insoweit rekonstruiert werden, als es sich um eine Sedimentation mit wechselnder Tonzufuhr handelt. Die Rekristallisation indiziert eine deutliche diagenetische Beeinflussung der Ablagerungen nach der Sedimentation. KHALIL (1985) bestimmte sie als unteren Teil seiner Wadi Sir Formation wie bereits vorher MCDONALD & partners (1965). Die Einheit 5 entspricht jedoch lithologisch weder dem von POWELL (1989) aufgestellten Normprofil noch den lithologischen Befunden von BANDEL & GEYS (1985) und muss daher als eigenen Einheit aufgefasst werden.

Einheit 6

Die Einheit 6 besteht aus über 30 Meter mächtigen, dolomitisierten, überwiegend fossilereen Kalksteinbänken, die durch Bildung von ungleichförmigen, neomorphen Sparitkristallen im Mikrobereich gekennzeichnet sind. Ihre oberste Bank zeigt demgegenüber eine gemischte Invertebratenfauna, die zumeist von Seeigeln und Seeigelstacheln und Korallen Von den bisherigen Bearbeitern wurde sie entsprechend der Einheit 5 eingestuft, aber auch sie muss als eigenständige lithologische Einheit aufgefasst werden (GERHARD, 2008).

Einheit 7

Als Einheit 7 wird eine circa 20 Meter mächtige Abfolge von weiß-hellgrauen Kalksteinen zusammengefasst, deren Farbe durch Verwitterung intensiviert wird (Abb. 4.2.1,links). Die Übergangsbereiche an Basis und Top sind schlecht aufgeschlossen. Der obere Bereich wurde vielerorts mit unterschiedlicher Mächtigkeit durch diagenetische Prozesse sekundär silifiziert und fällt dann an diesen Stellen durch seine markante rote Färbung im Gelände auf (Abb. 4.2-, rechts).

Während der nicht silifizierte Anteil überwiegend unbestimmbare Molluskenfragmente erkennen lässt, spiegelt der silifizierte Bereich eine reiche Rudisten-Riff-Fauna wider. Dieser Teil wurde von BANDEL & MUSTAFA (1996) als „Rabad-rudist member“ ausgewiesen und stellt den für die vorliegende Arbeit relevanten Teil der Einheit 7 dar.



Abb. 4-3. Kalksteine der Einheit 7 (Aufschluss 31, linkes Bild), auf denen partiell im oberen Bereich der Rabad Rudist Member (Aufschluss 30, rechtes Bild) herauspräpariert wurde. Der gelbe Pfeil verweist auf radiolitide Rudisten (aus Gerhard, 2008, rechtes Bild leicht verändert).

Er besteht aus einer grobkörnigen Schicht mit Riffschutt und Rudisten, die teilweise als fossile Bioherme anstehen. Das Riff zeigt neben den Rudisten, die in Kapitel 5 ausführlich abgehandelt werden, eine Begleitfauna, die sich von allen anderen vorgefundenen Rudistenhorizonten in Häufigkeit und Vielfalt deutlich abgrenzt. Diese von Rudisten assoziierte Fauna wird zusammen mit der nach den Befunden spärlichen Begleitfauna der anderen Rudistenhorizonte in Kapitel 6 näher beschrieben, während das Riff als Rudistenhorizont 3 definiert wurde (s. Kap. 5.3).

Folgende Schritte der Diagenese sind für den Rabad Rudist Member rekonstruierbar: die aragonitischen Anteile der Schalen wurden zunächst aufgelöst und durch SiO_2 ersetzt. Hierdurch konnten Form und Struktur der Schalen teilweise konserviert werden. In den Hohlräumen der Klappen und zwischen den Riffschutt-Komponenten bildeten sich teilweise Quarzkristalle (Abb.4-4, links). Diese authigen gewachsenen Quarze zeigen bei polarisiertem Licht im Dünnschliff deutliche Anwachsstreifen, (Abb.4-4 rechts), die einen wiederholten Wechsel von vadosem und phreatischem Milieu während der Wachstumsphase widerspiegeln und hierdurch ein wiederholtes Trockenfallen indizieren.

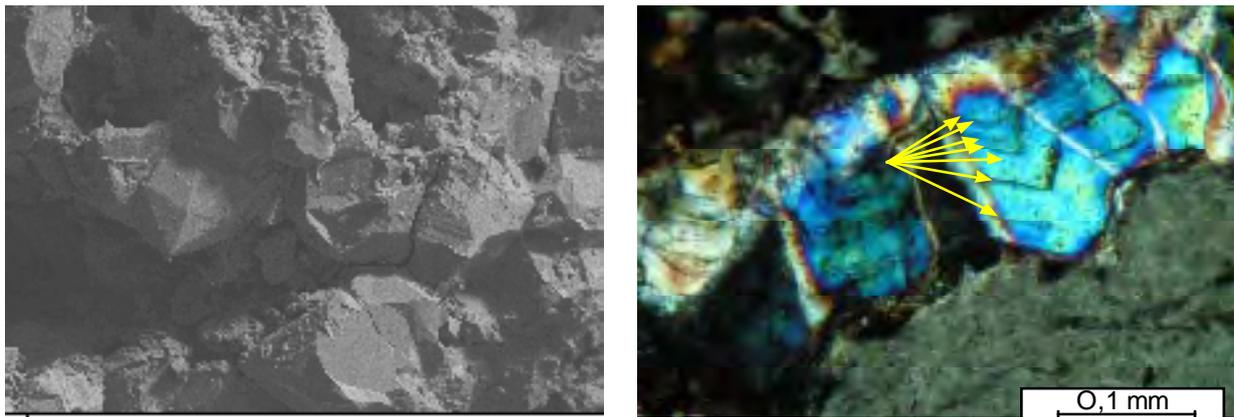


Abb. 4-4. Idiomorphe Quarzkristalle (linkes Bild) innerhalb des Rabad Rudist Member zeigen in polarisiertem Licht (rechtes Bild) teilweise gut erkennbare Anwachsstreifen (gelbe Pfeile), die ein mehrfaches Trockenfallen während der Bildungsphase indizieren. (aus Gerhard, 2008, rechtes Bild leicht verändert).

In einem weiteren Schritt wurden die Kalziumkarbonatanteile der Schalen gelöst. Die so im Gestein entstandenen Hohlräume wurden nicht mehr sekundär gefüllt. Hierdurch unterscheidet sich der Member deutlich von allen anderen silifizierten Kalksteinbänken vor Ort. Es ergibt sich weiterhin, dass nach den Diagenesevorgängen die Bezeichnung „Kalkstein“ hierfür petrologisch nicht mehr gerechtfertigt ist.

KHALIL (1985) beschreibt für seinen „Lower Rudistid Limestone“, der in etwa dem Rabab Rudist Member entspricht, folgende Zusammensetzung:

“... silicified rudists and cement”	ca. 74%
“silicified miliolids”	ca. 2 %
“Quartz cement”	ca. 4 %
“porosity”	ca. 20 %...

Diese Werte weichen allerdings aus paläontologischer Perspektive von den Befunden im Rabad Rudist Member insofern ab, als die neben den Rudisten häufige Invertebraten-Begleitfauna unberücksichtigt bleibt. Zudem konnten bei eigenen Untersuchungen von GERHARD keine miliolide Foraminiferen identifiziert werden.

Bei rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen (EDAX) des Rabad Rudist Member wurde jedoch ein bislang unbekannter, auffälliger Gehalt an Gold (Abb. 4-5, links) und Kupfer (Abb. 4-5, rechts) dokumentiert, das in kleinen Partikeln (im Mikrobereich) vorliegt (GERHARD, 2008).

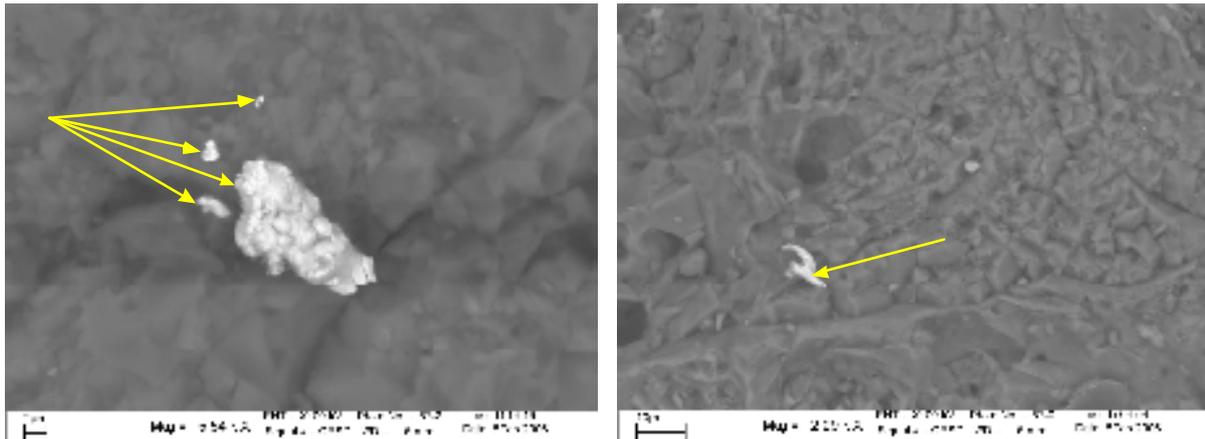


Abb. 4-5. Goldnuggets (gelbe Pfeile, linkes Bild) und Kupferpartikel (gelber Pfeil, rechtes Bild) im Mikrometerbereich sind im Rabad Rudist Member eingelagert.

Inwiefern diese Partikel primär durch sedimentäre Vorgänge oder sekundär durch Wanderung hydrothermalen Lösungen angereichert wurden, konnte im Rahmen der Bearbeitung durch GERHARD (2008) nicht abschließend geklärt werden. Es gibt jedoch offenbar keinen Bezug zu der Riffformation, und daher wird dieser Befund bei den aktuell durchgeführten Untersuchungen außer Acht gelassen.

Die Ablagerungen der Einheit 7 spiegeln eine deutliche Veränderung des Bildungsmilieus während und nach der Sedimentbildung wider. Rudistenriffe belegen ein vollmarines Flachwassergebiet und Gastropoden wie beispielsweise *Actaeonella* zeigen lagunäre Bedingungen an. Die Sedimente wurden wiederholt durch einen Wechsel vom marin-phreatischen zum vadosen Milieu beeinflusst. Die stratigraphische Position wird kontrovers diskutiert. KHALIL (1985, unv.), der den Member als "Lower Rudistid Limestone" beschrieb, BANDEL & GEYS (1985) sowie MUSTAFA & BANDEL (1992) gaben ein turones Alter an, das von BANDEL & MUSTAFA bereits 1996 revidiert wird. Danach gehört der Rabad Rudist Member in das Cenomanium. Diese chronostratigraphische Zuordnung bestätigen aktuell ÖZER & AHMAD (2015, 2016), ordnen die Abfolge jedoch der Hummar Formation zu.

Einheit 8

Die Einheit 8 ist bis 15 Meter mächtig und besteht aus zahlreichen zumeist beigefarbenen, stylolithenreichen Kalksteinbänken mit unterschiedlichem Mergelanteil. Wiederholt sind in den Abfolgen Algenmatten-Lagen und Intraklasten vorhanden (Abb. 4-6) vorhanden. Das Korngrößenspektrum variiert von Lutit bis Arenit. Häufige und auffällige Stylolithenlagen, die eine Amplitude von mehreren Zentimetern erreichen können, belegen einen Auflastdruck während der Diagenese.

Trockenrisse sind besonders in den Kalksteinen an der Abbaubasis des "Ishtafina Stone" als Struktur erkennbar.

Nach den aktuellen Befunden der vorliegenden Arbeit endet die Einheit 8 bereits mit der Bank Nr. 34 im Obercenoman, und somit gehören die "Shallowing upward sequence" an der Straße Ishtafina-Halawa (Abb. 4-6) sowie die nachstehend beschriebene rudistenführende Abfolge in die Einheit 9.

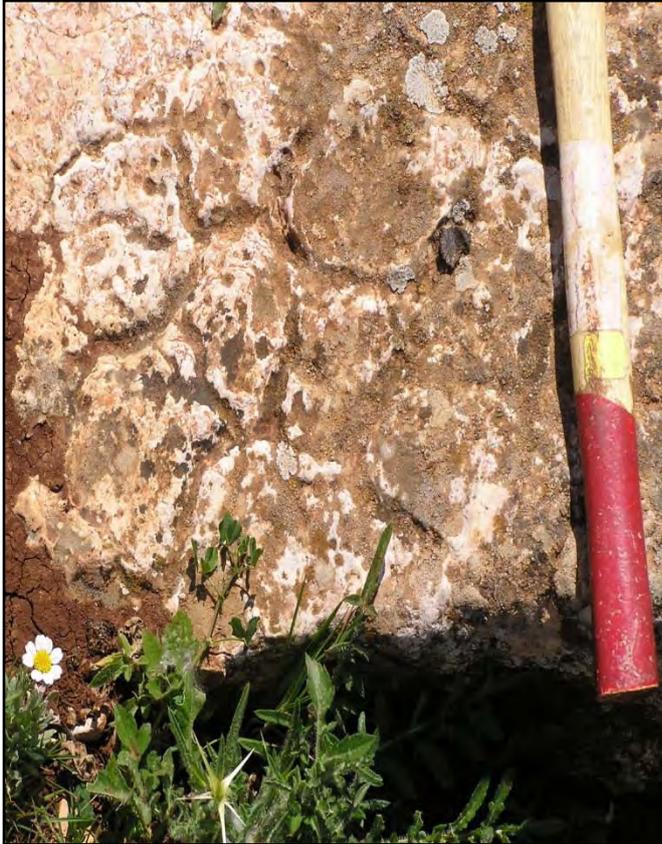


Abb. 4-6. Trockenrisse sind in mehreren Lagen der Einheit 8 erkennbar und umgrenzen unterschiedlich große Polygone (Aufschluss 4).

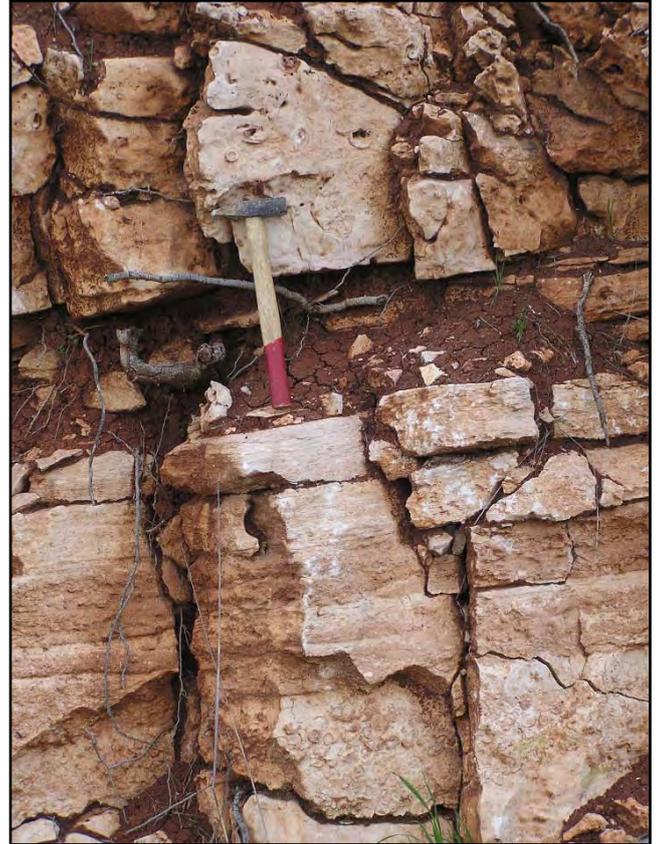


Abb. 4-7. Lagunär gebildeter, bioturbat entschlitteter Kalkstein wird von horizontal abgelagertem grobkörnigen Molluskenschill überdeckt. Darüber stehen algenlamierte Kalke mit Intraklasten an. "Shallowing upward sequence" an der Straße Ishtafina-Halawa unterhalb der Auffahrt zur Pumpstation (Aufschluss 5).

Ein auffälliger, bis zu 18 Zentimeter mächtigen Ton-Horizont (Abb.4-8) ist in mehreren Aufschlüssen identifizierbar. In den darüber einsetzenden Kalksteinen finden sich gehäuft Rudisten aus der Gruppe der Radiolitidae. Sie sind meist nur als Fragmente erhalten geblieben, jedoch auch anstehende Exemplare sind erkennbar.



Abb. 4-8. Der auffällige Tonhorizont liegt im Aufschluss 15 liegt gut ausgebildet direkt unter der Basis der markanten Radioliten führenden Kalksteinabfolge.

Lokal kam es zur Bildung von Hartgründen mit Grabgängen, die an der Lokalität 7 mit *Apricardien* lateral verzahnt anstehen. Im jüngeren Anstehenden der Einheit lagerte sich zusammengeschwemmter Schill ab, in dem auch Klappen von requeiden Rudisten (*Apricardia*) und Radioliten angereichert sind. Im mittleren und oberen Bereich sind zudem lokal Onkoide (Abb. 4-9) mit einem Durchmesser im Zentimeterbereich oder auch *Stomatactis*-Bildungen (Abb. 4-10) vorhanden. Im Top bietet ein Hartgrund mit deutlichen Erosionserscheinungen die Basis für die darüber siedelnden, ältesten Hippuriten der Einheit 9. Dieser Hartgrund durchläuft verschiedene Milieus, so dass die Hippuriten auf Beachrock (Abb. 4-11, 4-12), geschichteten (Schill-) Kalken oder bioturbat durchwühlten Kalksteinen mit fossilen Wurmrohren eine erste Besiedelung in diesem Gebiet vornahmen.



Abb. 4-9. Zahlreiche Onkoide mit einer durchschnittlichen Größe um 1 cm (Aufschluss 11).



Abb. 4-10. Stomatocyst-Bildung in Kalksteinen der Einheit 8 im Gebiet östlich von MarElyas (unterhalb Aufschluss 39).



Abb. 4-11. Hippuriten siedelten auf unregelmäßig erodiertem Hartgrund (Aufschluss 1).



Abb. 4-12. Hippuriten der Einheit 9 siedeln auf einem Hartgrund (schwarzer Pfeil), hier Aufschluss 14.

Einheit 9

Die Einheit 9 besteht überwiegend aus bis 10 Meter mächtigen harten, teilweise silifizierten Kalksteinen, die besonders durch das flächenhafte Auftreten von Rudisten der Gattung *Hippurites* in situ sowie durch lagunär gebildete, partiell Actaeonelliden-reiche Kalksteine gekennzeichnet ist. Bei der häufig auftretenden Silifizierung der Fossilien und einzelner Horizonte handelt sich um eine sekundäre Imprägnierung, die nicht, wie bei der Einheit 7, mit einer Auflösung der Kalzitkomponenten einher ging, sondern auf einen direkten Stoffaustausch zurückzuführen ist.

Zudem ist dunkler Flint in Form von zerbrochenen Lagen und lagig angeordneten Knollen wiederholt eingebettet. Zwischen den Hippuritenhorizonten sind Lagen mit Schrägschichtungsstrukturen und bioturbat durchmischte, reine Kalksteine mit actaeonelliden Gastropoden erkennbar. In dem Aufschluss 1 (unter der Waldschutzstation) ist ein vertikaler fazieller Wechsel von Vorriffschutt, Riffdachbereich und Rückriffablagerungen makroskopisch gut erkennbar.

Die Hippuriten wurden von BANDEL & MUSTAFA (1996) als *Hippurites requieni* MATHERON 1842 bestimmt und belegen dann ein turones Alter. Die korrekte biostratigraphische Zuordnung dieser Schichtenfolge wird durch die Arbeiten von ÖZER & AHMAD (2015, 2016) bestätigt, die Artenbestimmung jedoch kontrovers diskutiert.

Die Einheit 9 mit den typischen Hippuriten bildet im Gelände einen Leithorizont mit einem sowohl biostratigraphischen als auch chronostratigraphischen Leitwert. Sie belegt ein flachmarines Milieu im tidalen Bereich sowie ein warmes Klima während der Bildungsphase.

Der Top ist oberflächennah aufgeschlossen und rezent stark lateritisch verwittert. Dadurch ist eine mögliche Paläobodenbildung nur an der Lokalität 7 gesichert zu belegen, wo die Schichtenfolge in tieferer Lage aufgeschlossen ist.

Nach neuen Erkenntnissen im Rahmen der vorliegenden Dissertation setzt die Einheit 9 im Unterturon bereits nach dem Hiatus mit der Schicht-Nr. 35 ein, die Cenoman-Turon-Grenze wurde dementsprechend gegenüber der Kartierung (GERHARD 2008) um 15 m höher definiert (s. Anlage 1).

Einheit 10

Die Einheit 10 ist bis 30 Meter mächtig und besteht aus einer Abfolge von fein- bis grobkörnigen, oft laminierten Kalksteinbänken, die im oberen Bereich einen Echinoideen führenden Horizont aufweisen und oft mit einer mehrerer Zentimeter dicken Kalkkruste überzogen sind. Eine stratigraphische Zuordnung dieser Einheit ist nicht sicher. Sie kann jedoch aufgrund der gesicherten stratigraphischen Einstufung der Einheit 9 nicht älter als Turon sein. Die Abfolge wurde in einem flachmarinen bis lagunären Milieu abgelagert und zeigt lokal auch durch Bildung von Zellendolomit kurzzeitig ein hypersalines Milieu an.

Einheit 11

Die Einheit 11 besteht aus einer Abfolge von rund 15 Metern sehr hellen Kreide- und Mergelsteinschichten, die aufgrund einer geringen Verwitterungsbeständigkeit morphologisch sanft abfallende Hänge bilden. Sie enthalten teilweise Relikte von Vertebraten wie beispielsweise Fischzähne deren Größe im Millimeterbereich liegt. Lokal sind einige silifizierte Coquina-Bänke mit unbestimmbaren Schalenresten herausgewittert. KHALIL (1985) hat aus lithologisch gleichartigen Schichten aus der

Umgebung von Ishtafina einen hohen Gehalt an planktonischen Foraminiferen geborgen. Seine „Globigerinoid Wackestones“ beginnen stratigraphisch im Coniacium. Sie entsprechen höchstwahrscheinlich dieser Einheit 11, die unter ähnlichen Bedingungen wie die beispielsweise von BANDEL & GEYS (1985) und SHINAQ & BANDEL (1998) beschriebene Um Ghudran Formation als pelagische Sedimente in einem von kühlem, nährstoffreichen Tiefenwasser beeinflussten marinen Milieu abgelagert wurden.

Einheit 12

Die Einheit 12 zeichnet sich durch dunkelfarbige verkieselte Kalksteinbänke aus, die durch sehr dünne, mergelige Kalksteinbänke voneinander separiert werden. Diagenetische Vorgänge bewirkten eine vollständige Imprägnierung mit Kieselsäure. Die Abfolge erreicht eine Gesamtmächtigkeit von 20 Metern und wird häufig von einer Schuttdecke bestehend aus kleineren Flintscherben überlagert. Lithologisch entspricht die Einheit 12 gut der von SHINAQ & BANDEL (1998) beschriebenen, westlich von Irbid anstehenden Amman Formation, abgesehen von Lagen mit phosphoritisierten Komponenten, die westlich von Ishtafina fehlen. Die Ablagerung der Einheit 12 erfolgte unter vollmarinen Bedingungen auf einem Schelfgebiet, das höchstwahrscheinlich von nährstoffreichen Tiefenwässern beeinflusst wurde, welche als Quelle für die Anlieferung großer Mengen von kieselschaligen Einzellern bekannt sind.

5 Rudisten

5.1 Einführung

Das folgende Kapitel informiert zunächst über den bisherigen Kenntnisstand aller bislang aus der Literatur bekannten Rudistenvorkommen Jordaniens und ihrer stratigraphischen Reichweite, ergänzt durch eine tabellarische Übersicht sowie eine schematische Lagekarte (Abb. 5-1) der beschriebenen Rudistenvorkommen.

Hieran anschließend werden Rudistenhorizonte und Rudistenassoziationen im untersuchten Gebiet dargestellt.

Den Hauptteil bildet die taxonomisch-systematische Bearbeitung der aus dem untersuchten Gebiet westlich von Ishtafina vorliegenden Exemplare, eingeleitet von einem kurzen allgemeinen Diskurs über Rudisten. Untersuchungen der Rudisten-Begleitfauna werden eigenständig in Kapitel 6 erläutert.

5.2 Rudistenvorkommen in Jordanien, generelle Übersicht

5.2.1 Bisheriger Kenntnisstand

Rudistenvorkommen im Gebiet Jordaniens sind generell bislang nur wenig untersucht worden, eine umfassende paläontologisch-sedimentologische Bearbeitung von Rudistenvorkommen und ihrer Begleitfauna in Jordanien existiert demzufolge nicht. Im Folgenden soll der bisherige Kenntnisstand dargelegt werden.

In der Jurassic-Cretaceous Rudists (Mollusca, Hippuritacea) – Bibliography 1758-1994, die STEUBER & LÖSER (1996) veröffentlichten, befindet sich unter der Landesangabe „Jordan“ lediglich ein einzelner Autoreneintrag. Dieser verweist auf NOETLING, der 1886 seinen „Entwurf einer Gliederung der Kreideformation in Syrien und Palästina“ veröffentlichte und in seiner „Stufe des *Radiolites syriacus* CONR.“ mehrere Arten der Gattung *Radiolites* sowie *Chama* sp. (= *Apricardia noetlingi* PARONA) aufzählt. Allerdings betreffen seine Rudistenvorkommen nicht das seit dem Friedensschluss 1994 mit Israel nur noch östlich des Jordans gelegene Staatsgebiet Jordaniens.

Die Bibliographie von STEUBER & LÖSER diente in geänderter Form als Grundlage für „A palaeontological database of RUDIST BIVALVES, die von STEUBER (letzte

Aktualisierung 2002) online zur Verfügung gestellt wird. Der Teilbereich „Web catalogue of the Hippuritoidea (rudist bivalves) weist im Lokalitätenindex unter „Jordan“ die Publikation von NOETLING nicht mehr auf, jedoch drei Einträge, die sich auf die Veröffentlichung von BANDEL & MUSTAFA (1996) beziehen.

Zudem gibt es noch einzelne ältere und jüngere Publikationen, die Rudisten in Jordanien betreffen. Bei den älteren Veröffentlichungen handelt es sich in der Regel um Beschreibungen, die vor der Gründung des heutigen Staates erfolgten. Dementsprechend wurden die jeweils aktuellen politischen Landesbezeichnungen für das Gebiet verwendet und die Arbeiten in den oben genannten Quellen nicht entsprechend erfasst. Exemplarisch ist hierfür das so genannte „Ostjordanland“ als Teil von Syrien, wie es von BLANCKENHORN in mehreren Abhandlungen, beispielsweise 1890, publiziert wurde.

In der Regel sind allerdings in der Literatur, die Jordanien betrifft, lediglich Angaben über das Auftreten von Rudistenfragmenten sowie Rudistenvorkommen im Allgemeinen zu finden (POWELL 1989; POWELL & MOH'D, 2011; SCHULZE, 2003 WETZEL & MORTON, 1959) und weitere Autoren, (siehe auch ÖZER & AHMAD 2016, S. 141).

Spezielle Aspekte über jordanische Rudisten wurden von BANDEL & MUSTAFA (1996) sowie AL-HEJOJ (2009) bearbeitet. Hierbei befassten sich BANDEL & MUSTAFA im Besonderen mit funktionsmorphologischen Merkmalen von Hippuriten, Radioliten und Capriniden aus dem Ajlungebirge. Differenzierte Untersuchungen an Rudisten wurden von AL-HEJOJ im Rahmen ihrer Masterarbeit über tektonisch bedingte Deformationen an Fossilien Jordaniens vorgenommen und dabei festgestellt, dass sie aufgrund ihres Deformations- und Bruchverhaltens in Relation zu horizontal und vertikal verlaufenden Styolithen als guter Indikator für vorherrschende Stressfelder eingesetzt werden könnten.

Ein aktueller zweisprachiger Online-Artikel von ÖZER & AHMAD (2011) betrifft Rudistenvorkommen des Turon in Nordjordanien. Im türkischsprachigen Abschnitt wird die Gattung „*Hippuritella*“ als Haupttriffbildner angeführt, in der englischsprachigen Übersetzung ist es jedoch „*Hippurites*“. Nach DECHASEAUX & COOGAN (1969a, N802) „...Differs [*Hippuritella*] from *Hippurites* in having simple or denticulate pores in FV...“ Daher wird o.g. Online-Artikel hier nicht weiter berücksichtigt. Weitere Publikationen beider Autoren wurden 2015 und 2016 über zwei Rudistenlithosome in stratigraphisch unterschiedlichen oberkretazischen Niveaus (Cenoman/Turon) in Nordwestjordanien veröffentlicht, wobei eine ihrer

genannten Lokalitäten innerhalb des in der hier vorliegenden Arbeit beschriebenen Gebietes westlich von Ishtafina liegt.

Weitere Arbeiten, die Rudisten in den jordanischen Gesteinsabfolgen betreffen, liegen nicht vor. Es gibt jedoch Vorkommen in den angrenzenden Ländern, die vor allem von BLANCKENHORN in den Jahren 1890-1934 (Syrien, Palästina, Israel, Libanon) wiederholt beschrieben wurden. Jüngere Arbeiten, die Rudisten in Ägypten betreffen, verfassten ZAKHERA (2011) und AYOUB-HANNAA & FÜRSICH (2012). Eine Gesamtübersicht über die Häufigkeit und Gattungsvielfalt von Rudisten im Nahen Osten sowie des zentralen bis östlichen Mittelmeers wurden von STEUBER & LÖSER (2000) auf Basis von Literaturzitaten aus ihrer bereits erwähnten Datenbank von 1996 aufgestellt. Hier spielen die Rudisten Jordaniens nur eine sehr untergeordnete Rolle, besonders, weil nur eine Publikation (BANDEL & MUSTAFA, 1996) berücksichtigt wurde und somit nur eine Lokalität mit drei Rudistenassoziationen (vier Gattungen) in die Bewertung einging.

5.2.2 Stratigraphische Reichweite

Die stratigraphische Reichweite der bislang bekannten jordanischen Rudistenvorkommen stellt sich folgendermaßen dar:

Jura

Aus jurassischen Kalksteinen Jordaniens und der angrenzenden Länder sind bis heute keine Vorkommen von Diceraten oder anderen frühen Rudisten beschrieben worden.

Unterkreide

Auch aus den unterkretazischen marinen Kalksteinen sind in Jordanien bisher keine Rudisten bekannt. Die von BLANCKENHORN (1934, S. 164) beschriebenen „...ersten kleinen Rudisten (*Eoradiolites lewisi*)...“ aus dem Alb sind zwar keiner Lokalität zugeordnet, aber seine Feststellung „Die Untere Kreide ist abgesehen vom nördlichen Sinai oder der Isthmuwüste fossilführend mit Sicherheit nur in Mittelsyrien im Libanon bekannt...“ (BLANCKENHORN, 1934, S. 163) belegt eindeutig, dass *E. lewisi* nicht aus dem heutigen Gebiet Jordaniens stammt, sondern lediglich ein Vorkommen innerhalb der Region widerspiegelt.

Oberkreide

In Jordanien stammen fast ausschließlich alle bislang beschriebenen Rudistenvorkommen aus Gesteinsschichten, die stratigraphisch dem Cenoman und dem Turon zugeordnet werden.

BLANCKENHORNS Ansatz in den Jahren 1912/1934, die cenomanen Schichten im weiteren Gebiet des Toten Meeres und nordwestlich von Amman mit Hilfe der fossilen Fauna in ein unteres und oberes Cenoman zu differenzieren, gründete sich neben typischen Leitfossilien auch auf das Vorkommen bestimmter Rudistenarten in stratigraphisch unterschiedlichem Niveau innerhalb dieser Epoche. An den „'Ajūn Mūsā“ ist das untere Cenoman nach seinen Angaben (1934, S. 165) in diesem Gebiet ähnlich wie in der Umgebung von Jerusalem durch ein erstes Auftreten von *Eoradiolites syriacus* gesichert und das obere Cenoman durch *Sphaerulites foliaceus* und *Sphaerulites depressus* - Vorkommen gekennzeichnet.

WETZEL & MORTON (1959, S. 140, 141) führen neben Wechsellagerungen von cenomanen Rudisten- und Nerineenkalken im Wadi Mujib ein Vorkommen von Rudistenriffen mit *Sphaerulites depressus* aus der Umgebung von Suweilih (nordwestlich von Amman) in ihrer „Zone à *Praealveolina*“ an, die den untersten Bereich des dort anstehenden Cenomans bildet. Diese Autoren wurden wiederholt zitiert, beispielsweise von BENDER (1968, S. 73), ohne Bezug darauf zu nehmen, dass nach der feinstratigraphischen Einstufung des *Sphaerulites depressus* von BLANCKENHORN im Jahre 1934 (S. 165) diese Abfolge erst im oberen Cenoman beginnt.

Die von BANDEL & GEYS (1985, S. 102) erwähnten Rudisten im Member 20 der Naur Formation im Profil von Salihi entsprechen einem höheren stratigraphischen Niveau des Cenomans. Ob es sich ebenfalls um *Sphaerulites depressus* handelt, ist nicht bekannt.

Im Südwesten Jordaniens, im Profil der Lokalität Silla (S1, S2, geogr. Lage siehe Abb. 5-1 „Silla“), hat SCHULZE (2003) ebenfalls im unteren Cenoman ein erstes Rudistenvorkommen verzeichnet, das jedoch nicht näher spezifiziert wurde.

Ebenfalls im Süden untersuchte BERNDT (2002) die benthische Makrofauna der oberkretazischen „Ajlun Group“ und fand bei Ras En Naqb *Toucasia matheroni* sowie Fragmente von „*Radiolites*“ in obercenomanen Schichten. Da stratigraphische Textangaben und Profilzeichnungen voneinander abweichen und Profil 5 gar nicht vorhanden ist, werden seine Angaben nur generell erwähnt.

B. M. KHALIL (1985, unpubl.), dessen spätere Publikationen unter MOH'D veröffentlicht wurden, beschrieb innerhalb seiner „Ishtafina-Ajlun Composite Section“ den „Lower Rudistid Limestone“ sowie den jüngeren „Hippurite-bearing Limestone“. Sein älterer „Lower Rudistid Limestone“ „...comprise the following genera: Hippurites, Radiolites and Caprinoids (Reitner, personal comm.)...“ und wurde von ihm ins Turon gestellt, ebenso wie die jüngere Abfolge, in der „...rudist bearing beds occur in four horizons...“. Letztere sind jedoch so unzureichend dokumentiert in Bezug auf ihre feinstratigraphische Position innerhalb des „Hippurite-bearing Limestone“ sowie die enthaltene Rudistenfauna, dass sie im Gelände nicht eindeutig identifiziert oder korreliert werden können. Daher wurden diese Vorkommen in späteren Forschungsarbeiten zwar auch thematisiert, aber die ausgewiesenen Horizonte blieben unberücksichtigt, wie beispielsweise bei BANDEL & MUSTAFA (1996).

Auf Rudistenvorkommen bei Ishtafina wiesen auch BANDEL & GEYS (1985, S. 103) in ihrer Arbeit über oberkretazische reguläre Seeigel Jordaniens hin. In einer späteren Arbeit untersuchten BANDEL & MUSTAFA (1996) funktionsmorphologische Merkmale bei *Apricardia* sp., *Caprinula boissy*, *Sauvagesia* sp. und *Hippurites requienii*, die aus diesem Vorkommen stammen. Hierbei haben sie die stratigraphische Position von KHALIL's „Lower Rudistid Limestone“, den sie 1992 in einer Publikation über oberkretazische Gastropoden Jordaniens als „Rabad rudist bank member“ bezeichneten, auf Grund des Auftretens von *Caprinula boissy* D'ORBIGNY revidiert und zeitlich dem Cenoman zugeordnet. Dieser Member (aktueller Name: „Rabad-rudist member“) bestätigte u. a. die Notwendigkeit einer speziellen Gliederung für die cenomanen und turonen Schichten im Ajlungebirge westlich von Ishtafina, die von GERHARD (2008) durch eine eigene Unterteilung der Schichtenabfolge in die Einheiten 1 bis 12 neu aufgestellt wurde. Zwei auffällige Rudistenhorizonte mit stratigraphischem Leitwert wurden hierbei zunächst herausgestellt: der „Rabad-rudist member“ der Einheit 7 (entspricht dem „Rabad rudist bank member“ von MUSTAFA & BANDEL, 1992) aus dem oberen Cenoman und der Hippuriten führende Kalkstein der Einheit 9 aus dem Turon. In BANDEL & SALAMEH (2013) werden diese Vorkommen ebenfalls erwähnt. Aktuell (2015, 2016) gibt es zwei jüngere Veröffentlichungen von ÖZER & AHMED über zwei Rudistenlithosome in Nordwestjordanien, die stratigraphisch diesen bereits beschriebenen Horizonten entsprechen. Aus dem „Caprinid lithosome“, das äquivalent dem „Rabad-rudist member“ ist, wurden neben dem bekannten Vorkommen von *Caprinula boissy* und *Sauvagesia* sp. die Rudistengattungen und-arten *Caprina* cf. *schiosensis*, *Caprina* sp. (aff. *schiosensis*), *Caprinula* cf. *boissy*,

Caprinula cedrorum, *Caprinula sharpei*, *Caprinula* sp., *Neocaprina nanosi*, *Sauvagesia scharpei*, *Durania* sp., *Eoradiolites* sp. und *Apricardia* sp. bestimmt. Das „Hippuritid lithosome“ wird nach diesen Autoren von den Arten *Hippurites resectus*, *Vaccinites rousseii* und untergeordnet von *Durania arnaudi* gebildet.

Insgesamt weichen die Befunde dieser Arbeiten von ÖZER & AHMED (2015, 2016) teilweise deutlich von den bisherigen Erkenntnissen der in Ishtafina untersuchten Rudistenvorkommen von BANDEL & MUSTAFA (1996), GERHARD (2008), sowie BANDEL & SALAMEH (2013) ab. So wurde beispielsweise die taxonomische Bestimmung von *Hippurites requienii* durch BANDEL & MUSTAFA (1996) von ÖZER & AHMAD (2015) als unrichtig deklariert. Inwiefern die voneinander abweichenden Bestimmungen dieser Rudistenfauna haltbar sind, blieb bislang offen.

Coniac, Santon, Campan und Maastricht

Aus diesen Epochen sind bislang keine Rudistenvorkommen in Jordanien beschrieben, abgesehen von einem Rudistenhorizont, der von WETZEL & MORTON (1959) in Schichten südwestlich von Kerak im Profil von EdhDhira aufgenommen wurde und nach diesen Autoren ein santones Alter aufweist. Hierbei handelt es sich möglicherweise um eine stratigraphische Fehleinschätzung, denn POWELL (1988) hat in den Erläuterungen zu der von ihm erstellten Karte des Gebietes um Kerak die aufgenommenen Rudistenvorkommen bei Dhira der „Wadi As Sir Limestone Formation“ zugeordnet und stratigraphisch in das Turon eingestuft.

Rudisten, die in stratigraphisch jüngeren Schichten als den oberkretazischen gelebt haben, sind global nicht nachgewiesen und demzufolge in Jordanien ebenfalls nicht zu erwarten.

5.2.3 Tabellarische Übersicht und Lagekarte

Nachstehende Skizze der Fundlokalitäten (Abb. 5-1) gibt in Ergänzung mit der tabellarischen Übersicht (Tab. 5-1) einen regionalgeographischen Überblick aller bisher aus Jordanien bekannten Rudistenvorkommen sowie ihrer stratigraphischen Zuordnung (je nach Bearbeiter).

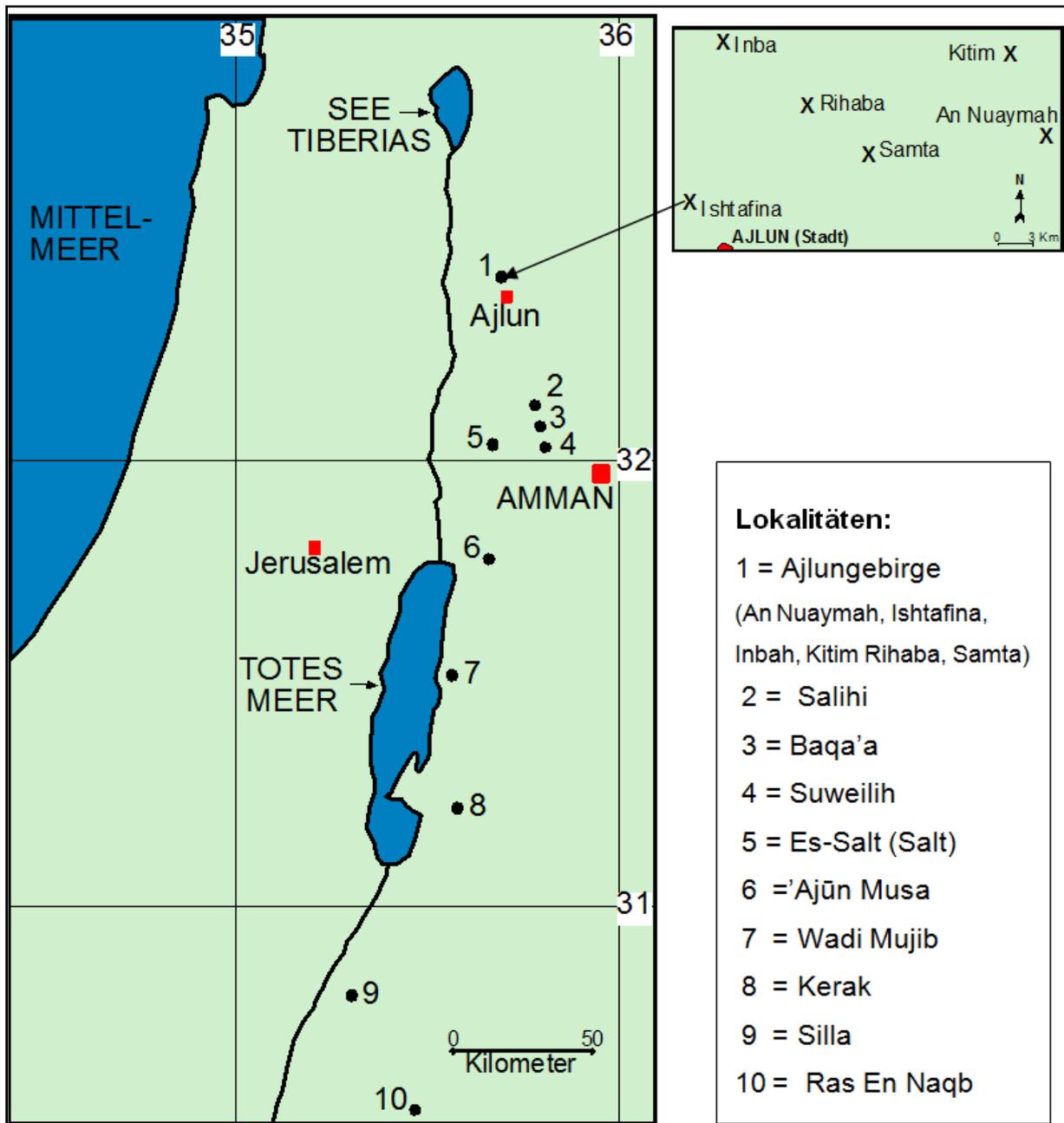


Abb. 5-1. Skizzierte geographische Lage der genannten Rudistenvorkommen Jordaniens.

Tab. 5-1. Tabellarische Übersicht der publizierten Rudistenvorkommen Jordaniens (Stand März 2018).

Gattung, Art	Lokalität	Alter	Literatur
<i>Apricardia</i>	Ajlungebirge (Ishtafina)	Turon	BANDEL & MUSTAFA, 1996 BANDEL & SALAMEH, 2013
<i>Apricardia</i> sp.	Ajlungebirge (Ishtafina, An Nuaymah, Samta)	Cenoman	ÖZER & AHMAD, 2015, 2016
<i>Caprina</i> cf. <i>schiosensis</i>	Ajlungebirge (Ishtafina)	Cenoman	ÖZER & AHMAD, 2015, 2016
<i>Caprina</i> sp.	Ajlungebirge (Ishtafina)	Cenoman	ÖZER & AHMAD, 2015
<i>Caprina</i> sp. (aff. <i>schiosensis</i> Boehm)	Ajlungebirge (Ishtafina, Samta)	Cenoman	ÖZER & AHMAD, 2015
Caprinidae	Ajlungebirge (Ishtafina)	Turon	KHALIL, 1985 (unpubl.)
<i>Caprinula boissyi</i>	Ajlungebirge (Ishtafina)	Cenoman	BANDEL & MUSTAFA, 1996 GERHARD, 2008 (unpubl.) BANDEL & SALAMEH, 2013 ÖZER & AHMAD, 2015
Dto.	Ajlungebirge (Samta)	Cenoman	ÖZER & AHMAD, 2015
<i>Caprinula</i> cf. <i>boissyi</i>	Ajlungebirge (Ishtafina, Samta, An Nuaymah)	Cenoman	ÖZER & AHMAD, 2016
<i>Caprinula cedrorum</i>	Ajlungebirge (Ishtafina, Samta)	Cenoman	ÖZER & AHMAD, 2016
<i>Caprinula sharpei</i>	Ajlungebirge (Ishtafina, An Nuaymah)	Cenoman	ÖZER & AHMAD, 2016
<i>Caprinula</i> sp.	Ajlungebirge (An Nuaymah, Kitim)	Cenoman	ÖZER & AHMAD, 2015
<i>Durania</i>	Ajlungebirge (Ishtafina)	Turon	BANDEL & MUSTAFA, 1996
<i>Durania</i> sp.	Ajlungebirge (Ishtafina)	Turon	GERHARD, 2008 (unpubl.)
<i>Durania arnaudi</i>	Ajlungebirge (Ishtafina, Samta)	Turon	ÖZER & AHMAD, 2015, 2016
Dto.	Ajlungebirge (Kitim, Rihaba)	Turon	ÖZER & AHMAD, 2016
<i>Durania</i> sp./ <i>Sauvagesia</i> sp. indiff.	Ajlungebirge (Kitim, Samta, An Nuaymah)	keine Angabe	ÖZER & AHMAD, 2015
<i>Eoradiolites syriacus</i>	'AjünMūsā	Cenoman	BLANCKENHORN, 1934

Tab. 5-1, Fortsetzung.

<i>Eoradiolites</i> sp.	Ajlungebirge (Ishtafina, Samta, Kitim)	Cenoman	ÖZER & AHMAD, 2015
<i>Hippurites</i>	Ajlungebirge (Ishtafina)	Turon	KHALIL (1985 unpubl.) BANDEL & SALAMEH, 2013
<i>Hippurites requieni</i>	Ajlungebirge (Ishtafina)	Turon	BANDEL & MUSTAFA, 1996 GERHARD, 2008 (unpubl.)
<i>Hippurites resectus</i>	Ajlungebirge (Ishtafina, Samta)	Turon	ÖZER & AHMAD, 2015, 2016
Dto.	Ajlungebirge (Kitim, Rihaba)	Turon	ÖZER & AHMAD, 2015
<i>Neocaprina nanosi</i>	Ajlungebirge (Ishtafina)	Cenoman	ÖZER & AHMAD, 2015, 2016
Dto.	Ajlungebirge (Samta)	Cenoman	ÖZER & AHMAD, 2015
Radiolitidae	Ajlungebirge (Ishtafina)	Turon	KHALIL, 1985 (unpubl.)
Dto.	Ajlungebirge (Kitim, Rihaba)	Cenoman	ÖZER & AHMAD, 2015
Dto.	Umgebung von Kerak	Turon	POWELL, 1988
<i>Radiolites?</i> sp.	Umgebung von Ras En Naqb	Cenoman	BERNDT, 2002
<i>Sauvagesia</i> sp.	Ajlungebirge (Ishtafina)	Cenoman	BANDEL & MUSTAFA, 1996 GERHARD, 2008 (unpubl.)
Dto.	Ajlungebirge (Samta)	Cenoman	ÖZER & AHMAD, 2015
<i>Sauvagesia sharpei</i>	Ajlungebirge (Ishtafina, Samta, An Nuaymah)	Cenoman	ÖZER & AHMAD, 2015, 2016
<i>Sphaerulites depressus</i>	'AjūnMūsā	Cenoman	BLANCKENHORN, 1934
Dto.	Umgebung von Suweilih	Cenoman	WETZEL & MORTON, 1959 BENDER, 1968
<i>Sphaerulites foliaceus</i>	'AjūnMūsā	Cenoman	BLANCKENHORN, 1934
cf. <i>Toucasia matheroni</i>	Umgebung von Ras En Naqb	Cenoman	BERNDT, 2002
<i>Vaccinites rousseii</i>	Ajlungebirge (Ishtafina)	Turon	ÖZER & AHMAD, 2015, 2016
Dto.	Ajlungebirge (Kitim, Samta)	Turon	ÖZER & AHMAD, 2015

Tab. 5-1, Fortsetzung.

Weitere Rudistenvorkommen, die nicht näher bestimmt wurden. (Anmerkung: die Rudisten stehen in der Regel in der Umgebung der genannten Orte an, Details hierzu finden sich in der jeweiligen Quell-Literatur.)			
	An Nuaymah	Turon	ABDELHAMID, 1995
	Baqa'a	Cenoman	BANDEL & GEYS, 1985
	Inba	Turon	ABDELHAMID, 1995
	Kerak	Cenoman	POWELL, 1988
	Wadi Abu Khusheiba (nördlich von Wadi Mujib)	Cenoman	POWELL, 1988
	Kerak (Edh Dhira)	Turon	WETZEL & MORTON, 1959
	Kerak (Edh Dhira)	Santon	WETZEL & MORTON, 1959
	Ras En Naqb (Naqb Ishtar)	Cenoman	WETZEL & MORTON, 1959
	Kitim	Cenoman	PARKER, 1970
	Kitim	Turon	ABDELHAMID, 1995
	Salihi	Cenoman	BANDEL & GEYS, 1985
	Silla	Cenoman	SCHULZE, 2003
	Suweilih	Cenoman	BENDER, 1968
	Wadi Mujib	Turon	KHALIL, 1992
	Wadi Mujib	Turon	POWELL, 1989
	ZarkaMa'in (nördlich von Wadi Mujib)	Cenoman	WETZEL & MORTON, 1959
	Kitim	Cenoman	POWELL, 1989

5.3 Rudistenhorizonte und -assoziationen im untersuchten Gebiet

5.3.1 Einleitung

Die aktuellen Geländebefunde haben ergeben, dass die Rudistenvorkommen in insgesamt 11 voneinander unabhängigen Horizonten anstehen (plus einem weiteren, der nahe dem untersuchten Areal am Stadtrand von Ajlun aufgeschlossen ist), und die Gemeinschaften in Bezug auf ihre Zusammensetzung teilweise deutlich variieren. Eine schematische Übersicht hierüber ist in Abb. 5-2 dargestellt.

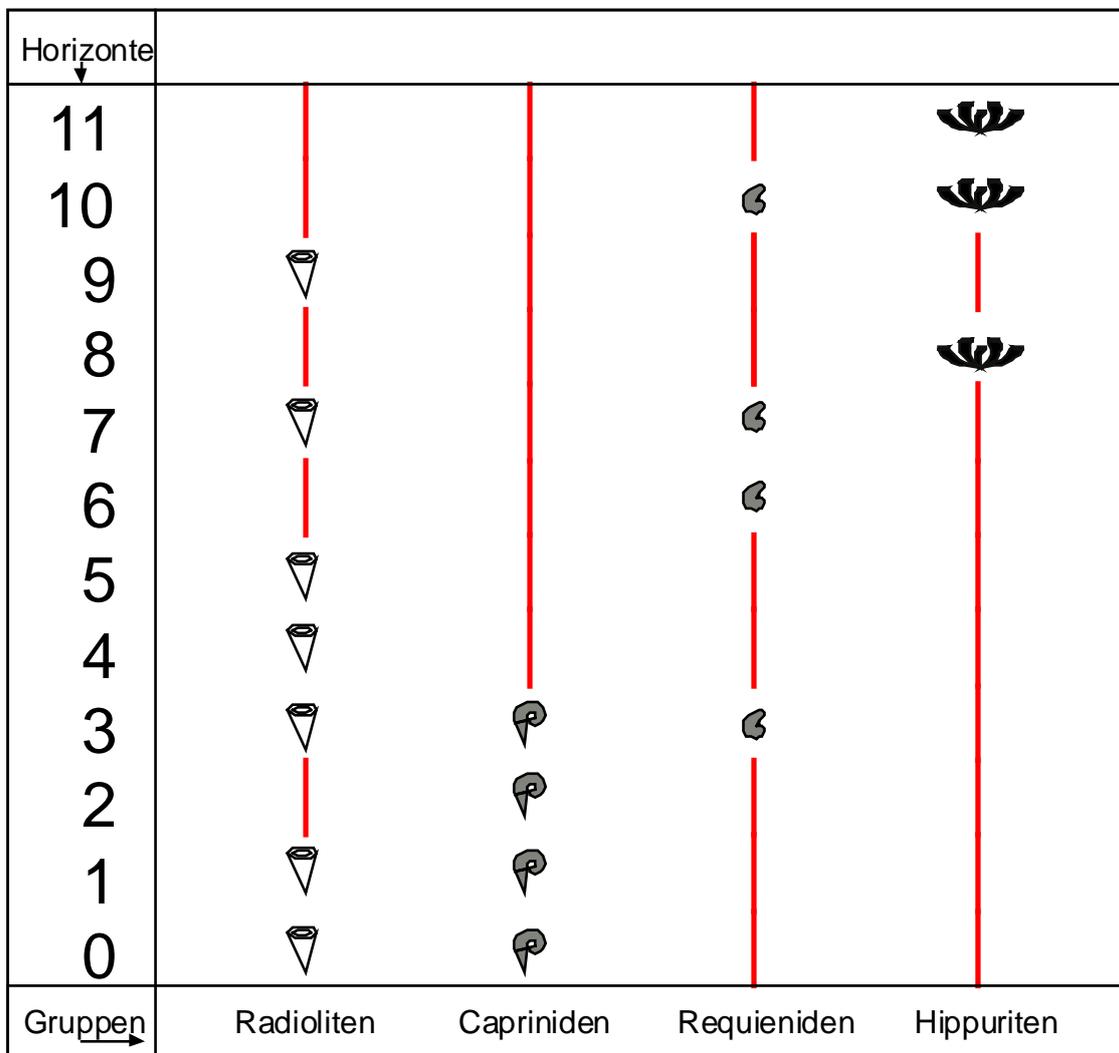


Abb. 5-2. Auftreten der einzelnen Rudistengruppen in den vorgefundenen Rudistenhorizonten.

5.3.2 Rudistenhorizonte und ihre Assoziationen

Rudistenhorizont 0, "unterer Capriniden-Radioliten Horizont"

Dieser kurz vor der Ortsausfahrt von Ajlun in Richtung Irbid gelegene Straßenaufschluss birgt den ältesten vorgefundenen Rudistenhorizont (Abb. 5-3) und wird auf Grund seiner unmittelbaren Nähe zum untersuchten Gebiet mit aufgeführt. Der Horizont, ein harter, leicht rötlich verwitternder Kalkstein, zeigt vereinzelt Fragmente von capriniden und radiolitiden Rudisten. Bei den Radioliten handelt es sich wahrscheinlich um die Gattung *Eoradiolites* (Abb. 5-4), bei den Capriniden möglicherweise um *Caprinula boissyi*. (Abb. 5-5). Der kleine Radioliten-Cluster könnte in situ anstehen, die Capriniden sind zweifelsfrei allochthon abgelagert.

Stratigraphisch liegt dieser Horizont wahrscheinlich im unteren Mittelcenoman in einer Abfolge, die der Einheit 5 (GERHARD, 2008) entspricht.



Abb. 5-3. Aufschluss 0 an der Straße von Ajlun Richtung Irbid (Stand: 2016).



Abb. 5-4. Rudistenhorizont 0, Fragmente radiolitider Rudisten (*Eoradiolites*?).



Abb. 5-5. Rudistenhorizont 0, Fragmente caprinider Rudisten.

Rudistenhorizont 1, "oberer Capriniden-Radioliten Horizont"

Dieser Horizont ist unterhalb von Ishtafina (Aufschl.pkt. 43) sowie im Gebiet von Bir Jahudi (Aufschl.pkt. 23) gut erkennbar. Es handelt sich bei diesem Horizont um eine Zusammenschwemmung (allochthon) von Molluskenfragmenten, die Klappenreste sowohl von capriniden (*Caprinula boissyi?*) als auch radiolitiden Rudisten (*Eoradiolites?*) enthält (Abb. 5-6).



Abb. 5-6. Rudistenhorizont 1, eine allochthon gebildete Molluskengemeinschaft mit Rudistenfragmenten, die von Capriniden (weißer Pfeil rechts und Mitte) und Radioliten (weißer Pfeil links) stammen. Aufschl.pkt. 43.

Rudistenhorizont 2, "Capriniden-Horizont"

Dieser Horizont steht direkt unter dem Rabad Rudist Member (Abb. 5-7) am Aufschlusspunkt. 25 an. Er birgt caprinide Rudisten (Abb. 5-8), sowie weitere Invertebratenfauna. Der unmittelbare Übergang zu dem Rabad Rudist Member, von dem er sich vor allem durch die Rudisten-Monokultur unterscheidet, ist nicht aufgeschlossen. Unterhalb des Rudistenhorizontes 2 findet sich innerhalb der gleichen Bank eine Zusammenschwemmung von Korallen- und Seeigelfragmenten.



Abb. 5-7. Horizont 2, Straßenaufschluss (Pkt. 25) von Ajlun in Richtung Halawa.



Abb. 5-8. Rudistenfragmente mit netzartiger Struktur (roter Pfeil) sind im Anstehenden deutlich erkennbar. Horizont 2, Aufschlusspunkt 25, Detailausschnitt aus Abb. 5. (rot markierter Bereich).

Rudistenhorizont 3, "Rabad Rudist Member"

Die vorgefundene Rudistengemeinschaft des Rabad Rudist Member ist mehrfach parallel der NE-SW-verlaufenden Straße Ishtafina-Halawa sowie an weiteren Lokalitäten westlich von Ishtafina zumeist herausgewittert vorhanden (Aufschlusspunkte 16,18-19, 28-33). Die typische Ausbildung des Rabad Rudist Member zeigt eine partielle Rotfärbung, wie aus Abbildung 5-9 ersichtlich ist. Dieser Rudistenhorizont wurde, wie bereits dargestellt, als eigenständiger Member erstmals von MUSTAFA & BANDEL (1992) publiziert. Die Rudistengattungen *Caprinula* (Abb. 5-10, 5-11) und *Savagesia* (Abb. 5-12, 5-13) bilden diesen Member zusammen mit einer weiteren Invertebratenfauna, die sich aus verzweigten und knollenförmigen Korallen, Bivalven wie *Spondylus* und *Pecten*, aus regulären und irregulären Echinodermen und Gastropoden (zumeist Nerineen) zusammensetzt. Die Häufigkeit beider Rudistengattungen variiert, jedoch ist keine Tendenz für eine bevorzugte Verbreitungsrichtung erkennbar. Auf den silifizierten Gehäusen von *Caprinula* sind vereinzelt Abdrücke kleiner, Requieniden-förmiger Rudisten, die nicht näher bestimmbar sind. Caprinidae und Sauvagesiidae setzen wie die gesamte Riffgemeinschaft am Top des Members aus, werden aber zuvor am äußersten südwestlichen Auftreten von einer dominierenden Kolonie verzweigter Korallen abgelöst. Während die Caprinidae nicht erneut in einem jüngeren Horizont auftreten, siedelten sich Radiolitidae und requienide Rudisten in darüber anstehenden Einheiten wiederholt erneut an oder sind als zusammengeschwemmte Lagen dokumentiert.



Abb. 5-9. Der Rabad Rudist Member fällt im Gelände durch partielle Rotfärbung auf (P. 31).



Abb. 5-10. Rabad Rudist Member, *Caprinula* dominierter Riffbereich, anstehend am Aufschl.pkt. 16. Pfeile verweisen auf besonders deutlich erkennbare *Caprinula*-Relikte.



Abb. 5-11. Rabad Rudist Member, *Caprinula* dominierter Riffbereich.



Abb. 5-12. Rabad Rudist Member, *Sauvagesia* dominierter Riffbereich, P. 16. Pfeile verweisen auf die anstehenden *Sauvagesia*-Fauna.



Abb. 5-13. *Sauvagesia*-Kolonie, ursprünglich in situ. Bei Erschließungsmaßnahmen aus dem Anstehenden gebrochen und vor Ort in einer Steinmauer verbaut. Lesestein, Punkt 32.

Rudistenhorizont 4, "unteres Radiolitenvorkommen"

Diese Rudistenhorizont ist nur lokal am Aufschlusspunkt 16 einige Dezimeter direkt oberhalb des Rabad Rudist Member aufgeschlossen und differenziert sich von diesem durch eine Radioliten-Monokultur, die als Einzelindividuen oder als Clusterfragmente eingebettet wurde (Abb. 5-14). Eine nähere Bestimmung der Gattung ist nicht möglich, da nur die typischen Radiolitenmerkmale der Schale bestimmbar sind. Im Anschliff ist jedoch ein Ligamentpfeiler erkennbar, der ein typisches Merkmal der Gattung *Sauvagesia* darstellt.



Abb. 5-14. Radiolitide Rudisten (roter Pfeil) des Horizontes 4 lagern über dem Top des Rabad Rudist Member. Aufschlusspunkt. 16.

Rudistenhorizont 5, "oberes Radiolitenvorkommen"

Über einer markanten Tonlage, die bis zu 18 cm Mächtigkeit erreicht, setzt an zahlreichen Aufschlüssen (1,5, 7, 12-15, 20, 26, 35, 38, 40) der rudistenführende Kalksteinhorizont 5 ein (Abb. 5-15). Es handelt sich häufig um Fragmente von Radiolitidae, die eine nähere Bestimmung nicht zulassen (Abb. 5-16, 5-17). Erkennbar ist, dass sie in kleineren Bouquets Gemeinschaften bildeten. Daneben treten sie ebenfalls als Zusammenschwemmungen auf. Bei einigen Individuen ist anhand der Querschnitte eine Zuordnung zur Gattung *Durania* möglich (Abb. 5-18).



Abb. 5-15. Rud.horizont 5 beginnt oberhalb einer markanten Tonlage (Pfeil).Aufschl.punkt 12.



Abb. 5-16. Radioliten des Rudistenhorizontes 5 (Aufschl.punkt 12).



Abb. 5-17. Rud.horizont 5, Detailaufnahme mit zahlreichen Radiolitenfragmenten (P.12).

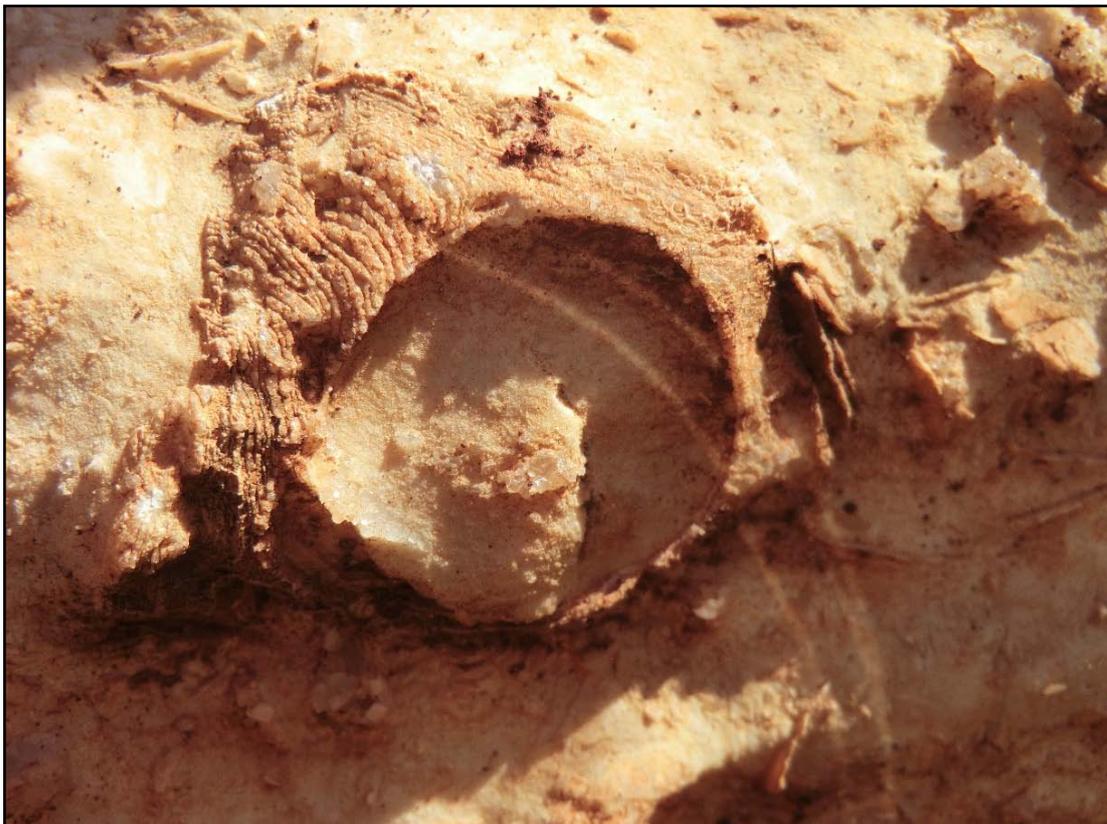


Abb. 5-18. Rud.horizont 5, Querschnitt von *Durania* sp.(P. 12).

Rudistenhorizont 6, "*Apricardia*-Horizont"

Ein Vorkommen von *Apricardia* als Rudisten-Monokultur bildet den Rudistenhorizont 6. Es befindet sich im Aufschluss Punkt 7 im südlichen Bereich einer ausstreichenden Bank mit rund 40 cm Mächtigkeit (Abb. 5-19, 5-20). Dort sind die *Apricardien* im Anschnitt deutlich erkennbar (blauer Pfeil) und liegen regellos angeordnet. Dieser Bereich verzahnt sich innerhalb der Bank lateral mit einem durch vertikal angelegte Wurmrohren gekennzeichneten Kalkstein.



Abb. 5-19 Rudistenhorizont 6, *Apricardia* –Vorkommen, anstehend. Aufschlusspunkt 7.

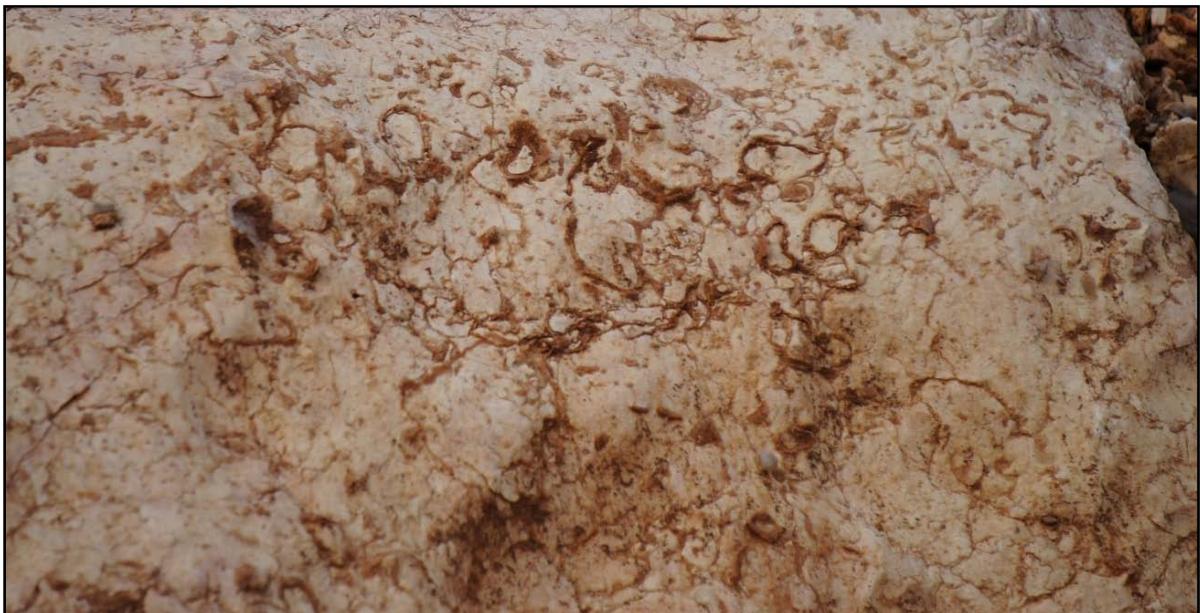


Abb. 5-20. *Apricardia*-Vorkommen im Anstehenden Rudistenhorizont 6, Aufschlusspunkt 7.

Rudistenhorizont 7, "*Radiolites-Apricardia*-Assoziation"

Dieser Rudistenhorizont ist gekennzeichnet durch das Einsetzen einer Rudisten-Mischfauna und zeigt geschichtete Lagen, in denen sich neben meist bis in arenitischer Größe zerkleinertem Schutt zerbrochener Gehäuse auch einzelne erkennbare Klappenfragmente der beiden Gattungen befinden.

Östlich von der Ruine MarElyas (Aufschlusspunkt 41) ist dieser Horizont circa 30 bis 50 Zentimeter mächtig. Es finden sich gemeinschaftlich *Apricardia* sp. sowie *Radiolites*-Klappen (Abb. 5-21 bis 5-23). Hierbei handelt sich um lagig zusammengeschwemmte Fragmente, die einige Zentimeter Größe erreichen. Sie sind lagunärem Kalkstein eingebettet. Meist sind es die ehemals angehefteten, unteren Klappen, jedoch sind vereinzelt auch Deckelklappen erkennbar. Der Übergangsbereich zu dem zuvor beschriebenen (*Apricardia*-) Rudistenhorizont 6 aus dem Aufschlusspunkt 7 fehlt, und auch der Rudistenhorizont 5 ist an dieser Lokalität nicht aufgeschlossen.

Der Rudistenhorizont 7 ist gleichfalls an dem Aufschlusspunkt 11 aufgeschlossen (Abb. 5-24), erreicht aber nur eine Mächtigkeit von ca. 30 cm. Hier lagert die *Apricardia-Radiolites*-Mischfauna auf einem Hartgrund, der sich auf einem lagunären, Actaeonellen führenden Kalkstein (mit zahlreichen vertikal angelegten Wurmröhren im Top) gebildet hat. An der Obergrenze grenzt sich der Rudistenhorizont 7 mit einem Hartgrund und dem Aussetzen von Rudistenfragmenten klar von dem darüber liegenden Kalkstein ab.

Der Rudistenhorizont 7 ist weiterhin in größeren Gesteinsbrocken in den Aufschlüssen 9, 10 und 36 repräsentiert.

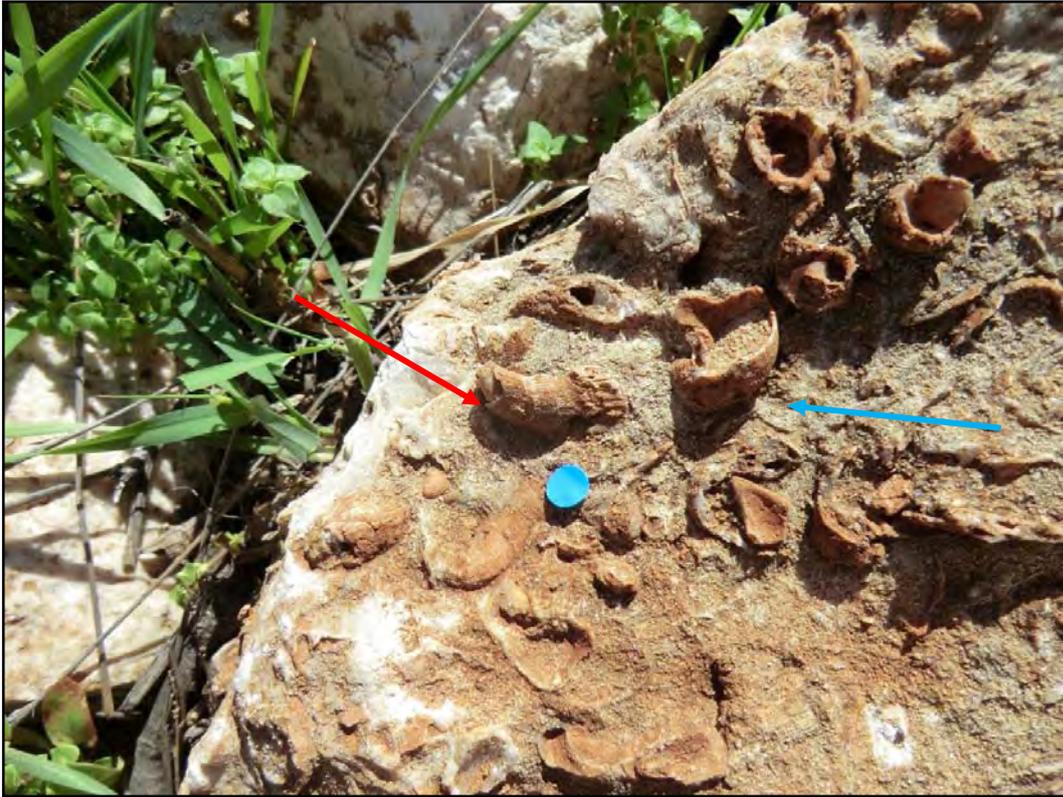


Abb. 5-21. Rudistenhorizont 7 östlich von MarElyas, eine *Radiolites*-*Apricardia* Assoziation mit gut erkennbaren Exemplaren von *Radiolites* (roter Pfeil) und *Apricardia* (blauer Pfeil). Ausschlusspunkt 41.



Abb. 5-22. Zusammenschwemmung diverser *Radiolites*-Klappen, Aufschlusspunkt 41.



Abb. 5-23. *Apricardia*-Klappen, zusammenschwemmte Einzelklappen, Aufschlusspunkt 41.



Abb. 5-24. Rudistenhorizont 7, anstehend. Aufschluss 11.

Rudistenhorizont 8, "unterer Hippuritenhorizont"

Der Rudistenhorizont 8 setzt in der Regel auf einem Hartgrund bzw. Beachrock der Einheit 8 (GERHARD, 2008) ein (Abb. 5-25, 5-26) und ist besonders an den Aufschlusspunkten 1-5, 8-10, 13-15, 20, 26 und 39 deutlich ausgebildet, während ein sehr kleines Vorkommen am Aufschlusspunkt 34 durch Abbau abgetragen wurde. Dieser Horizont zeigt zumeist kleine, mehr oder weniger senkrecht wachsende *Hippurites*-Kolonien, die buschartig geformt sind und im Anschnitt meist eine Höhe um 80 Zentimeter und einen Querschnitt von rund einen Meter aufweisen. Die Zwischenräume zwischen den einzelnen Biohermen variieren im Dezimeterbereich. Hiervon abweichend ist direkt unter der Waldschutzstation von Ishtafina (Aufschlusspunkt 1) zudem ein zusammenhängender Riffkörper mit ähnlichem Wuchs über mehrere Meter aufgeschlossen. Die Bioherme sind in situ und in der Regel in lagunärem, bioturbat entmischtem Kalkstein eingebettet, wobei im Aufschlusspunkt 1 zwischen den fixierten Hippuriten Schichtungsstrukturen erkennbar sind, die eingeregelt Hippiuritenklappen und Fragmente aufweisen.



Abb. 5-25. Unterer Hippuritenhorizont. Straßenanschnitt bei Ishtafina, Aufschluss 1.

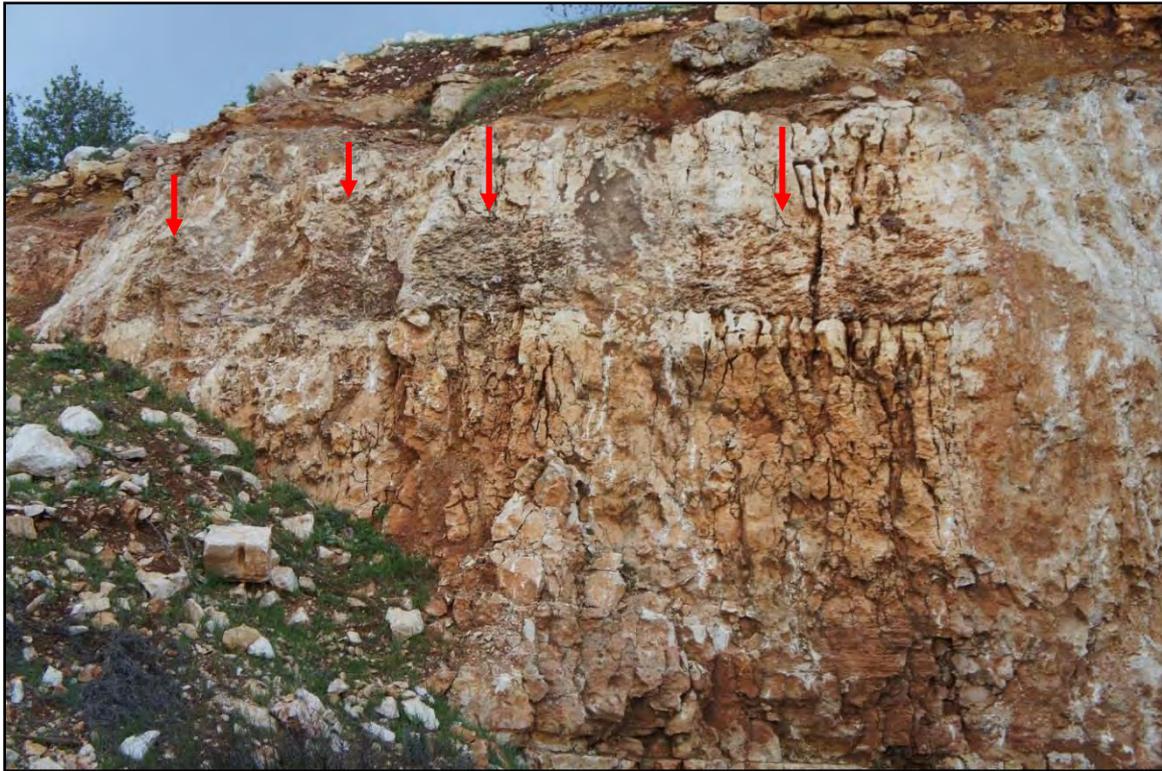


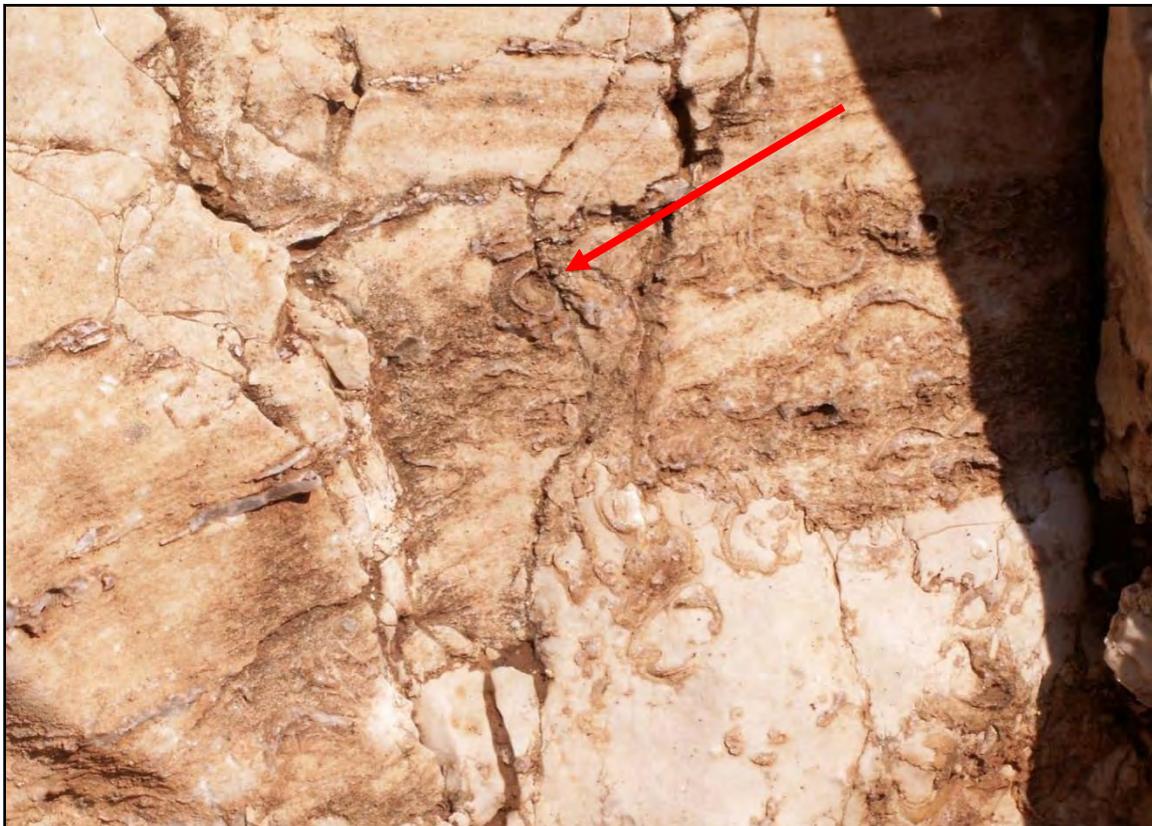
Abb. 5-26. *Hippiurites*, anstehend, mit buschartiger Wuchsform der Kolonien (Pfeile). Rudistenhorizont 8, Aufschlusspunkt 14.

Rudistenhorizont 9, "Radioliten-Zwischenhorizont"

Nahe Ishtafina im Aufschlusspunkt 1 gibt es in dem zwischen dem unteren und oberen Hippiuritenhorizont einen integrierten Rudistenhorizont, in dem vereinzelt, eingeregelt Unterklappen von Radioliten im Anschnitt erkennbar sind. Sie treten in einem Schrägschichtungskörper besonders hervor (Abb. 5-27, 5-28). Dieser Horizont fehlt in den anderen Aufschlüssen.



Abb. 5-27 Rudistenhorizont 9, Radioliten (roter Pfeil) in einem Schrägschichtungskörper zwischen dem unteren und oberen Hippuritenhorizont. Aufschlusspunkt 1.



. Abb. 5-28 Rudistenhorizont 9, Ausschnitt mit Radioliten (Pfeil), Aufschluss 1.

Rudistenhorizont 10, "oberer Hippuritenhorizont"

In den Aufschlüssen 1, 14 und 15 (Abb. Abb. 5-29, 5-30, 5-31) gibt es partiell einen jüngeren, weiteren *Hippurites*-Horizont, der als Riffrasen (Biostrom) auf einem Hartgrund angesiedelt ist. Der umgebende Kalkstein führt unregelmäßig stellenweise *Apricardia*-Klappen mit (Abb. 5-32), die tendenziell über den *Hippurites*-Biostromen liegen und als eigener Horizont aufgefasst werden könnten, der sich nach dem Absterben der Hippuriten unmittelbar über den Hippuriten bildete und hierbei auch die Zwischenräume der Biostrome nutzte. Da jedoch *Apricardia* am Aufschlusspunkt 15 nachweislich auf intakten *Hippurites*-Deckelklappen siedelte, wie es nur bei lebenden Tieren in freier Wassersäule möglich ist (siehe Abb. 5-33), müssen die *Hippurites*-Biostrome zusammen mit *Apricardia* als ein Rudistenhorizont eingestuft werden und bilden gemeinsam den Horizont 10.



Abb. 5-29 *Hippurites*-Biostrome im Rudistenhorizont 10 (roter Pfeil). Aufschluss 1.



Abb. 5-30. Hippuritenhorizont 10, anstehend im Aufschlusspunkt 14 (stark erodiert).



Abb. 5-31. *Hippurites*-Biostrom (roter Pfeil) im Rudistenhorizont 10, anstehend im Aufschlusspunkt 15.



Abb. 5-32. Hippuritenhorizont 10, Querschnitte von *Apricardia* sp., Aufschlusspunkt 15).

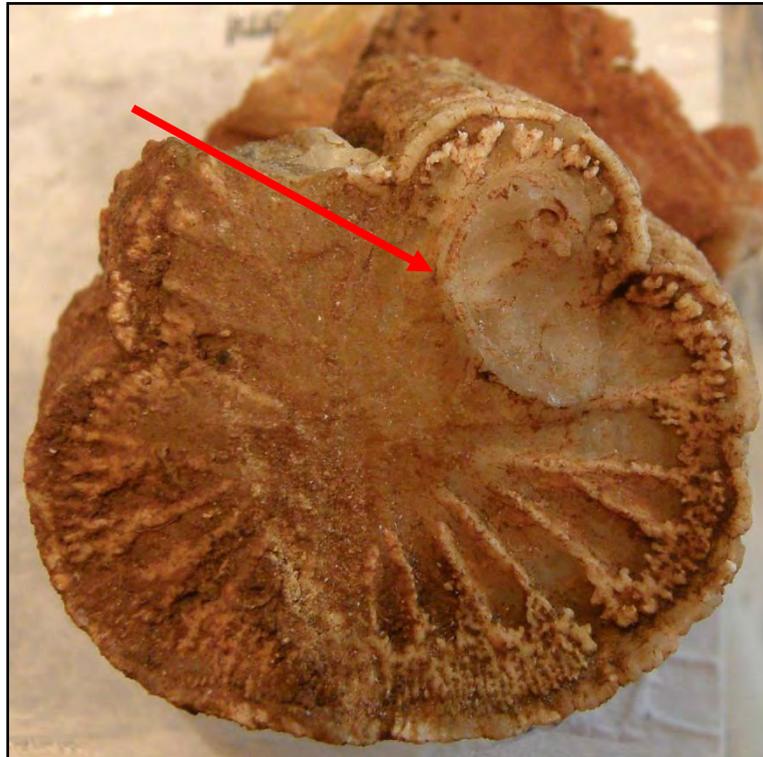


Abb. 5-33. *Apricardia*-Aufwuchs auf einer intakten Deckelklappe eines Hippuriten belegt eine zeitgleiche Besiedelung des Lebensraumes. Rudistenhorizont 10. Aufschlusspunkt 15.

Rudistenhorizont 11, "dritter Hippuritenhorizont"

Dieser Horizont ist nur rudimentär im Aufschluß 15 aufgeschlossen (Abb. 5-34). Es handelt sich hierbei um ein *Hippurites*-Biostrom, dass sich auf einem Hartgrund direkt oberhalb der Apricardienfauna des Horizontes 10 (obere Hippuritenhorizont) entwickelte. Da es nur mit dem Teleobjektiv erfassbar ist, können keine weiteren Aussagen hierzu erfolgen.



Abb. 5-34. Rudistenhorizont 11. Hippuriten siedeln auf einem Hartgrund im Top der Hippuriten und Apricardienvorkommen des Rudistenhorizontes 10. Aufschlusspunkt 15.

Abschließend ist festzustellen, dass alle Rudistenhorizonte in dem untersuchten Gebiet dadurch gekennzeichnet sind, dass sie eine spezifische Rudistenmonokultur beziehungsweise Rudistenmischfauna aufweisen und sich die Vorkommen durch unterschiedliche Einbettungsbedingungen (autochthon/allochthon) unterscheiden, wie in Tabelle 5-2 zusammenfassend dargestellt.

Radioliten sind in insgesamt 7 Horizonten nachweisbar und kommen demnach stratigraphisch am weitesten gespreizt vor, während Capriniden-, Reqieniden- und Hippuritenvorkommen sich jeweils nur über 3 beziehungsweise 4 Horizonte erstrecken.

Bei den Radiolitenhorizonten dominieren Zusammenschwemmungen (allochthone Bildung), die auf Sturmereignisse oder stärkere Strömungsverhältnisse schließen lassen, zumal die entsprechenden in situ Vorkommen in dem untersuchten Gebiet auf den jeweiligen Niveaus fehlen. Der Rabad-Rudist Member ist als Lieferant für die anderen Horizonte bedeutungslos, obwohl er das markanteste Bioherm in der gesamten Abfolge bildet.

Tab. 5-2. Rudistenhorizonte: Tabellarische Übersicht.

Horizont, Lfd. Nr.	Bezeichnung	Ausbildung/ Einbettung	Rudisten- Assoziationen	Stratigraph. Niveau	Einheit nach GERHARD
11	Dritter Hippuritenhorizont	Biostrome, autochthon	<i>Hippurites</i>	Turon	9
10	Oberer Hippuritenhorizont	Biostrome, autochthon	<i>Hippurites/ Apricardia</i>	Turon	9
9	Radioliten- Zwischenhorizont	autochthon/ allochthon	Radioliten	Turon	9
8	Unterer Hippuritenhorizont	Bioherme, autochthon	<i>Hippurites</i>	Turon	9
7	<i>Radiolites-Apricardia</i> - Assoziation	allochthon	<i>Radiolites/ Apricardia</i>	Turon	9
6	<i>Apricardia</i> -Horizont	allochthon	<i>Apricardia</i>	Turon	9
5	Oberes Radiolitenvorkommen	Cluster und einzelne Exemplare, allochthon	Radioliten (<i>Durania</i>)	Turon	9
4	Unteres Radiolitenvorkommen	Cluster und einzelne Exemplare, allochthon	Radioliten (<i>Sauvagesia</i> ?)	Cenoman	8
3	Rabad Rudist Member	massiver Riffkomplex, autochthon	<i>Caprinula</i> , <i>Sauvagesia</i> , Requienide Rudisten	Cenoman	7
2	Capriniden-Horizont	allochthon	Capriniden	Cenoman (direkt unter RRM)	6
1	Oberer Capriniden- Radioliten Horizont	allochthon	Capriniden (<i>C. boissy</i> ?) Radioliten (<i>Eoradiolites</i> ?)	Cenoman	6
0	Unterer Capriniden- Radioliten Horizont	allochthon	Capriniden (<i>C. boissy</i> ?) Radioliten (<i>Eoradiolites</i> ?)	Cenoman	5

5.4 Taxonomisch-systematische Bearbeitung der Rudisten aus den Vorkommen westlich von Ishtafina

5.4.1 Einführung

Wie bereits in dem vorangehenden Kapitel über den Kenntnisstand der Rudisten-Vorkommen Jordaniens dargestellt, sind in den von GERHARD (2008) westlich von Ishtafina aufgestellten Einheiten 7 und 9 spezielle Rudistenvorkommen im Grenzbereich Obercenoman/Turon vorhanden, die sich in diesem Gebiet durch teilweise hervorragende Aufschlussbedingungen und einen relativ guten Erhaltungszustand auszeichnen. Es handelt sich hierbei um Individuen, die solitär oder vergesellschaftet in vollmarinem Flachwassermilieu auf einer am Südrand des Tethysozeans gelegenen, dem Arabischen Schild vorgelagerten Karbonatplattform (Levante) gesiedelt haben und postmortal entweder in situ (in ihrer Lebensstellung) erhalten geblieben sind oder allochthon zusammengeschwemmt wurden. Beim Transport der Schalen durch Meerwasserbewegung zerbrachen die Klappen häufig zu Fragmenten arenitischer Größe oder kleiner oder wurden als Schillkalk-Horizonte abgelagert.

Diese Rudisten-Vorkommen wurden eingehend unter paläontologischen Aspekten untersucht und die Fauna, sofern sie ausreichende Merkmale für eine taxonomische Bestimmung aufwies, im Folgenden systematisch aufgelistet, beschrieben und diskutiert. Es handelt sich um Vertreter der Familien Requiiniidae DOUVILLÉ, Caprinidae D'ORBIGNY, Radiolitidae GRAY sowie Hippuritidae GRAY. Der folgende Teil enthält einen kurzen Überblick über Rudisten im Allgemeinen sowie eine Aufstellung der in dieser Arbeit angewandten Bestimmungskriterien.

Das Wort „Rudisten“ (engl. "rudists") leitet sich von dem lateinischen Begriff „rudis = rau“ ab und wird in der Regel synonym für den Begriff „Hippuriten“ verwendet. Beide Begriffe bezeichnen die als „Hippuritacea“ zusammengefassten Bivalvia (DECHASEAUX 1969a), beginnend mit *Diceras* im oberen Jura. Die stratigraphische Reichweite der Familien und Gattungen variiert, jedoch ist kein Taxon jünger als Maastricht, wie aktuell von STEUBER et al. (2016) bestätigt wurde. Historisch wurde der Begriff „Rudisten“ sehr unterschiedlich verwendet, genauso wie die taxonomische und systematische Zuordnung häufiger wechselte. Ursprünglich wurde die Familie „Rudistes“ jedoch von LAMARCK (1819) aufgestellt, zu der die Gattungen *Radiolites*, *Sphaerulites*, *Birostrites*, sowie die Brachiopodengattungen *Calceola*, *Discina* und *Crania* zählten. Zudem ordnete LAMARCK (1822) *Hippurites* den Cephalopoden zu,

die er auf Grund der morphologisch ähnlich geformten inneren Kammerung, die bei den Hippuriten auftreten kann, miteinander gleichsetzte.

Wichtige grundlegende Arbeiten über Rudisten wurden von D'ORBIGNY in den Jahren 1822 bis 1851, von DOUVILLÉ in den Jahren 1887 bis 1935 und TOUCAS von 1891 bis 1912 verfasst.

Im "Fossilium Catalogus", wurden von KÜHN (1932) als "Rudistae" lediglich die Hippuritidae und Radiolitidae erfaßt, während KUTASSY (1934) in dem Band "Pachydonia mesozoica. (Rudistis exclusis.)" die anderen Familien zusammen mit den Megalodontidae auflistet.

Jüngere Arbeiten stammen von DECHASEAUX (1943, 1952) und zeigen ähnliche Relevanz wie das Standardwerk „Treatise on Invertebrate Paleontology“, Part N, S. N749-817 (Hrsg. MOORE, 1969). Weiterhin wurden zahlreiche Abhandlungen von SKELTON seit 1974 publiziert.

Eine generelle Übersicht gibt die "Jurassic-Cretaceous Rudists (Mollusca, Hippuritacea) - Bibliography 1758-1994" von STEUBER & LÖSER (1996) und die hieraus generierte, online verfügbare Datenbank von STEUBER, die zuletzt 2002 aktualisiert wurde.

Eine Revision des „Treatise on Invertebrates“, Part N (Bivalvia), der unter anderem die Rudisten betrifft, ist seit längerem geplant. SKELTON (2013a) postulierte hierfür eine neue phylogenetische Klassifizierung der Ordnung Hippuritida, die sich vor allem durch die Gliederung in zwei neu von ihm aufgestellte Unterordnungen (Requieniidina, Radiolitidina) mit insgesamt drei Superfamilien (Requenioidea sowie Radiolitioidea und Caprinoidea) von der bisherigen Klassifizierung unterscheidet. In einer nachfolgenden Veröffentlichung (2013b) revidierte er allerdings den Begriff „Radiolitidina“ und ersetzte ihn durch „Hippuritidina NEWELL, 1965“.

In der aktuellen Version des "Treatise Online no.81, Part N, etc." werden in den Abbildungen 1-4 insgesamt 15 Familien dargestellt, die 167 Gattungen enthalten. Eine genaue Beschreibung sowie eine weitere Splittung in Arten erfolgte in dieser Arbeit nicht, so dass diese weiterhin der entsprechenden älteren Literatur entnommen werden müssen.

Wichtige biologische Aspekte wurden von KLINGHARDT in seinen Publikationen, die zwischen 1921 und 1931 erschienen, dargestellt. Hervorzuheben ist beispielsweise sein Versuch der Weichkörper-Rekonstruktion bei verschiedenen Rudistengattungen.

Auch BANDEL & MUSTAFA veröffentlichten 1996 eine relevante, biologisch ausgerichtete Arbeit über die „constructional morphology...“ mehrerer Rudistengattungen des Ajlungebirges.

5.4.2 Klassifikation

Rudisten können nach PERKINS (1969) in Bezug auf ihre Wachstumsform generell in folgende drei Kategorien untergliedert werden:

1. Die angeheftete Klappe ist spiraling gedreht und größer als die freie Klappe, die freie Klappe ist kleiner und flach, leicht konvex gebogen oder deckelartig geformt. Ein Beispiel für diese Wuchsform ist *Requienia*.
2. Die angeheftete Klappe ist größer als die freie Klappe und konisch geformt. Sie kann hierbei auch leicht gebogen wachsen. Die kleinere, freie Klappe kann entweder eben, konisch, gedreht oder deckelförmig geformt sein. Diese Wuchsform wird durch beispielsweise durch die Gattung *Radiolites* repräsentiert.
3. Die angeheftete Klappe ist kleiner als die freie Klappe und konisch geformt oder leicht gebogen gewachsen. Die größere freie Klappe ist gedreht. Als Beispiel dient PERKINS hierfür *Sellaea* sp., eine Caprotinidae.

Die wichtigsten Kriterien zur Bestimmung und Klassifizierung von Rudisten sind jedoch die spezielle Ausbildung des pachydonten Schlosses, Bau und Lage der Muskelansatzstellen, sowie die Ausbildung spezifischer Merkmale wie Pallialkanäle, spezielle Hohlräume in den Klappen oder so genannte „Siphonalpfeiler“.

In der hier vorliegenden Arbeit werden bei der Beschreibung des Schlossapparates die Zähne und Zahngruben der untersuchten Rudisten nach der Formel von DECHASEAUX (1952) benannt.

In dieser Zahnformel ist definiert, dass bei Rudisten, die mit der linken Klappe (Requienidae) angeheftet sind, folgende Bezeichnungen für die insgesamt maximal drei Zähne und ihren jeweiligen Zahngruben in der Gegenklappe verwendet werden

Bei Rudisten, die mit der rechten Klappe angeheftet sind (alle anderen Familien außer Diceratidae, da bei diesen beide Varianten auftreten) ist diese Anordnung nach DECHASEAUX entsprechend komplementär

Zahnformel nach DECHASEAUX (1952)**Linke Klappe angeheftet****Zahngrube 1'**

= Grube für den vorderen Zahn

Zahn 2

= Mittiggelegener Zahn

Zahngrube 3'

= Grube für den hinteren Zahn

Rechte Klappe frei**Zahn 1**

= Vorderer Zahn

Zahngrube 2'

= Grube für den mittleren Zahn

Zahn 3

= Hinterer Zahn

Rechte Klappe angeheftet**Zahngrube 1'**

= Grube für den vorderen Zahn

Zahn 2

= Mittiggelegener Zahn

Zahngrube 3'

= Grube für den hinteren Zahn

Linke Klappe frei**Zahn 1**

= Vorderer Zahn

Zahngrube 2'

= Grube für den mittleren Zahn

Zahn 3

= Hinterer Zahn

Ältere Definitionen (Zahnformeln) früherer Bearbeiter wie beispielsweise von DOUVILLÉ weichen hiervon ab. Eine Übersicht hierüber gibt PERKINS (1969) in "Table E1".

Anzumerken ist, dass bei bestimmten Rudisten auch eine zusätzliche Verdickung, ähnlich einem vierten Zahn, auftreten kann. Diese hat jedoch für die Exemplare der vorliegenden Arbeit keine Relevanz und bleibt daher unberücksichtigt.

Im folgenden Text wird die Bezeichnung „Grube“ anstelle von „Zahngrube“ verwendet, wenn aus dem Kontext klar ersichtlich ist, dass es sich um eine solche handelt. Dies entspricht auch dem Begriff „socket“ der englischsprachigen Fachliteratur.

Die Bezeichnungen „linke Klappe“ (LV), „rechte Klappe“ (RV) basieren nach PERKINS (1969) bei den Familien der Hippuritacea auf einem Vergleich der Klappen mit denen der rezenten Chamidae. Der Begriff „angeheftete Klappe“ (AV) beziehungsweise „freie Klappe“ (FV) soll die Position der jeweiligen Klappe in Bezug auf die Lebensstellung des Rudisten angeben, ist aber irreführend, da nicht alle Rudisten angeheftet gelebt haben sondern wie beispielsweise *Ichthyosarcolites* lose auf dem Untergrund liegend (SKELTON, 1978, sowie weitere Autoren) oder möglicherweise als „Mudsticker“ (SEILACHER 1984; GOETZ, 2001) ohne echte Fixierung im schlammigen Untergrund.

Die Muskelansatzstellen der Schließmuskel (Adduktoren) werden von DOUVILLÉ bei der Gattung *Apricardia* und anderen Rudisten ab 1887 als „muscle antérieur“ (ma) und „muscle postérieur“ (mp) bezeichnet. KLINGHARDT (1928a,b) nennt bei den Radiolitiden sowohl Muskeleindrücke als auch Muskelstützen „ma“ und „mp“.

In der vorliegenden Arbeit werden diese Begriffe mit der Bezeichnung „Muskelansatzstellen für den vorderen beziehungsweise hinteren Schließmuskel“ vereinheitlicht und bei den Abbildungen aus Gründen der Übersicht die klassischen Abkürzungen „ma“ und „mp“ verwendet.

Myophoren sind nach der Definition von AMLER (2000) nur „pfeilerartige Plattformen“, auf denen sich die Ansatzstellen der Schließmuskeln befinden. Daher wird in dieser Arbeit der Begriff „Myophore“ nicht für die Leisten angewendet, auf denen die Schließmuskel bei der Gattung *Apricardia* angeheftet waren.

Das Ligament besteht bei allen Bivalven aus Conchiolin und aragonitischen Fasern (AMLER, 2000). Es ist daher im Regelfall bei den fossilen Rudisten nicht erhalten. Die ursprüngliche Lage ist jedoch durch eine Mulde oder eine Rinne gekennzeichnet. KLINGHARDT (1922) schreibt allerdings zu der Abbildung Fig. 6. auf Tafel XVII in seinem „Atlas...“ über den Rudisten *Colveraia variabilis* n. g, n. sp.: „...Das gelbliche Band ist dort...vorzüglich erhalten...“ und zu der Fig. 7 (gleiche Quelle): „...Das gelblich-bräunliche Ligament selbst ist versteinert erhalten...“. Bei älteren Rudistenfamilien wie den Diceratidae und Requiiniidae lag das Ligament noch außen, bei den jüngeren Familien wie beispielsweise den Hippuritidae verlagerte es sich in die Schale beziehungsweise bildete sich völlig zurück und ermöglichte so ein „Rund-um“-Wachstum dieser Rudisten.

Ein Prodissoconch ist bei keinem der untersuchten Exemplare aus dem Gebiet westlich von Ishtafina identifizierbar, so dass sich keine Informationen zu der Ontogenese während der Embryonal- und Larvalphase erschließen lassen und diese somit unberücksichtigt bleiben muss.

Die systematischen Bezeichnungen in dieser Arbeit folgen AMLER (2000) sowie DECHASEAUX (1969a,b). Die Beschreibung der Familien/Gattungen basiert, sofern nicht anders angeführt, auf den Ausführungen von DECHASEAUX & COOGAN, (1969a,b) sowie DECHASEAUX & PERKINS (1969a,b), Ergänzend ist anzumerken, dass SKELTON für die Benennung der Schlosszähne und weiterer morphologischer Kennzeichen eine eigene Nomenklatur benutzt, die sich aus den englischsprachigen Fachbegriffen ableitet wie beispielsweise ol = outer shell layer. In seiner aktuellen

Publikation von 2013 ist diese als Glossar (Anhang 1) beigefügt. Diese Nomenklatur wird zunehmend parallel in englischsprachigen Publikationen über Rudisten angewendet, beispielsweise von ÖZER und AHMAD (2015, 2016) oder STEUBER et al. (2016).

5.4.3 Systematik

Die nachfolgende Aufstellung gibt eine Übersicht über die bestimmbar Taxa der in dieser Arbeit untersuchten Rudisten:

Klasse: Bivalvia LINNÉ, 1758

Unterklasse: Heteroconchia HERTWIG, 1859

Superordnung: Heterodonta NEUMAYR 1883

Ordnung: Hippuritoida NEWELL, 1965

Superfamilie: Hippuritacea GRAY, 1848

Familie: Requieniidae, DOUVILLÉ 1914

Gattung: *Apricardia* GUÉRANGER 1853

Apricardia sp.

Familie: Caprinidae D'ORBIGNY 1850

Gattung: *Caprinula* D'ORBIGNY 1847

Caprinula boissyi D'ORBIGNY 1840

Caprinula sp.

Familie: Radiolitidae D'ORBIGNY 1847

Unterfamilie: Radiolitinae DOUVILLÉ 1908

Gattung: *Radiolites* LAMARCK 1801

Radiolitessp.

Unterfamilie: Sauvagesinae DOUVILLÉ 1908

Gattung: *Sauvagesia* CHOFFAT 1886

Sauvagesia sp.

Gattung: *Durania* DOUVILLÉ 1908

Durania sp.

Familie: Hippuritidae GRAY 1848

Gattung: *Hippurites* LAMARCK 1801

Hippurites sp.

Sie wird für die folgende taxonomische Beschreibung der Familien, Gattungen und Arten verkürzt angewendet.

5.5 Familie: Requieniidae DOUVILLÉ, 1914

Die Requieniidae zeichnen sich nach DECHASEAUX & PERKINS (1969a) durch ein auffälliges, ungleichförmiges Wachstum beider Klappen aus. Ein weiteres, wesentliches Merkmal besteht darin, dass die linke, „angeheftete“ Klappe ausnahmslos größer ist als die rechte, freie Klappe, die eine deckelförmige (operculiforme) Gestalt aufweist.

Das Schloss der Requieniidae ist ähnlich dem Schloss der Diceratidae ausgebildet. Es trägt in der linken Klappe einen gut ausgebildeten Zahn (Zahn 1) und bei einigen Gattungen eine weitere, zahnähnliche Verdickung (*Requienia*, *Matheronia*). Zwei Gruben (Zahngruben 1', 3') für die beiden Zähne der rechten Klappe, von denen der hintere Zahn grundsätzlich größer gewachsen ist als der vordere, sind ebenfalls ausgebildet. Die rechte Klappe mit den Zähnen 1, 3 und der Zahngrube 2' korrespondiert diesbezüglich äquivalent mit der linken Klappe.

Die Siphonalbänder sind auf der hinteren Seite der größeren Klappe zwar entwickelt, jedoch unterschiedlich gut erkennbar ausgeprägt.

Der vordere Schließmuskel war in der linken Klappe auf der inneren Klappenwand befestigt. In der rechten Klappe saß er auf einer Verlängerung der Schlossplatte oder, entsprechend der linken Klappe, ebenfalls an der Innenwand.

Der hintere Schließmuskel der linken Klappe war ebenfalls an der Innenwand befestigt oder er saß auf einer Art Leiste („myophorplate“), die sich bis unter die Schlossplatte erstreckte. In der rechten Klappe war er ausnahmslos auf einer speziellen Platte angeheftet, die eine unterschiedliche Form aufweist.

Die Requieniidae werden von den anderen Familien nach morphologischen Kriterien der Klappen abgegrenzt. So haben sie zwar einerseits ein den Diceratidae ähnliches Schloss ausgebildet, unterscheiden sich jedoch von ihnen durch die Lage der Myophore des hinteren Adduktors der rechten Klappe sowie durch die Ausprägung neuer Eigenschaften wie Siphonalbänder oder akzessorische Höhlen, die sich wiederum in jüngeren Familien (Radiolitidae für erstere, Caprotinidae für letztere) charakteristisch weiter entwickelten.

Die Gattungen der Requieniidae werden untereinander nach der Größe der Zähne sowie nach der Form und dem Sitz des hinteren Schließmuskelansatzes unterschieden.

Die Requiiniidae sind ab dem oberen Jura (Tithonium) bekannt und reichen stratigraphisch bis in die Oberkreide (Maastrichtium). Nach COOGAN (1969, Abb. E234) erreicht diese Familie ihre maximale Verbreitung im Cenoman. Allerdings beschreibt STEUBER (2000) für die Region des Nahen Ostens (relevant für die vorliegende Arbeit!) das Maximum im Albium.

Unter den Requiiniden sind die Gattungen *Requienia* und *Toucasia* (Abb. 5-35) typische Faziesfossilien der markanten „Urgonfazies“.

Der Lebensraum der Requiiniidae war nach heutigem Kenntnisstand auf ein flachmarines Milieu der Tethysregion begrenzt.



Abb. 5-35. *Toucasia carinata*, typische Faziesfossil der Urgonfazies. Exemplar Südfrankreich (Smlg. IfGeo, Univ. Hamburg).

Die im Folgenden aufgeführte Gattung *Apricardia* resultiert aus der Bestimmung des vorliegenden Materials aus verschiedenen Aufschlüssen westlich von Ishtafina, wie in der Beschreibung angeführt. Bei weiteren Funden, die aus dem Rudistenhorizont 3 stammen, zeigt sich auf Grund der äußeren Morphologie der Fragmente lediglich eine Zugehörigkeit zu der Gruppe der requiiniden Rudisten. Sie können jedoch keiner Gattung sicher zugeordnet werden.

5.5.1 Gattung: *Apricardia* GUÉRANGER, 1853

Typusart: *Apricardia carinata* GUÉRANGER 1853

Der Gattungsname *Apricardia* leitet sich von den lateinischen Worten *apri* = Wildschwein und *cardia* = Herz ab und spiegelt das Hauptmerkmal, den an einen Wildschweinzahn erinnernden Hauptzahn, sowie die systematische Zuordnung zu den „Herzmuscheln = Cardiiden) wider (GUÉRANGER hatte *Apricardia* bei den *Cardiidae* LAMARCK 1809 zwischen *Cardium* und *Isocardia* plaziert.)

Die Gattung *Apricardia* wurde zwar 1853 von GUÉRANGER in seinem « Essai d'un répertoire paléontologique du département de la Sarthe » neu aufgestellt, jedoch erst später (1867) in seinem »Album paléontologique de la Sarthe « erstmals abgebildet. Das wesentliche Merkmal bildete ein sehr langer gebogener Zahn, der über den Rand der freien („rechten“, nach DOUVILLÉ, 1887) Klappe hinausragt und ihn nach Form und Position innerhalb der Klappe an den Stoßzahn eines Wildschweines erinnerte. Das Schloss der linken Klappe war laut DOUVILLÉ (1887) unbekannt, und auch 1965 schrieben DECHASEAUX & PERKINS noch im „Treatise on Invertebrate Paleontology“ über die Gattung *Apricardia* GUÉRANGER 1853: „...AV hinge unknown...“.

Das zuvor genannte typische Merkmal, ein markanter Zahn in der freien Klappe, dessen Lage von DECHASEAUX (1952) und DECHASEAUX & PERKINS (1965a) als „...posterior...“ beschrieben wurde, ergänzte bereits DOUVILLÉ 1887 (S. 763-766; Tafel XXXVIII, Abb. 3,4) um ein weiteres charakteristisches Merkmal. Es handelt sich um eine hervorstehende Leiste auf der hinteren, inneren Schalenwand der rechten Klappe, an welcher der hintere Schließmuskel (mp) angeheftet ist und die baugleich mit einer korrespondierenden Leiste bei *Diceras* ist. DECHASEAUX (1952) und DECHASEAUX & PERKINS (1965a) präzisieren dieses Merkmal. Diesen Autoren zufolge sitzt bei beiden Klappen der Ansatz des hinteren Schließmuskels auf Leisten, die unter die Kardinalplattform reichen, wobei die Leiste der freien Klappe klein ist und schräg zur Oberfläche der Klappe in Richtung Wirbel verläuft (Abb.5-36, links und mittig). Hierdurch unterscheidet sich der innere Bau deutlich von dem der *Toucasia* (Abb. 5-36, rechts).

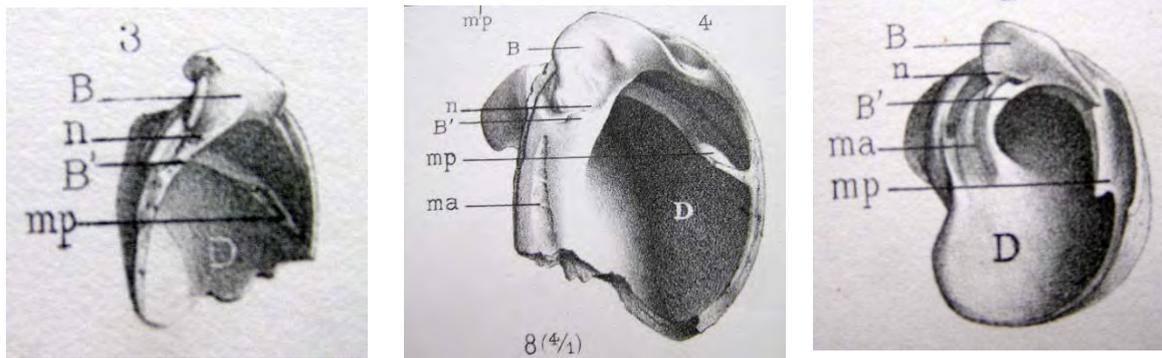


Abb. 5-36. Der innere Bau der rechten Klappen von *Apricardia carinata* (links), *A. archiaci* (Mitte) und *Toucasia carinata* (rechts) zeigen eine ähnliche Konstruktion des Schlosses, jedoch typische Unterschiede bei den hinteren Muskelansatzstellen mp (siehe Text). Weitere Bezeichnungen kennzeichnen die vorderen Muskelansatzstellen (ma), Zähne (B, B'), Zahngruben (n). Leicht verändert nach DOUVILLÉ (1887).

Die äußere Form der Klappen von *Apricardia* entspricht nach DECHASEAUX & PERKINS (1965) der Gestalt des äußeren Gehäuses von *Toucasia*, daher ist eine Bestimmung der Gattung ausschließlich nach diesem Kriterium kritisch.

Die systematische Zuordnung der Gattung *Apricardia* war lange umstritten. So stellte sie KUTASSY (1934) beispielsweise mit der Gattung *Diceras* zusammen in die Familie der Diceratidae und diese mit fünf weiteren Familien in die Superfamilie der Chamaceae. Erst DECHASEAUX (1952) sowie DECHASEAUX & PERKINS (1965a) ordneten sie taxonomisch in die Familie der Requieniidae DOUVILLÉ 1914 ein.

Die stratigraphische Reichweite der Gattung *Apricardia* wurde bislang von Cenoman bis in das Senon eingestuft, die äußerlich baugleiche *Toucasia* von Barreme bis in das Cenoman, so dass sich eine Überschneidung beider Typen während des Cenoman und somit eine Verwechslungsgefahr ergibt. Jedoch endet die Gattung *Toucasia* aktuell bei STEUBER et al. (2016) in ihrer Abbildung Fig. 1 an der Grenze Alb/Cenoman, und hieraus ergäbe sich eine Vereinfachung bei der Bestimmung der beiden Gattungen bezüglich ihres Vorkommens/Fehlens in der Oberkreide. Ob es sich um eine neue Erkenntnis seitens STEUBER et al. (2016) handelt, konnte nicht geklärt werden, denn eine diesbezügliche Anfrage bei zwei der Autoren (STEUBER, SKELTON) blieb bis dato unbeantwortet. Weitere eigene Recherchen zu dieser Fragestellung haben keine Ergebnisse erzielt, so dass ein Darstellungsfehler seitens der Autoren nicht auszuschließen ist. Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Arbeit der konventionelle Wissensstand zugrunde gelegt, nach dem eine Überschneidung beider Gattungen möglich ist.

5.5.1.1 *Apricardia* sp.

(Tafel 1, Abb. 1-8)

Fundlokalität: Rudistenhorizont 6, Aufschlusspunkt 7

Rudistenhorizont 7, Aufschlusspunkte 8-11, 35, 41

Rudistenhorizont 10, Aufschlusspunkte 1, 14, 15

Stratigraphische Position: Turon

Umfang: 10 Exemplare sowie photographische Dokumentation im Gelände

Beschreibung

Die untersuchten Exemplare stammen aus den Rudistenhorizonten 7 und 10 (Aufschlusspunkte 41, 15) und sind repräsentativ für weitere silifizierete *Apricardia*-Gehäusefragmente, die herausgewittert oder als Lesesteine an den oben genannten Aufschlusspunkten vorgefunden wurden. In einem ehemaligen Steinbruch unterhalb der Straße Ishtafina - Halawa (Aufschlusspunkt 7) konnten zudem im Anstehenden Querschnitte von *Apricardia* sp. identifiziert werden (Rudistenhorizont 6, Abb. 5-19, 5-20), desgleichen in den Aufschlüssen 1, 14 und 15 im Rudistenhorizont 10.

Zwei bereits 1996 von BANDEL & MUSTAFA beschriebene *Apricardia*-Exemplare, die aus einem kleinen Steinbruch zwischen Ishtafina und der Burgruine Khallat-Ar-Rabad stammten und dem Genotyp *Apricardia carinata* GUÉRANGER sehr ähnlich sahen, wurden von den Autoren wie folgt diagnostiziert: ...“ The coiled valves of *Apricardia* differ from each other in size and shape. The attached left valve is the larger one (maximum diameter about 3 cm) and forms a coil of about half a whorl. The right, free valve forms less than half a whorl and is flatter than the left valve (2 cm maximum diameter). The hinge resembles that of *Diceras*. A single tooth along with a tooth like thickening behind the posterior socket is present in the left valve and the right valve has two teeth. The hinge plate is massive and projects from the valve margin. The insertion of the posterior muscle lies on a plate that passes below the cardinal platform...”

Diese Merkmale treffen auch auf die hier untersuchten 10 Exemplare zu.

Die weiteren zahlreichen Schalenfragmente, die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung geborgen wurden, weisen nur einzelne Merkmale der Gattung *Apricardia* auf. Sie sind meist schlecht erhalten und bleiben daher unberücksichtigt.

Diskussion

Ein Vorkommen von *Apricardia* sp. in Jordanien wurde durch BANDEL & MUSTAFA (1996) erstmalig beschrieben, ihre beiden Exemplare stammen aus einer Schill-Lage rund 15 Meter über dem Rabad Rudist Member nahe dem Aufschlusspunkt 4. Die beiden Autoren verglichen *Apricardia* sp. mit *Diceras noetlingi* BLANCKENHORN 1890 aus dem Libanon und sie konnten bezüglich der ursprünglichen Beschreibung von BLANCKENHORN (1890) eine gute Übereinstimmung der beschriebenen Merkmale von *Apricardia* sp. und *Diceras noetlingi* feststellen. Anhand der Abbildung der rechten Klappe von *Diceras noetlingi*, die BLANCKENHORN 1934 veröffentlichte, erkannten sie allerdings, dass sich ihre Exemplare deutlich hiervon unterscheiden, da sich bei *Diceras noetlingi* die Leiste für den hinteren Schließmuskelansatz („Myophore“) nicht bis unter den Wirbel fortsetzt. Entsprechende Unterschiede wurden ebenfalls bei den untersuchten Exemplaren festgestellt. Da jedoch die Exemplare von BANDEL & MUSTAFA (1996) verschollen sind, kann ein unmittelbarer Vergleich mit den hier beschriebenen Exemplaren nicht vorgenommen werden.

ÖZER & AHMAD (2015) beschreiben ein gehäuftes Vorkommen der rechten Klappe von *Apricardia* sp. in dem Rabad Rudist Member (Rudistenhorizont 3), der von ihnen als „Caprinid lithosome“ bezeichnet wird und stellen fest: „... that are small with strongly inclined beak...The cardinal apparatus and other internal features cannot be observed, so we determined as *Apricardia* sp. However, our specimens may be correlated because of their small size when compared to *Apricardia douvelli* PÉRON (1889)...“. Abgesehen davon, dass das in der Publikation (S. 129, Abb.10C) abgebildete Stück m. E. stratigraphisch nicht in den Rabad Rudist Member gehört, sondern dem Rudistenhorizont 7 zugeordnet werden muss, ist die Bestimmung völlig unzureichend, da die Gattung *Apricardia* nach DECHASEAUX & PERKINS (1969a, S. N780) die gleichen äußeren Merkmale wie die Gattung *Toucasia* aufweist und daher ohne Kenntnis über den Schlossbau und die Lage der Schließmuskelansatzstellen nicht eindeutig identifiziert werden kann. Das Vorkommen von cf. *Toucasia matheroni* in cenomanen Schichten Südjordaniens

(BERNDT, 2002) verstärkt die Problematik dieser Bestimmung, da die „*Apricardia* sp.“-Exemplare von ÖZER & AHMAD (2015, 2016) ebenfalls aus cenomanen Schichten stammen sollen. Allerdings sollte geprüft werden, ob es sich bei den Exemplaren von BERNDT tatsächlich um die Gattung *Toucasia* handelt, denn nach STEUBER et al. (2016) lösen sich beide Gattungen an der Alb-Cenomangrenze ab. In der gängigen Fachliteratur reicht jedoch die Gattung *Toucasia* bislang bis in das Cenoman und überlappt sich somit in ihrer stratigraphischen Reichweite mit *Apricardia*. Anzumerken ist ferner, dass ein geringer Größenwuchs als Vergleichsparameter ein problematisches Kriterium zur Bestimmung einer Art ist, da dieser häufig von vorhandenen Modalitäten der Umgebung abhängt. Ungeklärt ist auch bei *Apricardia* (und allen anderen Rudistengattungen), ob die Größe innerhalb einer Art geschlechtsspezifisch variieren kann, so wie es KLINGHARDT (1922, S. 59) bei fossilen Chamen und Hippuriten für wahrscheinlich hielt.

Apricardia sp. war häufig auf Schalenfragmenten übereinander gewachsen, äquivalent den Anhäufungen in einem rezenten Austernbioherm. Daher wird es für unwahrscheinlich angesehen, dass sie (trotz vergleichbarer Gehäuseform) wie die jurassischen Diceraten im Schlamm steckend lebte.

Abdrücke kleiner, Requieriden-förmiger Rudisten sind sehr vereinzelt auf *Caprinula*-Steinkernen im Rudistenhorizont 3 erkennbar. Diese können nicht der Gattung *Apricardia* zugeordnet werden, da die für die Bestimmung relevanten Merkmale fehlen.

BANDEL & MUSTAFA (1996) haben *Apricardia* zusammen mit einem *Durania*-ähnlichen und einem schmalwüchsigen Rudisten in dem untersuchten Gebiet vorgefunden. Diese Faunenassoziation lässt den Schluss zu, dass es sich um Funde aus dem Rudistenhorizont 7 handelt, da nur dieser Horizont aus einer entsprechenden Rudistenmischfauna besteht.

Im Rudistenhorizont 7 sind am Aufschlusspunkt 41 diverse Klappen von Apricardien unmittelbar auf *Radiolites*-Klappen angeheftet. Vergleichbar finden sich vereinzelt typische Abdrücke auf *Hippurites*-Klappen aus dem Rudistenhorizont 10 am Aufschlusspunkt 15, die höchstwahrscheinlich von *Apricardia* sp. stammen. Sie sind demzufolge auch als unmittelbare Begleitfauna unterschiedlicher Rudistengattungen einzustufen.

5.6 Familie: Caprinidae D'ORBIGNY 1850

Nach DECHASEAUX & PERKINS (1969b) ist ein typisches Merkmal aller Rudisten aus der Familie der Caprinidae ein ungleichförmiger Schalenbau. Die Klappen können hierbei jeweils langgestreckt, gekrümmt oder gedreht geformt sein und eine unterschiedliche oder gleiche Länge aufweisen. Einige Arten erreichten eine beträchtliche Gesamtgröße, beispielsweise *Titanosarcolites giganteus* WHITFIELD mit einer Länge von über zwei Metern und einem Durchmesser von mehr als dreißig Zentimetern an der Kommissur (CHUBB, 1971, S. 178). Die Schale wurde von einer äußeren dünnen, kalzitischen und einer dicken inneren aragonitischen Schicht gebildet (BANDEL & MUSTAFA, 1996).

Alle Caprinidae zeigen in den Schalenwänden einer oder beider Klappen meist parallel verlaufende Kanäle (Pallialkanäle). Auffällige akzessorische Hohlräume sind bei den meisten Gattungen ein zusätzliches Merkmal, so dass im Querschnitt entlang der Kommissur der Wohnraum, Hohlräume, Zahngruben und Pallialkanäle unterschieden werden können. In den Hohlräumen sind teilweise Querböden vorhanden, und einige wurden bei fortschreitendem Wachstum wieder mit Schalenmaterial verschlossen.

Die beiden Zähne der linken Klappe und der Zahn der rechten Klappe sowie die ihnen entsprechenden Zahngruben waren der Größe der Klappen entsprechend entwickelt.

Die beiden Schließmuskeln waren direkt auf der Innenseite der Schalenwand angeheftet oder durch eine akzessorische Höhlung von der Wand separiert und auf einer Leiste befestigt. Alternativ konnte der hintere Muskeleindruck der freien Klappe auf einer hervorstehenden Myophore liegen, die sich bei geschlossenen Klappen in eine Grube der rechten Klappe einfügte. Die Caprinidae lebten laut DECHASEAUX & PERKINS (1969b) mit der rechten Klappe angeheftet, nach BANDEL & MUSTAFA (1996) war dies jedoch nicht zwangsläufig der Fall (...*Caprinula*..., „may be attached“).

Die Gattungen werden hauptsächlich durch die Form und Lage der Pallialkanäle sowie das Vorhandensein beziehungsweise die Form der akzessorischen Hohlräume unterschieden. DECHASEAUX & PERKINS (1969b) betonen, dass diese Merkmale jedoch im Querschnitt abhängig von der Lage des Schnittes zur Kommissur schon innerhalb einer Klappe sehr unterschiedlich aussehen können. Hierauf verwies bereits DOUVILLÉ (1888) und veranschaulichte dies auf den Tafeln XXII und XXIII durch die Abbildung zahlreicher Querschnitts-Varianten.

DECHASEAUX hatte ursprünglich für den entsprechenden Abschnitt im „Treatise on Invertebrate Paleontology“, eine Gliederung der Caprinidae-Gattungen in vier unkonventionelle Gruppen vorgenommen. Diese Unterteilung wurde jedoch von MOORE (Ed.) und PERKINS (1969) abgelehnt und alle Gattungen der Caprinidae, von denen nur *Caprinula* in der vorliegenden Arbeit relevant ist, alphabetisch angeordnet.

BANDEL & MUSTAFA (1996) differenzieren die Caprinidae in die beiden Unterfamilien Caprininae D'ORBIGNY 1850 und Plagioptychinae DOUVILLÉ 1910.

In der jüngeren Literatur stellt SKELTON (2013) in seinem neuen Klassifizierungsmodell die Caprinidae D'ORBIGNY 1847 zusammen mit den Familien Ichthyosarcolitidae DOUVILLÉ 1887, Antilocaprinidae MAC GILLAVRY 1937 und Caprinuloideidae DAMESTOY 1971 in die Überfamilie Caprinoidea D'ORBIGNY 1847 (Fig.1). Mehrere Gattungen, darunter *Caprinula* D'ORBIGNY 1847, werden jedoch in dieser Klassifizierung nicht mehr in die Familie der Caprinidae D'ORBIGNY 1847 gestellt, sondern als Caprinulidae YANIN 1990 eingestuft. Diese Gliederung wird von SKELTON „...proposed for the revised Bivalvia volumes of the Treatise on Invertebrate Paleontology“ und von STEUBER et al. (2016, Fig. 2) übernommen.

In der hier vorliegenden Arbeit wird die Gliederung nach dem „Treatise on Invertebrate Paleontology“ vorgenommen, die seit 1969 als vollständiges Werk vorliegt. Sie sollte gegebenenfalls nach endgültiger Revision des entsprechenden „Treatise...“ -Bandes aktualisiert werden.

Die Caprinidae sind vom Valagin bis in das Maastricht nachgewiesen, das Maximum ihrer Verbreitung erreichten sie während des gesamten Cenoman. Ihre Entwicklungsgeschichte wird von BANDEL & MUSTAFA (1996) wie folgt dargestellt: „...The evolution from Albian to Cenomanian *Caprinula* to Maastrichtian *Antilocaprina* and *Titanosarcolites* includes the tendency to increase the number of canals and the number of accessory cavities in the valve interior. This tendency is also noted to occur during the ontogeny of the shell of *Caprinula* sp. While canals in young individuals are simple, in older specimens of *Caprinula* they are rather complex. *Antilocaprina* TRECHMANN, 1924 and *Titanosarcolites* TRECHMANN, 1924 differ from *Caprinula* by tubular structures that have invaded the myophores and hinge teeth and by the absence of an external ligament groove (CHUBB, 1971). In the large *Titanosarcolites* canals fill most of the valve interior (CHUBB, 1971). *Titanosarcolites giganteus* with up to 2 m in shell length and 30 cm in shell width represents the extreme of this development.”.

5.6.1 Gattung: *Caprinula* D'ORBIGNY 1847

Typusart: „genus without nominal species“, D'ORBIGNY 1847

Caprina boissyi D'ORBIGNY 1850 (siehe auch DECHASEUX & PERKINS, 1969b)

BANDEL & MUSTAFA stellen 1996 in ihrer Beschreibung die Gattung *Caprinula* D'ORBIGNY 1847 in die Unterfamilie der Caprininae D'ORBIGNY 1840 mit der Typusart *Caprina boissyi* D'ORBIGNY, 1850, STEUBER et al. (2016) ordnen sie aktuell in die Caprinulidae (siehe oben).

Bei der Gattung *Caprinula* ist in der Regel die rechte Klappe konisch und länglich geformt und die linke, ebenfalls konische Klappe, locker aufgerollt. In beiden Klappen sind akzessorische Hohlräume vorhanden, die durch dünne senkrechte Septen und Zahngruben sowie durch Pallialkanäle voneinander getrennt sind. Nach BANDEL & MUSTAFA (1996) sind „...smaller outer polygonal and inner larger pyriform series...“ bei den Pallialkanälen erkennbar, zudem „...A single tooth of quadrilateral cross section is present in the right valve, and two teeth are found in the left valve, of which the anterior is the larger.“

Dies unterscheidet sie von der Gattung *Caprina*, welche nur in der freien Klappe Pallialkanäle aufweist.

Das Ligament ist in die Schale eingefaltet, zwischen den Zähnen gelegen und bildet ein massives Band, welches beide langgestreckten Klappen elastisch auseinander drückt und zum Klaffen bringt (BANDEL und MUSTAFA, 1996).

Beide Schließmuskelansätze können bei dieser Gattung in der rechten und in der linken Klappe entweder auf der Schalenwand liegen oder auf einer Platte, die durch einen akzessorischen Hohlraum von der Klappenwand getrennt ist. In der freien linken Klappe kann der hintere Muskeleindruck alternativ auf einer hervorstehenden Verdickung (Myophore) liegen. Diese Varianten der Muskelansatzstellen entsprechen ebenfalls denen der Gattung *Caprina* und sind daher keine Gattungsmerkmale, jedoch generell für die Bestimmung relevant.

Die Gattung *Caprinula* setzte stratigraphisch im Apt ein und reichte bis in das Turon.

5.6.1.1 *Caprinula boissyi* D'ORBIGNY 1840 [Caprina]

(Tafel 2, Abb.5-8)

Typusart: *Caprina boissyi* D'ORBIGNY, 1850)

Synonymieliste: siehe Steuber, 2002

Fundlokalität: Rudistenhorizont 3, Aufschlusspunkte 16, 18, 19, 28-33

Stratigraphische Position: Cenoman

Umfang: 7 Exemplare sowie photographische Dokumentation im Gelände

Beschreibung:

Caprinula boissyi prägt in allen aufgeschlossenen Vorkommen des Rabad Rudist Member erheblich die fossilen Riffgemeinschaften und fällt durch eine große Formenvielfalt beider Klappen auf. Die zahlreichen silifizierten Steinkerne und Schalenreste von *C. boissyi* sind im anstehenden Gesteinsverbund meist nur schwach erkennbar, freigewittert liegen sie jedoch großflächig an mehreren Lokalitäten westlich von Ishtafina auffällig verstreut (GERHARD, 2008). Gesteinsbrocken, die vor Ort als Mauern zum Schutz der Felder verarbeitet wurden, zeigen ebenfalls häufig *C. boissyi*.

Die Schale von *C. boissyi* besteht aus zwei zumeist fast gleich großen konischen Klappen, die in ihrer Gestalt stark variieren können und gerade, gekrümmte oder eingerollte Formen ausgebildet haben. Die obere Klappe ist überwiegend locker spiralig gewunden, während die untere Klappe meist langgestreckt geformt ist. Die Länge der Klappensteinkerne liegt häufig zwischen 8-10 cm, der Durchmesser bei 5-6 cm. Bei einem Exemplar beträgt die Länge einer Klappe über 20 cm, die zweite Klappe ist jedoch nur rudimentär erhalten und daher nicht exakt messbar. Die ursprüngliche Schale ist durch diagenetische Vorgänge zumeist gelöst worden, ihr Ausgangsmaterial (Kalzit/Aragonit) nicht mehr erkennbar. Die Steinkerne von *Caprinula boissyi* sind meist zweiklappig, aber in der Regel unvollständig erhalten und oft abgerollt. Sie bilden häufig jedoch sowohl die Hohlräume als auch die Kanäle in den Schalen beider Klappen ab.

Mögliche Anheftstellen zur Fixierung am Untergrund wie auch das von KLINGHARDT (1922, S. 9) beschriebene Widerlager sind bei den Exemplaren nicht erkennbar.

Auffällig ist jedoch die Differenzierung des inneren Hohlraumes in eine Wohnhöhle und akzessorische Höhlen, die voneinander durch dünne Septen getrennt werden. Zudem waren die Schalenwände von zahlreichen (Pallial-) Kanälen durchzogen, deren Durchmesser und Länge von innen nach außen abnehmen. Im Querschnitt ist diese Aufteilung deutlich erkennbar. (Tafel 1, Abb.7) Das Schloss von *C. boissy* besteht in der rechten Klappe aus einem Zahn, der vor der Ligamentgrube liegt sowie zwei unterschiedlich großen Zahngruben dahinter. Das Schloss der linken Klappe ist komplementär gebaut, wobei der hintere Zahn (Zahn 3) kräftiger entwickelt ist als der vordere Zahn (Zahn 1).

Die Schließmuskelansätze sind aufgrund der komplexen Schalenstruktur bei beiden Klappen in der vorliegenden Erhaltungsform schwer erkennbar.

Die bekannten Wuchsformen der Klappen bieten die Möglichkeit, innerhalb dieser Art eine Typisierung vorzunehmen. Daher wird folgende Gliederung vorgeschlagen:

Typ	Beschreibung
A:	eine Klappe gerade, eine Klappe eingerollt
B:	eine Klappe gerade, eine Klappe gekrümmt
C:	beide Klappen gekrümmt
D:	nicht differenzierbar

Im Rabad Rudist Member überwiegt der Typ D, daneben Typ C. Typ A und B sind minder häufig vorhanden.

Differentialdiagnose:

Die bei Ishtafina vorkommende Art *Caprinula boissy* entspricht mit ihren spezifischen Merkmalen neben den von DOUVILLÉ (1887) beschriebenen und skizzierten Charakteristika im Wesentlichen auch dem im „Treatise on Invertebrate Fossils“ abgebildeten Querschnitt von *C. boissy*.

Caprinula cedrorum BLANCKENHORN ist bei DOUVILLÉ (1910, S.64, Fig 59 und 65, Fig. 60-61) im Querschnitt skizziert und die obere Klappe auf Tafel 6 (Fig.1) abgebildet. Aus der Beschreibung und diesen Darstellungen geht hervor, dass diese im inneren Bereich deutlich simpler unterteilt war als *C. boissy*.

Diskussion:

Caprinula boissy ist ein wesentlicher Bestandteil des „Rabad Rudist Member“ (Rudistenhorizont 3) und fällt durch die Häufigkeit ihrer silifizierten Steinkerne im Gelände auf. Ihr Vorkommen wurde erstmals 1996 von BANDEL & MUSTAFA im Rahmen einer funktionsmorphologischen Studie beschrieben. Auf diese Veröffentlichung wird bezüglich einer weiteren detaillierten Beschreibung verwiesen. Die Formenvielfalt der Klappen, die bereits von den beiden Autoren beschrieben wurde, hat sich erneut bestätigt.

C. boissy kommt im Rudistenhorizont 3 (Rabad Rudist Member) vor und ist häufig mit Sauvagesien, aber auch mit weiterer Invertebratenfauna wie Seeigel, Korallen, andere Bivalven sowie Gastropoden vergesellschaftet, wobei sie eine gesteinsbildende Häufigkeit erreichen kann. *C. boissy* lebte epibenthisch. Hinweise darauf, dass sie möglicherweise - entsprechend der Merkmale der Caprinidae - mit der rechten Klappe am Untergrund (punktuell?) befestigt war, konnten bei keiner der untersuchten Klappen festgestellt werden.

Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen stimmen bezüglich der artspezifischen Merkmale mit der Beschreibung von BANDEL & MUSTAFA (1996) überein.

Auffällig ist die Häufigkeit zweiklappiger, unvollständiger Exemplare, die auf einen raschen Einbettungsvorgang schließen lassen, der das postmortale Auseinanderfallen verhinderte. Eine plausible Erklärung für das gleichzeitige Auftreten dieser beiden Parameter sind Sturmereignisse wie aus dem oberen Cenomans Zentral- und Südjordaniens beispielsweise von BANDEL & ELIAS (2013) beschrieben wurde: „...Layers with conglomeratic structure largely composed of reworked fossils are characteristic perhaps equivalent to „Wala Limestone...“.

Zu den Funden von *Caprinula cedrorum* aus untersuchten Gebiet, die von ÖZER & AHMAD beschrieben wurden, ist folgendes anzumerken: BLANCKENHORN(1934) beschrieb *C. Cedrorum* 1890 aus dem Libanon als *Hippurites cedrorum* n. sp. mit 70 bis 100 dicht stehenden Rippen „...scharf dachförmig, höher als breit.“, bei der sich nach oben hin neue Rippen einschieben. Weiterhin merkt er an: „...An der eingekrümmten Seite der Schale zeigen sich hippuritenartige Einfaltungen, die bei der schlechten Erhaltung allerdings nur undeutlich hervortreten.“. Der Umriss sollte im Allgemeinen dem von *Hippurites cornuvaccinum* entsprechen. In beiden Publikationen ist keine Abbildung von *C. cedrorum* vorhanden, aber in Letzerer wird DOUVILLÉ, 1910, angeführt (siehe oben). Auf dieser Abbildung unterscheidet sich *C.*

cedrorum deutlich von *C. boissyi* durch den abweichenden inneren Aufbau, der auch nicht durch die variable Schalenform erklärbar ist. Allerdings diskutieren BANDEL & MUSTAFA (1996) die Möglichkeit, dass es sich um ein juveniles Stadium von *C. boissyi* handeln könne. Die in der Arbeit von ÖZER & AHMAD abgebildeten Exemplare lassen keine eindeutige Bestimmung als *C. cedrorum* zu, da diese von Form und Querschnitt auch *C. boissyi* zugeordnet werden können. Bereits DOUVILLÉ (1887) warnte vor großen Verwechslungsmöglichkeiten bei der Artenbestimmung mittels Querschnitten von *Caprinula*-Klappen, da diese je nach Abstand zur Kommissurebene stark verändert aussehen.

Die bisher beschriebenen Vorkommen von *Caprinula boissyi* in Nordjordanien werden von BANDEL & MUSTAFA (1996) BANDEL & SALAMEH (2013), GERHARD (2008) sowie ÖZER & AHMAD (2015, 2016) stratigraphisch in das Cenoman gestellt. Zuvor ordnete MOH'D (1985) seinen „Lower Rudistic Limestone“, der dem Rabad Rudist Member entspricht, in die Wadi Sir Limestone Formation ein und stellte diese Bank und somit *C. boissyi* stratigraphisch in das Turon. *C. boissyi* ist in der Literatur aus beiden stratigraphischen Niveaus bekannt, so dass anhand ihres Vorkommens diese Frage nicht eindeutig geklärt werden kann. Vergleichbare Faunengemeinschaften sind jedoch beispielsweise aus dem oberen Cenoman Italiens (CESTARI & SARTORIO, 1995) bekannt.

DOUVILLÉ (1888) wies bereits auf ein insgesamt sehr breites Formenspektrum der Schalenmorphologie bei *Caprinula boissyi* hin, welches auch für die jordanischen Exemplare zutrifft (BANDEL & MUSTAFA, 1996). Eine Differenzierung in mehrere Arten von *Caprina* und *Caprinula* wie von Özer & AHMAD (2016) für Funde aus dem gleichen Gebiet Nordjordaniens vorgenommen wurde, ist kritisch und kann auch mit dem 2015/2016 veröffentlichten Material der beiden Autoren nicht nachvollzogen werden.

Bei den erkennbaren Wuchsformen der Klappen überwiegt der Typ D (beide Klappen gekrümmt), was dahingehend interpretiert wird, dass sie zumeist nicht als Mudsticker gelebt haben.

Anzumerken ist, dass im Gegensatz zu den hier untersuchten Exemplaren, bei denen sehr häufig beide Klappen noch an der Kommissur zusammenhängend vorkommen, nach DECHASEUX bei historischen Stücken von *C. cedrorum* zumeist nur die linken Klappe vorliegt.

5.6.1.2 *Caprinula* sp.

(Tafel 2, Abb.1-4)

Fundlokalität: Rudistenhorizont 0, Aufschlusspunkt 0

Rudistenhorizont 1, Aufschlusspunkte 23, 43

Rudistenhorizont 2, Aufschlusspunkt 25

Rudistenhorizont 3, Aufschlusspunkte 16, 18, 19, 28-33

Stratigraphische Position: Cenoman

Umfang: 10 Exemplare sowie photographische Dokumentation im Gelände

Beschreibung

In den Rudistenhorizonten 0, 1 und 2 zeigen sich grob fragmentierte, nicht näher bestimmbare Schalenfragmente caprinider Rudisten, die vor dem Einsetzen des RRM vorhanden sind und ebenso in dem Rudistenhorizont 3 (Rabad Rudist Member) vorkommen. Sie sind *C. boissyi* ähnlich, zeigen jedoch keine eindeutigen artspezifischen Merkmale. Meist sind lediglich Strukturen der Pallialkanäle (Abb 5-5 und 5-6) oder netzartige Strukturen (Abb 5-8) erkennbar. Bergungsversuche aus dem anstehenden Gestein erbrachten kein für eine weitergehende Bestimmung brauchbares Material, so dass die Frage, ob es sich ebenfalls um *Caprinula boissyi* handelt, nicht abschließend geklärt werden kann.

5.7 Familie Radiolitidae Gray 1848

Die Radiolitidae Gray 1848 zeigen nach DECHASEAUX & COOGAN (1969a) einen ungleichklappigen Schalenbau. Die angeheftete (rechte) Klappe ist konisch geformt, nicht gefurcht und zeigt zwei typische, über die Länge verlaufende Strukturen, die Siphonalbänder. Diese können eben liegen, konvav gebogen oder konvex geformt sein und werden durch das Zwischenband separiert. Bänder und Zwischenband unterscheiden sich von dem Aufbau der restlichen Klappenwand neben der Form durch eine abweichende Skulptur. Bei den Radiolitidae sind in der rechten Klappe keine Pfeilerstrukturen wie bei den Hippuritidae vorhanden, aber es kommen bei einigen Arten innerhalb der Schalenwand längliche Strukturen vor, die als „Pseudopfeiler“ bezeichnet werden.

Die angeheftete Klappe ist im Wesentlichen typisch zellig-prismatisch aufgebaut, wobei die Hohlprismen im Grundriss rechteckig oder polygonal geformt sind und kästchenartig übereinander gestapelt erscheinen. Die freie Klappe ist im zentralen Bereich verdickt gewachsen und dünnt zu den Rändern hin aus.

Es gibt in der freien Klappe zwei länglich geformte Zähne, die tief in die entsprechenden Gruben der angehefteten Klappe reichen. Das Schloss dieser Klappe ist oft auf diese Gruben reduziert, oder ein Zahn ist ausgebildet. In einigen Gattungen sind Osculi vorhanden, die über den „Pseudopfeilern“ liegen.

Ein Ligamentrücken ist nicht bei allen Gattungen/Arten vorhanden.

Die Schließmuskeln sind in der rechten Klappe an der Wand angeheftet, in der linken Klappe sind sie meist an Muskelansatzleisten (Myophoren) befestigt.

Bei vielen Gattungen zeigen sich akzessorische Hohlräume außerhalb des Schlossbereiches.

Die charakteristischen Hauptmerkmale der Radiolitidae wie Siphonalbänder und ihre Skulptur, das Vorhandensein oder Fehlen des Ligamentrückens und der Myophoren sowie die spezielle Wandstruktur sind Kriterien, nach denen die unterschiedlichen Gattungen in den Familien unterschieden werden.

Das Vorkommen der Radiolitidae ist vom Barremium bis zum Maastrichtium belegt.

In den Schichtabfolgen der Einheiten 5 und 7 bis 9 (GERHARD, 2008) sind häufiger Fragmente von Rudistenschalen mit typisch zelliger Struktur vorhanden, die eindeutig zu den Radiolitidae gehören, aber oft nicht näher bestimmbar sind.

Unterfamilie: Radiolitinae Gray 1848

Diese Unterfamilie zeichnet sich nach DECHASEAUX & COOGAN (1969) durch viereckige Hohlzellen in der Wand der angehefteten rechten Klappe sowie das Vorhandensein eines Ligamentes im hinteren Bereich der Klappe aus.

Stratigraphisch kommen Radiolitinae vom Barremium bis zum Maastrichtium vor.

5.7.1 Gattung: *Radiolites* Lamarck 1801

Typusart: *Ostracites angeiodes* Lapeirouse 1781

Die angeheftete Klappe ist konisch geformt und in Längsrichtung mit gut erkennbaren, länglichen Falten versehen. Die Oberfläche grobkörnig strukturiert.

Die Siphonalbänder sind leicht durch regelmäßige Falten skulpturiert.

Die freie Klappe ist meist klein, konisch, konvex gewölbt und nur bei wenigen Arten flach geformt. Muskelansatzleisten (Myophoren) sind deutlich erkennbar.

Sie kommen stratigraphisch vom Cenomanium bis Maastrichtium vor.

5.7.1.1 *Radiolites* sp.

(Tafel 3, Abb. 6)

Fundlokalität: Rudistenhorizont 0, Aufschlusspunkt 0

Rudistenhorizont 1, Aufschlusspunkte 23,43

Rudistenhorizont 4?, Aufschlusspunkt 16

Rudistenhorizont 5, Aufschlusspunkte 1, 5, 7, 12-15, 20, 26, 35, 38, 40

Rudistenhorizont 7, Aufschlusspunkte 11, 41

Rudistenhorizont 9, Aufschlusspunkt 1

Stratigraphische Position: Cenoman, Turon

Umfang: 1 Exemplar sowie photographische Dokumentation im Gelände

Beschreibung

Radiolites-Vorkommen der Rudistenhorizonte 0 (Abb. 5-4, *Eoradiolites*?) und 1 (Abb. 5-6) können nicht näher spezifiziert werden, da hier die Bestimmungsmerkmale nur unzureichend erhalten geblieben sind. Dies gilt auch für die weiteren Horizonte.

Radiolites sp. kommt auch zusammen mit Apricardien in den groben, arenitischen, silifizierten Schill-Lagen unterhalb der *Hippurites requieni*-Vorkommen in der Einheit 9 vor. Besonders im Aufschluß 41 sind zahlreiche kleinere beschädigte Exemplare und Fragmente mit für Radioliten typischer Struktur erkennbar, von denen eine ehemals angeheftete Unterklappe sowie die freie Klappe eines anderen Individuums

der Gattung *Radiolites* zugeordnet werden kann. Die untere Klappe ist meist um 4-6 cm lang und häufig im angehefteten Bereich leicht gekrümmt gewachsen.

Unterfamilie: Sauvagesiinae Douvillé 1908

Die Sauvagesiinae sind durch einen zelligen Bau der Schalenwand der angehefteten Klappe gekennzeichnet, und diese Zellen weisen vertikal einen prismatischen und horizontal einen polygonalen Querschnitt auf (DECHASEAUX & COOGAN, 1969a).

5.7.2 Gattung: *Saugavesia* CHOFFAT (ex BAYLE, MS), 1886

Typusart: *Sphaerulites sharpei* BAYLE 1857 *Radiolites nicaisei* COQUAND

Synonymieliste: siehe STEUBER, 2002

Bei der Gattung *Sauvagesia* überwiegt eine konische Wuchsform der rechten, längsseitig gerippten Klappe. Die beiden Siphonalbänder liegen in Einbuchtungen der Schale und sind fein gerippt ausgebildet. Sie sind durch ein Zwischenband getrennt, welches generell zwei Rippen aufweist. Die freie Klappe ist deckelförmig und radialstrahlig gefaltet. Der Ligamentrücken ist vorhanden und in den frühen Formen dieser Gattung besonders auffällig ausgebildet.

Vorkommen: Alb bis Maastricht.

5.7.2.1 *Sauvagesia* sp.

(Tafel 3, Abb. 1-5)

Typusart: *Radiolites nicaisei* COQUAND

Fundlokalität: Rudistenhorizont 3, Aufschlusspunkte 16, 18, 19, 28-33

Rudistenhorizont 4?, Aufschlusspunkt 16

Stratigraphische Position: Cenoman

Umfang: 5 Exemplar sowie photographische Dokumentation im Gelände

Beschreibung:

Sauvagesia sp. ist neben *Caprinula boissyi* ebenfalls ein Haupttriffbildner des Rabad-Rudist Member. Es liegen silifizierte Steinkerne und Schalenfragmente sowohl von unteren als auch von oberen Klappen vor. *Sauvagesia* zeigt häufig eine buschartige Wuchsform, bei der mehrere Generationen übereinander wuchsen. Daneben gibt es Exemplare, die eher rasenförmig gesiedelt haben. Beide Formen sind größtenteils in situ eingebettet worden.

Die Schale von *Sauvagesia* sp. besteht aus einer unteren, größeren konischen angehefteten Klappe und einer kleineren, deckelartigen, freien Klappe.

Die angeheftete Klappe ist bei allen vorliegenden Exemplaren länglich und konisch ausgebildet. Sie zeigt zahlreiche längliche, schmale Rippen, die durch quer verlaufende, dezente Anwachsstreifen unterbrochen werden. Die untere Klappe erreicht eine Länge bis zu 30 cm, und einen Durchmesser von bis zu 10,5 cm. Auf der dem Schloss gegenüber liegenden Seite verlaufen zwei unterschiedlich breite, längliche Gruben entlang der Außenseite der Klappe, die Siphonalbänder. Die Außenschicht besteht aus lagig angeordneten rechteckigen Zellen mit einer Kantenlänge um 5 Millimeter. Die Struktur bestand aus Kalzit, die aragonitische Füllung wurde während der Diagenese gelöst und durch SiO₂ ersetzt. In der Aufsicht erkennt man eine polygonale Form dieser Zellen. Die äußere Schale kann eine Mächtigkeit von > 2 cm aufweisen. Die dünne, innere aragonitische Schicht ist in keinem Exemplar erhalten geblieben. In einem unvollständigen Exemplar ist der obere Rand der angehefteten Klappe erhalten geblieben. Er zeigt eine leichte Fältelung und dünne, sich teilweise verzweigende Abdrücke, die den von KLINGHARDT 1931 beschriebenen und auf seiner Tafel 3, Abb. 1, dargestellten Blutgefäßen von *Sphaerulites filiaceus* LAMARCK auffällig gleichen.

Die obere Klappe ist fast rund (operculiform) und im mittleren Bereich leicht gewölbt. Bei gutem Erhaltungszustand ist ein schmaler Rand erkennbar.

Sie trägt zwei große, leicht nach innen gebogene Zähne, die in tiefe Gruben der Unterklappe fassten. Bei Ligamententspannung konnten sie sich nur geringfügig bewegen und eine schmale Öffnung der Klappen ermöglichen. Der Zahn der Unterklappe ist bei keinem Exemplar deutlich erkennbar. Dies gilt auch für alle Schließmuskelansätze.

Das Ligament lag in einer ausgeprägten Falte an der Innenseite der kalzitischen Außenschicht. Dieser Bereich ist zumeist gut erkennbar.

Der Wohnraum des Tieres erstreckt sich in dieser Klappe als längliche große Hohlform, die bis fast an den Umbo der Klappe heranreicht und nicht durch Zwischenböden unterteilt ist.

Diese Rudisten wurde von BANDEL & MUSTAFA (1996) als *Sauvagesia* sp. beschrieben, da eine Zuordnung der ihnen vorliegenden Exemplare zu einer bestimmten Art nicht möglich war.

Die hier untersuchten Rudisten dieser Gattung konnten ebenfalls keiner Art zugeordnet werden, da nur die Gattungsmerkmale gesichert vorliegen. *Sauvagesia* sp. kommt stratigraphisch in den Einheiten 7 und (fraglich) 8 von GERHARD (2008) vor. Nach den Fossilbefunden liegt jedoch das Maximum in dem Rabad Rudist Member, wo sie zusammen mit *Caprinula boissyi* als Haupttriffbildner auftritt.

Diskussion:

Sauvagesia sp. findet sich häufig in unterschiedlichen Erhaltungszuständen im Rabad-Rudist Member. Typische Merkmale der Gattung sind zwar erkennbar, aber eine Bestimmung der Art oder mehrerer Arten ist bei dem Material nicht möglich.

BANDEL & MUSTAFA (1996) haben detailliert Funktionsmechanismen der Schale von *Sauvagesia* sp. rekonstruiert. Sie beschreiben das Ligament „...a solid, thick, elastic ribbon which causes gaping of the two valves of the shell.“Allerdings konnten sich auf Grund der Zahnstellung die Klappen nur geringfügig öffnen. Nach diesen Autoren war der Mantelrand am Schalenrand festgewachsen und wurde auch beim Schließen der Klappen nicht eingezogen. Daher konnten sich auf der Wuchsoberfläche die Adern des Mantels einprägen. Das Exemplar Tafel 2, Abb. 2 zeigt diese Abdrücke und bestätigt diese Aussage.

Ob, wie von BANDEL & MUSTAFA (1996) vorgeschlagen, ein elastischer Rand der oberen Klappe ein Schließen der Schale ermöglichte, konnte in den vorliegenden Exemplaren zwar nicht nachgewiesen werden, ist aber wahrscheinlich, ebenso wie die Anwesenheit von symbiotischen Algen im belichteten Teil des Mantelrandes.

5.7.3 Gattung *Durania* Douvillé 1908

Typusart: *Hippurites cornupastoris* DESMOULINS 1827

Synonymieliste: siehe Steuber, 2002

Die rechte Klappe ist bei der Gattung *Durania* länglich oder kompakt zylinderförmig gewachsen. An der äußeren Schale verlaufen zwei Siphonalbänder, die konkav gebogen sind und glatt oder gerippt sein können. Das zwischen den Siphonalbändern gelegene Interband zeigt mehrere Rippen und unterscheidet sich hierdurch von dem bei der Gattung *Sauvagesia* vorkommenden Interband. Ein Ligamentrücken ist nicht vorhanden. Dies ist ebenfalls ein Differenzierungsmerkmal zu *Sauvagesia*. Die linke Klappe ist deckelförmig.

Stratigraphische Reichweite von Alb bis Maastricht.

BANDEL & MUSTAFA (1996) beschrieben das Vorhandensein *Durania*-artiger Rudisten, die mit *Apricardia* sp. vergesellschaftet vorkommen, aus dem Gebiet westlich von Ishtafina.

5.7.3.1 *Durania* sp.

(Tafel 3, Abb. 7, 8)

Typusart: *Hippurites cornupastoris* DESMOULINS 1827

Fundlokalität: Rudistenhorizont 5, Aufschlusspunkte 1, 5, 12

Stratigraphische Position: Turon

Umfang: 1 Exemplar sowie photographische Dokumentation im Gelände

Beschreibung:

In dem untersuchten Gebiet kommen in mehreren Aufschlüssen Sauvagesiinae der Gattung *Durania* vor, die oft gesellig in kleinen Gemeinschaften Bouquet-artig miteinander verwachsen sind. Sie zeigen hierbei eine recht einheitliche Größe mit 6-10 Zentimetern Länge und einem Durchmesser um 3-4 Zentimetern. Die angeheftete rechte Klappe ist konisch-zylindrisch geformt und die Deckelklappe ist flach, gerundet und leicht gewellt.

Die angeheftete Klappe zeigt eine längs verlaufende Berippung mit zahlreichen engständigen Rippen, die von 2 länglichen Strukturen, den Siphonalbändern, unterbrochen ist. Sie zeigt zudem zahlreiche deutliche Absätze, die von den von innen nach außen wachsenden Anwachsbereichen herrühren. Die Außenschale ist verhältnismäßig dick, kann bis zu 50 % des Durchmessers betragen. Ihre innere

Struktur ist wie bei *Sauvagesia* zellig aufgebaut und bei Aufsicht ist eine polygonale Form der Zellen erkennbar.

Die deckelförmige linke Klappe liegt flach auf der rechten Klappe auf, ist aber in sich leicht gewellt und zeigt keine zellige Struktur (Tafel 3, Abb. 8).

Das Schloss und die Ansatzstellen der Schließmuskel sind bei keinem Exemplar erkennbar, so dass lediglich äußere Merkmale als Bestimmungskriterien dienen können.

Das Ligament ist nicht vorhanden (Gattungsmerkmal).

Die Wohnhöhle reichte tief in die untere Klappe hinein und wurde nicht durch Querböden unterteilt.

Diskussion:

Die vorliegenden Exemplare *Durania* sp. bieten aufgrund mangelnder Erhaltung der Artmerkmale keine Möglichkeit, genauer spezifiziert werden.

Durania sp. siedelte in kleinen Gruppen von mehreren Exemplaren gleicher Größe, die engständig an einem Punkt fixiert waren oder sich um ein Individuum herum angeheftet haben. Hierdurch unterscheidet sich in ihrem Wuchsverhalten von den anderen untersuchten Rudisten. Dieses Grundprinzip besteht zwar auch bei *Sauvagesia* sp. oder *Hippurites requienii*, jedoch wachsen diese Gattungen in den folgenden Generationen verzweigt aneinander geheftet oder flächig rasenförmig nebeneinander. Die Wuchsform spiegelt möglicherweise eine erste Besiedelung nach wiederholten Regressions-Transgressions-Phasen wieder, die mit erneut ansteigendem Wasserstand später ein buschförmiges Wachstum von *Hippurites* ermöglichten.

In Jordanien sind Rudisten der Gattung *Durania* sind erstmalig von BANDEL & MUSTAFA (1996) erwähnt worden. GERHARD (2008) bestätigte das Vorkommen von *Durania* westlich von Ishtafina.

ÖZER & AHMAD beschrieben 2015 aus gleicher Lokalität sowie dem Profil Samta die Gattung *Durania* sp. aus ihrem „...caprinid lithosome...“, und *Durania arnaudi* CHOFFAT 1891 aus dem „hippuritid lithosome“ von Ishtafina, Kitim, Rihaba und Samta.

Die Angaben zu *Durania* sp. und *Durania arnaudi* Choffat 1891 sind innerhalb dieser Publikation bezüglich folgender Aspekte fraglich:

1. die beiden Autoren bemerken zu den ihnen vorliegenden Schalenfragmenten (S. 124) “ ... They may belong either to *Sauvagesia* sp. or *Durania* sp.”, denn “...the ligamental ridge cannot be precisely determined (Fig. 9E-G).” Dieser Umstand lässt lediglich eine Zuordnung in die Unterfamilie SAUGAVESIINAE DOUVILLÉ 1908 zu, ist demnach ungeeignet für eine exakte Bestimmung der Gattung.
2. obwohl *Durania* sp. in den entsprechenden Textabschnitten (S. 122, 124, abstract) in Bezug zu dem „Caprinid lithosome“ aus dem Cenoman gestellt wird, ist sie in keinem der 5 Profile (Abb. 2 bis 6) auf diesem stratigraphischen Niveau dargestellt.
3. *Durania* sp. ist kein Indikator der, zusammen mit den anderen genannten Rudistengattungen, ein cenomanes Alter des „Caprinid lithosome“ belegen könnte, wie in dem „abstract“ von ÖZER & AHMED dargestellt.
4. ihre Abbildungen von *Durania* sp. (Tafel 3 Abb. 8) zeigen ein kaum näher bestimmbares Vorkommen von Radioliten, wie es im Gebiet von Ishtafina in der Einheit 8 (GERHARD, 2008) innerhalb des Rudistenhorizontes 5 typisch ist. Dieser Horizont liegt deutlich separiert von dem Rabad Rudist Member (Rudistenhorizont 3) sowie den darüber vorhandenen Radioliten des Rudistenhorizontes 4, welche ein Ligament besaßen, hat also keinen Bezug zu dem Rabad Rudist Member und ist daher nicht als Beleg für ein Vorkommen in dem „Caprinid lithosome“ zu werten.
5. Ihr Vorkommen von *Durania arnaudi* ist (zumindest in Ishtafina) stratigraphisch falsch zugeordnet worden, da in dieser Lokalität (Aufschluss 1) *Durania* nur unterhalb der Hippuriten im Rudistenhorizont 5 ansteht, also nicht mit ihnen vergesellschaftet ist. Der Rudistenhorizont 9 im gleichen Aufschluss enthält zwar Radioliten-förmigen Rudisten oberhalb des ältesten *Hippurites*-Horizontes, der Zustand der angeschnittenen Exemplare lässt eine sichere Zuordnung zu einer Gattung nicht zu. Diese stratigraphische Position kann somit ebenfalls nicht bestätigt werden
6. Das Profil mit diesen unkorrekten Angaben ist in einer weiteren Veröffentlichung 2016 von ÖZER & AHMAD praktisch unverändert übernommen worden.

Aus diesen Überlegungen heraus kann die Adaption der Artenbestimmung nicht erfolgen.

5.8 Familie Hippuritidae Gray 1848

Die Beschreibung der Familie folgt im Wesentlichen den Ausführungen von DECHASEAUX & COOGAN (1969b).

Das Gehäuse ist bei den Hippuritidae länglich, konisch bis zylinderförmig geformt und diese Form resultiert im Wesentlichen aus der Wachstumsform der rechten „angewachsenen“ (AV) Klappe. Sie ist generell größer als die linke Klappe, die deckelförmig flach oder konvex gewölbt auf der linken Klappe aufliegt. In der rechten Klappe sind an der äußeren Schale mehrere vertikal verlaufende gerundet Vorsprünge ausgebildet, die durch entsprechende Einfaltungen der Außenschale separiert werden und „Pfeiler“ genannt werden. Das Ligament war in einer dieser Falten eingebettet. Der dieser Ligamentfalte am nächsten gelegene Pfeiler wurde von DOUVILLÉ „S“, der entfernter gelegene „E“ benannt. Diese Bezeichnung wurde nach DECHASEAUX & COOGAN (1969b) von den meisten Paläontologen übernommen. Die Zähne und Zahngruben sowie die Träger der Muskelansatzstellen sind bei den Hippuritidae gut ausgebildet. Hierbei befindet sich die Ansatzstelle des vorderen Schließmuskels der angehefteten Klappe an der Innenseite der Schale, während der Muskel der freien Klappe auf einer Art Stützpfeiler (Myophore) liegt. Der hintere Muskeleindruck liegt in der freien Klappe ebenfalls auf einer Myophore und in der angehefteten Klappe in einer hierzu korrespondierenden Grube.

Akzessorische Höhlungen oder Kanäle sind in dieser Familie selten ausgebildet, aber es gibt, ähnlich wie bei den Korallen, die Bildung konkav zur Wohnkammer hin gebogener Trennböden (Tabulae) in den linken Klappen, die übereinander mit geringem Abstand eingezogen wurden und bei fortschreitendem Wachstum eine Abtrennung des eigentlichen Wohnbereiches des Tieres ermöglichten, der im oberen Klappenbereich lag.

Alle morphologisch erkennbaren Merkmale wie

- Poren und Kanäle auf der oberen, freien Klappe
- zwei häufig vorhandene, ovale Öffnungen (Osculi) der freien, deckelförmigen Klappe,
- Skulptur der angehefteten Klappe

- Form der des Ligamentpfeilers und der
- Pfeiler S und E der angehefteten Klappe
- Zähne und Zahngruben beider Klappen

sind unterschiedlich kombiniert und ermöglichen hierdurch, die unterschiedlichen Gattungen zu definieren, wobei der Bereich der Pfeiler besonders relevant ist, und durch die drei vorhandenen Einfaltungen bei den rechten (unteren) Klappen in den Hippuritidae markiert ist.

Die Familie Hippuritidae reicht stratigraphisch von Turon bis Maastricht und erreichte ihr Maximum nach COOGAN (1969b, Fig. 234) von Campan bis Maastricht.

5.8.1 Gattung: *Hippurites* Lamarck 1801

Typusart: *Hippurites* LAMARCK 1801

Hippurites Lamarck ist immer ungleichklappig gewachsen. Die angeheftete Klappe zeigt außen zwei oder mehr typische Einfaltungen, welche die Pfeiler Ep und Sp bilden. Die freie Klappe ist häufig fast planar und kann 2 Öffnungen (Oscula) ausgebildet haben. Sie besitzt deutlich voneinander getrennte Poren, die sie neben der Morphologie noch von der angeheften Klappe unterscheidet.

Das Vorkommen ist von Turon bis Maastricht nachgewiesen.

5.8.1.1 *Hippurites* sp.

(Tafel 4, Abb. 1-8)

Synonymieliste: siehe Steuber, 2002

Fundlokalität: Rudistenhorizont 8, Aufschlusspunkt 1-5, 8-10, 12-15, 17, 20, 26, 34

Rudistenhorizont 10,: Aufschlusspunkte 1, 14, 15, 15

Rudistenhorizont 11, Aufschlusspunkt 15

Stratigraphische Position: Turon

Umfang: 10 Exemplare (davon 2 mit intakter Oberklappe) sowie photographische Dokumentation im Gelände

Stratigraphische Position: Turon

Beschreibung:

Die Schale von *Hippurites* sp. besteht zumeist aus einer schlanken, länglichen, konischen unteren Klappe und einer deckelförmige Oberklappe. Letztere sitzt in nur selten auf der angehefteten Klappe, sondern ist nach dem Absterben des Tieres abgefallen und verdriftet oder zu Riffschutt zermahlen worden und daher äußerst selten zu finden.

Die untere Klappe ist außen mit zahlreichen Rippen versehen zeigt drei tiefe Einfaltungen der Außenschicht versehen. Anwachstreifen sind ebenfalls vorhanden. Diese Klappe erreicht eine Länge von > 17 Zentimetern und einen Durchmesser von 2-3 Zentimetern. Ursprünglich bestand sie aus einer dickeren äußeren Kalzitschicht und einer dünneren Innenschicht aus Aragonit, die durch diagenetische Vorgänge silifiziert wurden. Die beiden hinteren Einfaltungen sind nach innen rundlich geformt und bilden die Pfeiler „Ep“ und „Sp“, wobei Letzterer immer weiter in den Klappeinnenraum hineinragt, während „Ep“ etwas gedrungener gewachsen ist. Die vordere Einfaltung endet spitz oder leicht kantig und entspricht dem „...ligament ridge...“ von DECHASEAUX & COOGAN, 1969b), in den das Ligament eingefaltet lag.

Der innere Bereich der Unterklappe ist unterteilt und nur ein relativ kleiner Raum steht für den Weichkörper mit den Organen zur Verfügung. Dieser wird zusätzlich durch zahlreiche, mit einem Abstand von wenigen Millimetern übereinander liegenden Querböden verringert, die vom Mantel des Tieres abgeschieden wurden.

Das Schloß der Unterklappe besteht aus zwei Zahngruben. Der dazwischen liegende Zahn ist bei den vorliegenden Exemplaren nicht eindeutig identifizierbar. Weitere Gruben sind vorhanden, um die beiden gut ausgebildeten Muskelstützen (Myophoren) der oberen Klappe aufzunehmen. Muskelansatzstellen der unteren Klappe konnten ebenfalls auf Grund des Erhaltungszustandes nicht erkannt werden.

Die obere Klappe ist äußerlich entsprechend den Einfaltungen der Unterklappe geformt und zeigt rudimentär auf der Außenseite Fragmente eines radialstrahligen Kanalsystems mit einer netzartigen Struktur. Osculi sind nicht erkennbar und es wurde kein Exemplar gefunden, bei dem die Zähne und/oder Myophoren entsprechend erkennbar waren.

Die *Hippurites*-Gemeinschaften organisierten sich in unterschiedlichen Wuchsformen, die besonders gut in einem aufgelassenen Steinbruch (Aufschluss 15)

erkennbar sind, da durch Abbaumaßnahmen die Hippurites-führenden Horizonte 8, 10 und 11 in Anschnitten freigelegt wurden.

Dort finden sich im Rud.-Horizont 8 überwiegend rundlich-oval gewachsene Gemeinschaften, die „bush-like colony“ im Sinne von BANDEL & MUSTAFA. (1996), in denen mehrere Generationen übereinander wuchsen. Diese kleinen Bioherme bilden separate Einheiten, die häufig um einen Meter Breite erreichen und einheitlich 80 bis 100 cm hoch gewachsen sind. Sie sind zumeist in einem gleichweitem Abstand voneinander angeordnet. Die einzelnen Individuen, die häufig eine Länge von 10 bis 20 cm erreichen, sind in mehreren Generationen übereinander gewachsen, wobei häufig einige wenige Tiere die Basis für den Aufbau der gesamten Struktur bilden. Die Wuchsrichtung der Individuen variiert von senkrecht über schräg bis fast horizontal, zeigt aber eine generelle Tendenz in eine Richtung, die wahrscheinlich an der Strömungsrichtung des Meerwassers ausgerichtet ist und auch innerhalb der einzelnen Bioherme wechseln kann. Häufig sind benachbarte Kolonien zueinander hin orientiert gewachsen. Daneben gibt es individuelle Riffstrukturen, bei denen die *Hippurites*-Kolonien nicht in der rundlichen Wuchsform vergemeinschaftet sind, sondern sondern Höhenwuchs bis fast das Niveau des darüber liegenden Hartgrundes (der Basis des Rud.-Horizontes 10) erreichen, wobei die Individuen eine senkrechte Wuchsform anstrebten. Diese kommen jedoch nur äußerst vereinzelt vor.

In den jüngeren Rudistenhorizonten 10 und 11 änderte sich die Siedlungsform. Hier ist es überwiegend zu einem flachen, rasenförmigen Wachstum (Biostrom) mit kleinen *Hippurites*-Clustern von wenigen Exemplaren gekommen.

Ergebnisse Diskussion:

Die von Özer & Ahmad (2015) beschriebenen Vorkommen von *Hippurites resectus* DEFANCE 1821 aus ihrer Lokalität „Ishtafina“ stammen aus einem Straßenaufschluss unterhalb der Waldschutzstation (Abb. 7 F, S. 126), der identisch ist mit einem Teilbereich der von BANDEL & MUSTAFA (1996) untersuchten Lokalität „... behind the forrest station at Ishtafina...“ und dem Aufschluss 1 der vorliegenden Arbeit. Die hier anstehenden Hippuriten sind exakt die von BANDEL & MUSTAFA untersuchten und als *H. requieni* beschriebenen Individuen. Beide Arten (*H. requieni*, *H. resectus*) können in der angewachsenen Klappe die inneren Merkmale je nach Wuchsform so ausbilden, dass sie nicht eindeutig identifizierbar

sind, daher schlagen ÖZER & AHMAD vor, SIMONPIÉTRI (1999) und CHIKHI-AOUIEUR (2010) zu folgen und beide Arten als synonym anzusehen.

Maßgeblich für die Bestimmung dieser beiden Arten ist nach DOUVILLÉ (1893) die Form der Poren (Maschen) auf der Deckelklappe, die bei *R. requieni* etwas länglicher und bei *H. resectus* polygonal geformt sind. Deckelklappen sind jedoch ausgesprochen rar und bei den wenigen gefundenen Exemplaren lässt der Erhaltungszustand keine eindeutige Zuordnung nach diesem Kriterium zu. Dies trifft auch auf die Abbildung C in Fig. 11 von ÖZER & AHMAD (2015) zu. Diese Abbildung zeigt das Problem der Differenzierung deutlich, da die erkennbaren Merkmale nicht für eine Artenanalyse ausreichen.

Die äußeren Merkmale der unteren Klappe wie ausgeprägte Längsrippen entsprechen eher *H. resectus* als *R. requieni*. Allerdings wurde der Artname *H. resectus* von DeFrance (1821) für sehr kleinwüchsige Individuen eingeführt: "...longueur, deux pouces; diamètre de l'ouverture, un pouce." Wenn dieses Merkmal zur Differenzierung als akzeptabel angesehen wird, kann es sich nicht um *H. resectus* handeln.

Insgesamt ist festzustellen, dass Merkmale zur Differenzierung bestehen und somit die beiden Arten nicht synonym sind, diese Merkmale aber oft an dem fossilen Material schwierig zu unterscheiden sind. *H. rousseli*, wie von ÖZER & AHMAD (2015) beschrieben und in ihrer Lokalität "Ishtafina" dargestellt, konnten ebenfalls weder im Gelände noch an Hand von Lesesteinen separat erfasst werden, wie auch die Abbildungen in der entsprechenden Publikation widerspiegeln.

Hieraus folgt, dass die vorliegenden Hippuriten bezüglich der Art als nicht bestimmbar eingestuft werden müssen und demzufolge als nur Gattung erfasst werden können.

6 Rudisten-Begleitfauna

6.1 Einführung

Die Begleitfauna der in dieser Arbeit untersuchten Rudistenvorkommen ist sehr unterschiedlich ausgebildet und variierte sowohl lateral innerhalb eines Horizontes als auch vertikal in den unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus. Es wurde unter diesem Aspekt eine separate Untersuchung anhand der makroskopisch erkennbaren Fauna in den entsprechenden Vorkommen westlich von Ishtafina durchgeführt mit dem Ziel, einen Überblick über die Faunengemeinschaften und ihre Zusammensetzung zu schaffen und hierdurch weitere Erkenntnisse über die Lebensbedingungen der Rudisten zu erhalten. Besonders augenfällig sind hierbei die Korallen, ferner auch Gastropoden und im Rabad Rudist Member weitere Bivalven, Seeigel sowie Lebensspuren diverser Bohrorganismen.

Da die Vorkommen fossiler Korallen in den oberkretazischen Rudisten-führenden Einheiten Jordaniens bislang generell nicht näher untersucht wurden und die westlich von Ishtafina vorkommenden Exemplare teilweise eine taxonomische Bestimmung zulassen, werden sie in diesem Kontext in einem eigenen Kapitel umfassend dargestellt, eingeleitet durch einen generellen Überblick über die fossilen und rezenten Scleractinia-Vorkommen innerhalb des jordanischen Staatsgebietes.

Die weitere, fossil erhalten gebliebene Invertebraten-Begleitfauna der Rudisten ist im Wesentlichen taxonomisch nur grob bestimmbar und wird in einem den Scleractinia folgendem Abschnitt mit abnehmender Häufigkeit ihrer Vorkommen in Gastropoda, Echinodermata, Bivalvia (ohne Rudisten) gegliedert dargestellt. Ergänzend werden Bohrorganismen und ihre auftretenden Relikte innerhalb des Rabad Rudist Members berücksichtigt.

Anmerkung:

Bei dem für die stratigraphischen Zuordnung wichtigen Fund von *Choffaticeras segne* (Tafel 9, Abb. 1) in dem Rudistenhorizont 5 steht fest, dass lediglich ein einzelnes Gehäuse verdriftet wurde und es sich um keine Begleitfauna im eigentlichen Sinne handelt. Daher bleibt er in diesem Abschnitt unberücksichtigt, ebenso wie die weiteren Ammonitenfragmente (Tafel 9, Abb. 2, 3), die außerhalb der Rudistenhorizonte geborgen werden konnten.

6.2 Anthozoa, Ordnung Scleractinia

Scleractinia (Steinkorallen) werden generell durch ihre Wuchsformen unterschieden sowie durch ihre Organisationsstruktur (nähere Erläuterung hierzu siehe Kapitel 6.2.2). Alle Scleractinia leben ausschließlich in marinem Milieu. Sie sind global seit der Trias nachgewiesen und in den rezenten Korallenriffen die Haupttrifftbildner.

6.2.1 Übersicht über fossile bis rezente Scleractinia-Vorkommen Jordaniens

Die ältesten bekannten fossilen Scleractinia Jordaniens stammen nach vorliegender Literatur aus dem Jura. So wurden beispielsweise von Bender (1968, S.67) aus den oberen fünf Metern der am Fluß Zerka anstehenden jurassischen Kalke *Isastrea* cf. *helianthoides* (Goldfuss) und *Montlivaltia?* sp. aufgelistet und Andrews (1992) führte aus unterschiedlichen Formationen der jurassischen „Azab Group“ in seiner Faunenliste „corals“ auf. SHINAQ (1990, S. 171) beschreibt „...aus den obersten Schichten des Juras Jordaniens...“ eine „Muscheln-Echinodermen-Floatstone-Fazies“, die zu fünf Prozent aus Korallenfragmenten besteht.

Eine jüngere Arbeit über fossile Korallen-Vorkommen in jurassischen Gesteinsschichten Nordwestjordaniens wurde 2000 von PANDEY, AHMAD & FÜRSICH publiziert. Von diesen Autoren wurde erstmalig für das Gebiet Jordaniens ein sehr breites Artenspektrum während des mittleren Jura aufgefächert, das aus insgesamt 18 Gattungen hervorgeht. BANDEL & SALAMEH (2013) erwähnen ebenfalls das Vorkommen der Gattung *Montlivaltia* sowie weitere Gattungen wie beispielsweise *Thecosmilia* in mehreren Schichten des Jura, betonen jedoch ein seltenes Vorkommen und die Tatsache, dass, im Gegensatz zu zeitäquivalenten Riffstrukturen des Jura in Europa, diese Korallen keine Riffe gebildet haben.

Aus den jurassischen Abfolgen Jordaniens gibt es bislang keinen Nachweis für das Vorkommen von Rudisten. Demzufolge können nach derzeitigem Kenntnisstand Korallen-Rudisten-Faungemeinschaften während des Jura in diesem Gebiet ausgeschlossen werden.

Korallen der unteren Kreide sind bislang aus dem heutigen jordanischen Staatsgebiet in der Literatur nicht erwähnt. Schulze (2003, S. 121) beschreibt zwar ein sehr seltenes Auftreten von Korallenfragmenten als „...Skeletal components“ in den von ihr untersuchten „...Albian to Turonian carbonate dominated deposits“ in Süd- und Zentraljordanien, verweist jedoch im folgenden Kontext (S.124) auf

Dünnschliffabbildungen von Kalksteinen, die sie ins Cenoman beziehungsweise Turon einstuft. Somit liegt für das Alb kein Beleg für eine Korallen-Rudisten-Assoziation vor.

Oberkretazische Korallenvorkommen aus dem „Ostjordanland“ fehlen in den Arbeiten von BLANCKENHORN und bei weiteren wichtigen Autoren. Felix beschrieb allerdings 1913 in seiner Veröffentlichung „Die Korallen der Kreideformation von Palästina und Syrien“ die Gattung *Stylina grandis* STOL. von der Lokalität 'Ainel-Homār und die Gattungen *Aspidiscus cristatus* E. H. (Lam. sp.), *Trochosmilia batnensis* COQ. und *Trochosmilia bilobella* FELIX von der Lokalität 'Arākel-Emīr aus Schichten des Cenomans. Obwohl die Transkription von Namen aus dem Arabischen ins Deutsche mitunter zu Missverständnissen führen kann, dürfte es sich bei diesen Begriffen um die Orte Hummar und Irak-al-Amir handeln. Beide Lokalitäten liegen westlich von Amman mit deutlicher Distanz zum nördlicher gelegenen Ajlungebirge, wo ein Auftreten solitärer und koloniebildende Anthozoa in cenomanen und turonen Schichten erstmals von Gerhard (2008) beschrieben wurden.

Während in der „Einheit 3“ von GERHARD (2008) nur cupolate Solitärkorallen (Abb. 6-1) ohne jeglichen Bezug zu Rudisten-Vorkommen belegt sind, gibt es innerhalb der „Einheit 7“ ein Bioherm, dessen Faunengemeinschaft überwiegend aus Rudisten und untergeordnet aus koloniebildenden Korallen sowie weiteren Faunengruppen besteht. Sehr spärliche Funde von Solitärkorallen belegen, dass sie ebenfalls den Lebensraum besiedelten. Diese Rudisten-Korallen-Riffgemeinschaft entspricht dem Rabad Rudist Member (siehe BANDEL & SALAMEH, 2013) und wird aktuell in das Cenoman eingestuft.

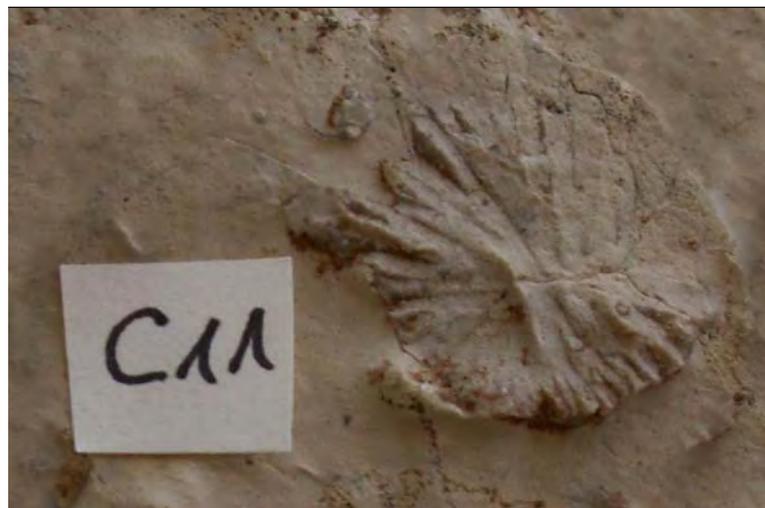


Abb. 6-1. *Montlivaltia* sp. aus Schichten des mittleren Cenoman bei Bir Jahudi (eigener Fund).

Aus Zentral- und SüdJordanien sind Korallenvorkommen des Cenoman bereits länger bekannt. So beschreibt POWELL (1989, S.42) ein Vorkommen von solitären Korallen in der Fuheis Formation sowie (1989, S. 48) solitäre als auch koloniebildende Korallen im Allgemeinen in Schichten der darüber anstehenden, ebenfalls cenomanen Hummar Formation, ohne diese taxonomisch näher zu bestimmen und in einen Bezug zu der Rudistenfauna zu stellen.

BENDER führte 1968 (S. 74) bei den von ihm beschriebenen Oberkreide-Abfolgen „Korallenreste“ aus den cenomanen Knauernkalken bei Ras en Naqb in SüdJordanien an. Es handelt sich möglicherweise um die gleiche Lokalität, an der BERNDT (2002) das Vorkommen einer cenomanen Korallenfauna innerhalb des Naqb Member der ...Fuhays/Hummar/Shuayb...(undifferentiated)... Formationen beschreibt. In dieser Arbeit über palökologische und taxonomische Untersuchungen der benthischen Makrofauna aus der „Ajlun-Group“ SüdJordanien ordnet BERNDT (2002) insgesamt 22 Exemplare den Gattungen *Astraeofungia* sp., *Meandreaea* sp. *Cloumnocoenia* ? sowie der Art *Aspidicus cristatus* (S.59;) zu. Ein gemeinsames Vorkommen bzw. eine Riffgemeinschaft mit den vereinzelt vorkommenden Rudisten, die aus dem unteren Bereich der „Fuheis/Hummar/Shuayb (unfifferntiated) unit“ aus dem Cenoman stammen, ist nicht beschrieben.



Abb. 6-2. Abdruck einer cupolaten Solitärkoralle aus dem Profil „Silla“ von SCHULZE (2003), SüdJordanien (eigener Fund).

Ebenfalls in SüdJordanien konnte bei einer eigenen Begehung in der untersten Rudisten-führenden Bank des Profiles „Silla“, das von SCHULZE (2003) aufgenommen wurde, ein Exemplar einer cupolaten Solitärkoralle (Abb. 6-2) identifiziert werden. Sie belegt ein zeitgleiches Vorkommen von Korallen und Rudisten, jedoch kann keine unmittelbare Vergesellschaftung beider Tiergruppen hieraus abgeleitet werden.

Aus dem Turon sind in Jordanien Korallenbiostrome erstmalig von GERHARD (2008) westlich von Ishtafina entdeckt worden. Sie kommen in einem kleinen Areal zusammen mit *Hippurites* vor und werden im folgenden Kapitel eingehender beschrieben.

Während aus dem Coniac und Santon keine Literaturzitate vorliegen, beschreibt POWELL (1989) Korallenvorkommen als „coral patch reef“ in der Nähe des Wadi Mujib (westliches ZentralJordanien) aus dem campanen Abschnitt der Wadi Umm Ghudran Formation und führt in der entsprechenden Faunenliste die Koralle „*Madracis* sp.“ an.

Weitere fossile Korallenvorkommen sind in den oligozänen bis miozänen Gesteinsabfolgen im Ajlungebirge nahe dem Ort Waqqas von BANDEL & SHINAQ (2003) und BANDEL & SALAMEH (2013) erwähnt worden.

Die jüngsten fossilen bis subfossilen Korallen befinden sich in SüdJordanien auf mehreren Strandterrassen entlang des Golfes von Aqaba, die sich unter dem Einfluß von Meeresspiegelschwankungen und einer anhaltenden Hebung des Untergrundes auf unterschiedlichen Niveaus gesiedelt haben (AL-HEJOJ, BANDEL & SALAMEH, 2016). Sie sind jünger als Pliozän und reichen bis an das rezente Riff hinunter. Untersuchungen von AL-RIFAI & CHERIF (1998) zeigen in dem subfossil erhaltenen Material stark abweichende Ergebnisse zu den Faunengemeinschaften des rezenten Riffes, die von MERGNER & SCHUMACHER (1974) aufgestellt wurden. Der Grund hierfür ist noch nicht näher untersucht worden, könnte aber diagenetisch bedingt sein, zum Beispiel durch verstärktes Auflösen aragonitischer Hartteile in Relation zu kalzitischen Schalen, so dass es im subfossilen und fossilen Befund zu einer Verschiebung der nachweisbaren Faunenelemente und ihrer prozentualen Anteile gekommen ist.

Rezente Korallenvorkommen Jordaniens gibt es nur im Golf von Aqaba, wo sie Saumriffe entlang der Küste bilden. Ihr Vorkommen ist wiederholt Gegenstand diverser Untersuchungen, beispielsweise von MERGNER & SCHUMACHER (1974).

Diese Arbeit zeigt die Ergebnisse einer sehr detaillierten Untersuchung der Faunengemeinschaften innerhalb des Riffes und der Lagune vor der „Marine Science Station“, die südlich der Hafenanlagen von Aqaba angelegt wurde. Es konnten von den beiden Autoren aus der Lagune die sieben Steinkorallenarten *Cyphastrea microphthalma*, *Favia pallida*, *Favia melicerum*, *Goniastrea retiformis*, *Montipora tuberculosa*, *Pavona decussata* und *Stylophora pistillata* bestimmt werden. Diese Faunengemeinschaft korrespondiert mit der Korallenfauna des indopazifischen Raumes und steht somit nicht in unmittelbarer Nachfolge der in dieser Arbeit beschriebenen mesozoischen Korallen-Vorkommen, die in Flachwasserbereichen der Tethysregion wuchsen. Anzumerken ist hierbei jedoch, dass in dieser rezenten Faunengemeinschaft Bivalven der Gattung *Chama* vorkommen und die systematische Position der Chamidae umstritten ist, da verschiedene Autoren wie beispielsweise AMLER (2000) sie in die Ordnung Hippuritoida NEWELL stellen. Folgt man dieser Systematik, gäbe es (unabhängig von den kretazischen Vorkommen in Jordanien) in Aqaba ein heutiges Korallenriff mit einer „Rudisten“-Begleitfauna. Dieser Aspekt wurde bislang noch nicht näher untersucht.

6.3 Scleractinia-Vorkommen westlich von Ishtafina - Übersicht und systematisch-taxonomische Zuordnung

6.3.1 Übersicht

Wie bereits in der allgemeinen Übersicht Kapitel 6.2.1 angeführt, sind Rudisten-Korallen-Assoziationen westlich von Ishtafina in der Literatur bislang nur von GERHARD (2008) sowie BANDEL & SALAMEH (2013) beschrieben, und ein gemeinsames Vorkommen einer turonen Rudisten-Korallen-Assoziation wurde bislang nur in der Diplom-Kartierung von GERHARD (2008) dargestellt. Diese scleractinen Korallen werden nunmehr eingehender beschrieben und ihre Relevanz in Bezug auf die Rudistenvorkommen dargelegt. Das Material wurde während der Geländebegehungen westlich von Ishtafina zusammen mit den Rudisten geborgen. Durch den silifizierten Erhaltungszustand sind spezifische Merkmale bei den vorliegenden Korallen meist schlecht erkennbar. Die Anfertigung aussagefähiger Dünnschliffe zur genaueren Bestimmung war mit diesem Material ebenfalls nicht möglich. Die im Folgenden aufgeführten Gattungen konnten dennoch durch Baron-Szabo (2014 und 2015-2017, mündl. und schriftl. Mitteilung) identifiziert werden, wobei einige Exemplare als fraglich eingestuft werden mussten.

Die systematische Beschreibung erfolgt – sofern möglich - durch Original-Zitate aus der von BARON-SZABO 1997 veröffentlichten Publikation über die Korallenfazies der ostalpinen Kreide im Helvetikum und den nördlichen Kalkalpen sowie der 2014 erschienenen Abhandlung über kretazische Scleractinia der Kreide in den Alpen und den nördlichen Dinariden. Als Bestimmungshilfe dienen neben diesen Werken der „Treatise on Invertebrate Paleontology, Part F, Coelenterata“ (Hrsg. MOORE, 1956) sowie das Internetportal „Coralosphere.org“ als aktuelle Quelle für jüngste wissenschaftliche Ergebnisse in der Korallenforschung.

Aus der folgenden systematischen Übersicht ist erkennbar, dass die untersuchten Korallen neun Gattungen aus acht Familien zugeordnet werden können, die insgesamt sechs Unterordnungen entstammen. Das Diagramm 6-4 veranschaulicht diese Aufteilung prozentual. Es ist hierbei anzumerken, dass auf Grund der geringen Anzahl bestimmbarer Exemplare statistische Aussagen vorsichtig bewertet werden müssen.

Bei der statistischen Auswertung der cenomanen Scleractinier wurde das lokale Vorkommen von *Baryhelia* sp. im Aufschluß 28, bei dem diese Gattung praktisch als alleiniger Riffbauer auftritt, nur einfach gewertet, d. h., statistisch einem einzelnen Exemplar der Gattung gleichgesetzt. Letzteres war nötig, da eine Addition der sichtbaren dendroiden Fragmente eine Polarisierung des Untersuchungsergebnisses zu Gunsten dieser Gattung zur Folge hätte.

Übersicht:

Klasse: Anthozoa EHRENBERG, 1834

Unterklasse: Zoantharia BLAINVILLE, 1830

Ordnung: Scleractinia BOURNE, 1900

Unterordnung: Dendrophylliina VAUGHAN & WELLS, 1943

Familie: Dendrophylliidae GRAY, 1847

Gattung: *Rhabdopsammia* ALLOITEAU, 1952

Unterordnung: Faviina VAUGHAN & WELLS, 1943

Familie: Merulinidae VERILL, 1865

Gattung: *Hydnophora* FISCHER VON WALDHEIM, 1805

Gattung: *Sakalvastraea* ALLOITEAU, 1958

Familie: Pachyphylliidae Beauvais, 1982

Gattung: *Columnocoenia*, ALLOITEAU, 1952

Familie: Placosmiliidae ALLOITEAU, 1952

Gattung: *Peplosmilia* MILNE-EDWARDS & HAIME, 1851

Unterordnung: Fungiina VERILL, 1865
Familie: Acrosmiliidae ALLOITEAU, 1952
Gattung: *Brachyphyllia* REUSS, 1854

Unterordnung: Heterocoeniina BEAUVAIS, 1982
Familie: Heterocoeniidae OPPENHEIM, 1930
Gattung: *Baryhelix* sp.

Unterordnung: Microsolenina MORYCOWA & RONIEWICZ, 1995
Familie: Latomeandridae ALLOITEAU, 1952
Gattung: *Latiastrea* BEAUVAIS, 1964

Unterordnung: Stylinina ALLOITEAU, 1952
Familie: Stylinidae D'ORBIGNY, 1851
Gattung: *Stylina* LAMARCK, 1816

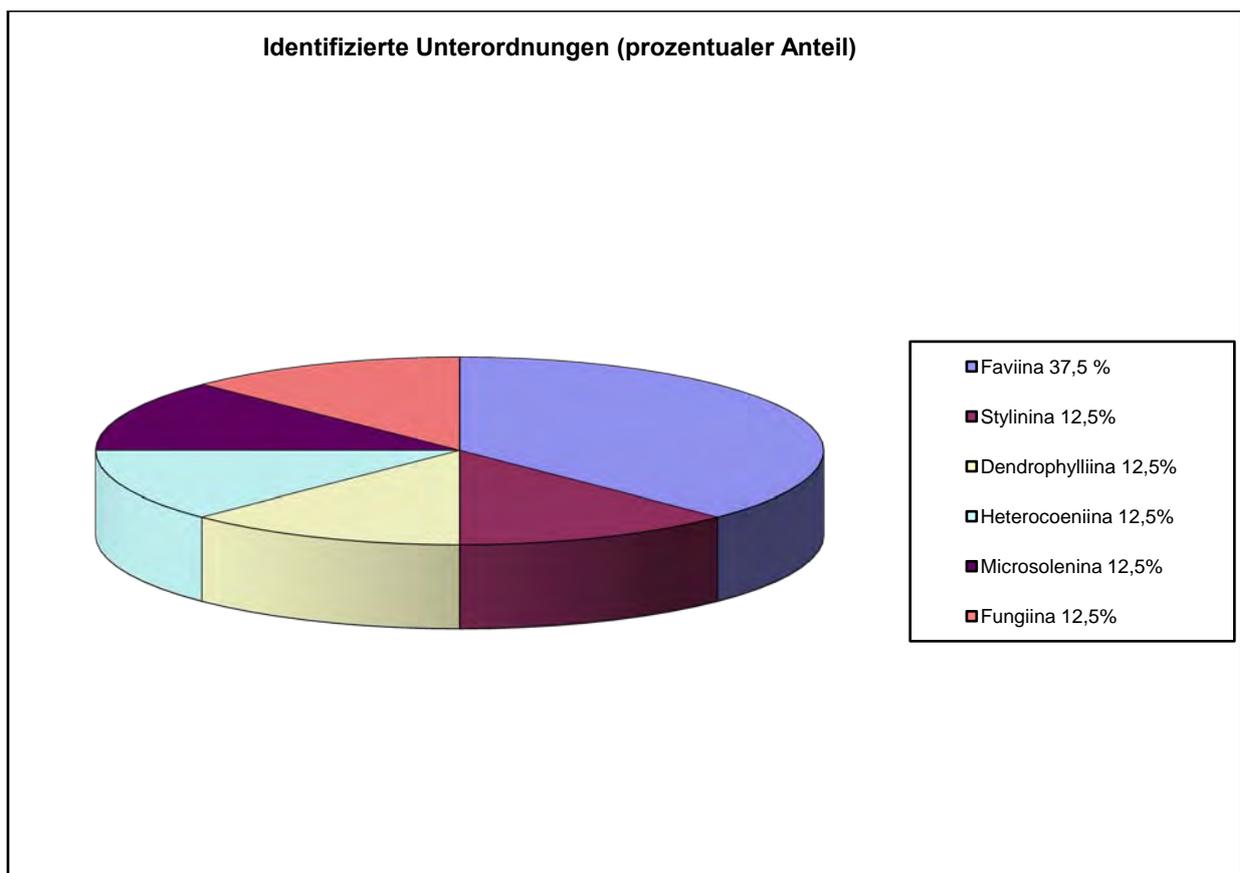
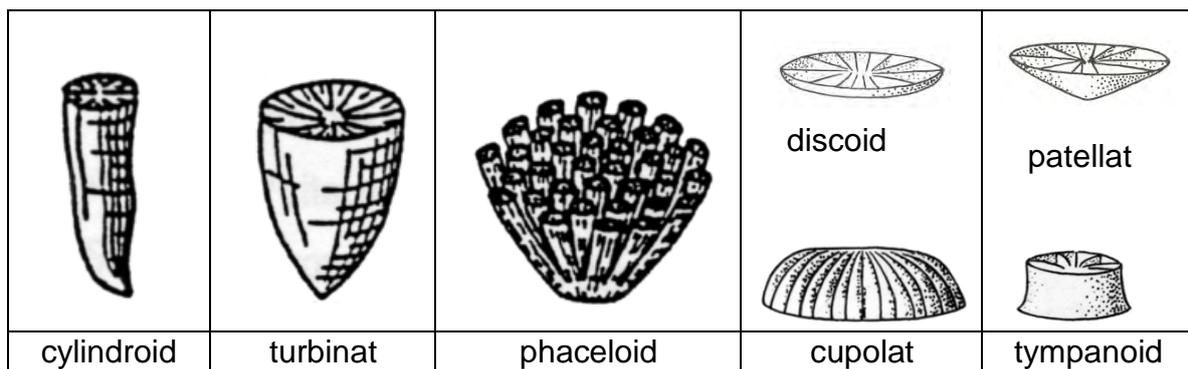


Abb. 6-3. Diagramm der prozentualen Verteilung aller identifizierten Unterordnungen.

Die in der vorangegangenen Übersicht nach Unterordnung und Familie gegliederten Gattungen werden im folgenden Abschnitt in alphabetischer Reihenfolge ihres

Gattungsnamens aufgelistet, beschrieben und diskutiert. Anzumerken ist, dass bei den Scleractinia (Steinkorallen) zwei unterschiedliche Organisationsformen eine generelle Differenzierung in Einzelkorallen (Solitärkorallen) oder koloniebildende Korallen (Stockkorallen) zulassen. Die für diese Untersuchung relevanten Formen sind in Abb. 6-4 (nach ERRENST, 1990, sowie WELLS, 1956) skizziert.

Einzelformen:



Koloniebildende Formen:

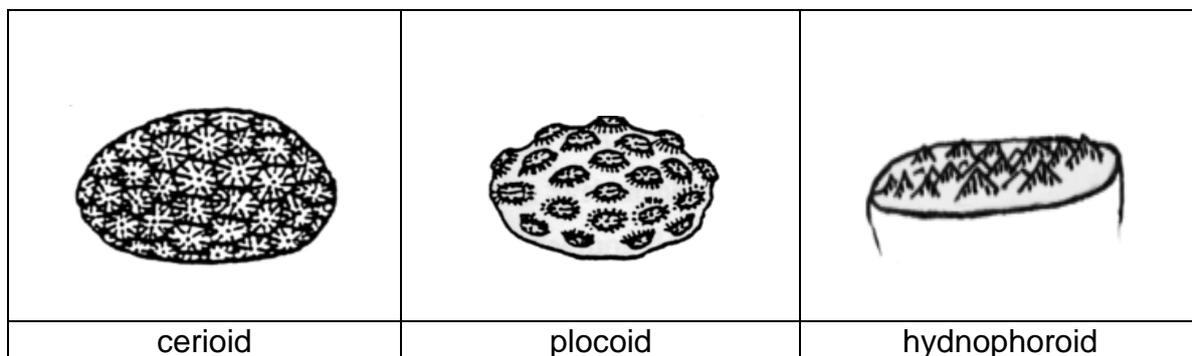


Abb. 6-4. Organisationsformen und Morphotypen der untersuchten Scleractinia (verändert nach WELLS, 1956; ERRENST, 1990).

Beide Organisationsformen zeigen spezifische Wuchsformen (Morphotypen) bei den Koralliten (Kelchen), deren Bau ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal darstellt. Bei den Stockkorallen (= koloniebildende Formen) sind zudem Ausbildung und Abstand der Kalkskelettareale zwischen den einzelnen Koralliten ein weiteres wichtiges Kriterium zur taxonomischen Bestimmung. Relevante fachspezifische Termini wurden zur Veranschaulichung vorab skizziert (Abb. 6-6) beziehungsweise werden in einer eigenen Zusammenstellung als Glossar am Ende des Kapitels in kurzer Form erläutert, basierend auf BARON-SZABO (1997, 2014 und 2015/2017, mündl. und schriftl. Mitt.) sowie weiteren Autoren.

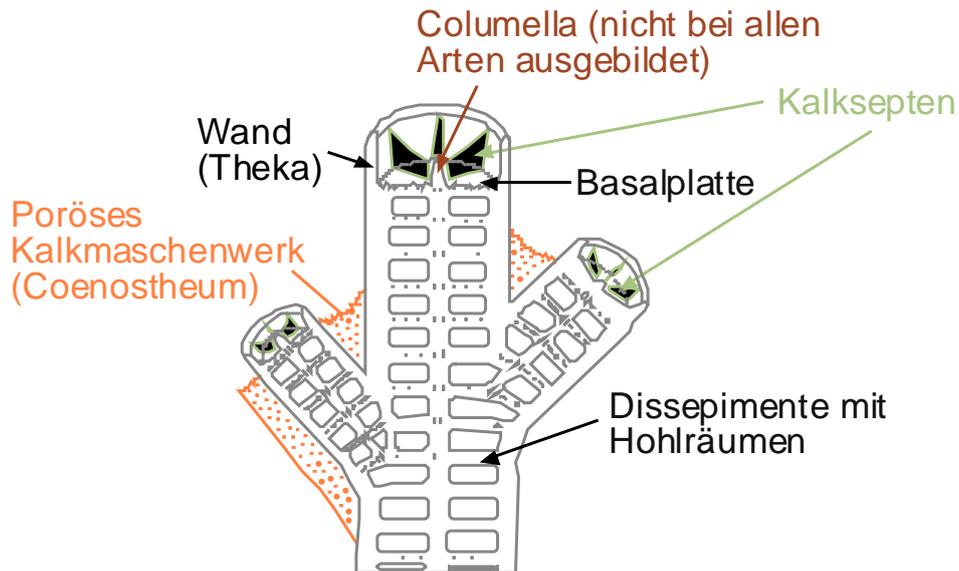


Abb. 6-5. Korallenskelett (Corallum), schematischer Bau (nach SCHUHMACHER, 1976).

6.3.2 Systematisch-taxonomische Zuordnung

6.3.2.1 *Baryhelia* sp.

(Tafel 5, Abb. 1-3)

Klasse: Anthozoa EHRENBERG, 1834

Unterklasse: Zoantharia BLAINVILLE, 1830

Ordnung: Scleractinia BOURNE, 1900

Unterordnung: Heterocoeniina BEAUVAIS, 1982

Familie: Heterocoeniidae OPPENHEIM, 1930

Gattung: *Baryhelia* MILNE EDWARDS, 1857

Typusart: *Baryhelia archiaci* MILNE EDWARDS, 1857

Synonymieliste: siehe BARON-SZABO, 2014

Fundlokalität: Rudistenhorizont 3, Aufschlusspunkt 31, 32

Stratigraphische Position: Cenoman

Umfang: 3 Exemplare sowie photographische Dokumentation im Gelände

Diagnose (aus BARON-SZABO, 2014, S. 84):

„Colonial, massive or subfasciculate, subcerioid to plocoid or irregularly circular. Budding intracalicular (septal division and ‘Taschenknospung’) and extracalicular. Permanent condition monocentric. Costosepta compact, generally nonconfluent, occasionally subconfluent. Septal flanks have fine to coarse granules and apophysal extensions. Inner wall parathecal, often with septothecal thickenings. Outer wall septothecal, generally incomplete or reduced. Because of the irregularity regarding the development of the outer wall, intracorallite dissepiments may not be distinguished from exothecal dissepiments. Dissepimentarium present or absent. When absent, outer wall lies directly on inner wall, giving the appearance of a multi-layered corallite wall (similar to the situation in e.g. *Acanthogyra*). Columella absent but trabecular extensions of axial ends of septa might fuse in corallite center forming a pseudo-columella that is often substyliform to sublamellar in shape. One more dominant septum present or absent. Lonsdaleoid septa irregularly present or reduced. Endothecal dissepiments vesicular, forming a generally weak dissepimentarium between inner and outer wall. Endothecal dissepiments of lumen generally subtabulate to cellular.“

Beschreibung:

In einem Handstück (Tafel 5, Abb.1, Größe: 12x10x10 cm) bildet *Baryhelia* sp. die Hauptkomponente mit zahlreichen länglichen, röhrenförmigen Kalkskeletten, die teilweise gut erkennbaren Verästelungen aufweisen und als Bruchstücke eine Länge von maximal 5 Zentimetern mit einem Durchmesser von 3 bis 5 Millimetern erreichen. Ein weiteres Handstück (Tafel 5, Abb. 3) zeigt jedoch, dass der Durchmesser auch eine Weite von > 7 Millimetern erreichen kann. Die Wand ist in Relation zu dem Querschnitt dick und erreicht eine Stärke von > 1 mm. Weitere Strukturen sind generell durch die Silifizierung schlecht erkennbar.

Eine genauere taxonomische Zuordnung ist bei diesen Stücken aufgrund des Erhaltungszustandes nicht möglich (BARON-SZABO, 2014, mündl. Mitt.).

Diskussion:

Baryhelia sp. ist in Jordanien bislang nur in dem Rabad Rudist Member der Einheit 7 (GERHARD, 2008) gefunden worden. Eine verästelnde Wuchsform ist innerhalb dieser Faunengemeinschaft nur von dieser Gattung sowie von *Heterocoenia* bekannt. An einer Lokalität im äußersten Südwesten des untersuchten Gebietes

westlich von Ishtafina geht die *Caprinula-Sauvagesia*-Assoziation mit Korallen als Begleitfauna in eine nahezu monospezifische *Baryhelia*-Gemeinschaft über, die gesteinsbildend mit einer Mächtigkeit von mehr als einem Meter ansteht. Die Ursache hierfür konnte nicht abschließend geklärt werden. Da diese Wuchsform generell Zonen mit geringer Wellenaktivität zugeordnet wird, ist eine plausible Erklärung ein Meeresspiegelanstieg mit dem Effekt, dass dieser Bereich auf ein Niveau unterhalb der Wellenbasis gelangte.

Die Gattung *Baryhelia* ist laut „Treatise of Inv. Pal.“, (F), S. 375, ein Synonym der Gattung *Heterocoenia* und nach dieser Zuordnung aus der Kreide von Europa, Nordamerika und Japan bekannt. Literaturzitate in weiteren Publikationen, beispielsweise von BARON-SZABO (1997 bzw. 2003) beziehen sich ebenfalls auf diese Gebiete. In der aktuellen Publikation von BARON-SZABO (2014) wird sie jedoch als eigene Gattung aufgestellt, die eine große Ähnlichkeit mit *Heterocoenia* aufweist und daher leicht verwechselt werden kann. *Baryhelia* ist nach dieser Arbeit in der Oberkreide mit mehreren Arten von Turon bis Santon aus Georgien, aus dem Coniac von Frankreich und von Coniac bis Maastricht aus Ungarn belegt. Aus kretazischen Abfolgen in der Region des Nahen Ostens ist diese Gattung bislang noch nicht beschrieben.

6.3.2.2 *Brachyphyllia* sp.

(Tafel 5, Abb. 4)

Klasse: Anthozoa EHRENBERG, 1834

Unterklasse: Zoantharia BLAINVILLE, 1830

Ordnung: Scleractinia BOURNE, 1900

Unterordnung: Fungiina VERILL, 1865

Familie: Acrosmiliidae ALLOITEAU, 1952

Gattung *Brachyphyllia* REUSS, 1854

Typusart: *Brachyphyllia dormitzeri* REUSS, 1854

Synonymieliste: siehe BARON-SZABO, 2014

Fundlokalität: Rudistenhorizont 8 Aufschlusspunkt 39

Stratigraphische Position: Turon

Umfang: 1 Exemplar

Diagnose (aus BARON-SZABO, 2014, S. 50):

„Subplocoid-subfasciculate colony. Budding extracalicular and intracalicular-marginal. Juvenile corallites in solitary stage are tympanoid, cupulate, patellate, subdiscoid. Septa porous to subcompact, with strongly beaded margins and ornamented with granules and pennular-like structures laterally. Columella well-developed, spongy, or reduced consisting of a small number of trabecular papillae. Endothecal dissepiments thin. Synapticulae numerous, less abundant in juvenile stages. Wall synapticulothecal. Epitheca present or absent in juvenile stages.”

Beschreibung:

Bei dem vorliegenden Exemplar handelt es sich um eine kleinere, leicht oval-rundlich gewachsene Stockkoralle. Das Korallum zeigt deutlich voneinander distanzierte runde Kelche, wobei der Abstand zum jeweiligen benachbarten Kelch variieren und bis zu 6 Millimetern betragen kann.

Das vorliegende Korallum hat eine Länge von 5 cm, eine Breite von 3,35 cm und eine Höhe von 5,6 cm. Es ist oberhalb der Anwachsstelle weggebrochen, so dass diese nicht vorhanden ist. Hierdurch ist jedoch der lagige Innenbau des Stockes erkennbar geworden. Die Form der zumeist hervorstehenden Kelche (Corallite) ist im Querschnitt rund bis leicht oval, ihr Durchmesser beträgt einheitlich um 7 Millimeter bei den runden beziehungsweise 7x8 Millimeter bei leicht ovaler Wuchsform. Sie zeigen im Kelchinneren zahlreiche radialstrahlig angeordnete senkrechte Scheidewände (Septen).

Weitere Merkmale sind schwer erkennbar aufgrund des silifizierten Erhaltungszustandes.

Diskussion:

Die Gattung *Brachyphyllia* ist aktuell mit mehreren Arten aus der Gosau-Fazies in Österreich beschrieben (BARON-SZABO 2014), sie wird von WELLS (1956) in die obere Kreide Europas gestellt. Nach BARON-SZABO (2014) ist sie unter anderem aus der Unterkreide von Nordspanien und aus der Oberkreide von Bulgarien, Deutschland, Frankreich, Spanien, sowie aus dem Grenzgebiet der Vereinigten Emirate/Oman und Jamaika bekannt. Aus Jordanien und den benachbarten Ländern ist die Gattung *Brachyphyllia* bislang nicht beschrieben worden.

Das hier vorliegende Exemplar *Brachyphyllia* sp. kommt in einer Kalksteinschicht vor, die stratigraphisch dem Turon zugeordnet wird. Diese Art bildet nach dem fossilen Befund jedoch eine Minderheit neben *Columnocoenia* sp., und eine unmittelbare

Vergesellschaftung beziehungsweise eine Verwachsung mit den Hippuritacea konnte nicht festgestellt werden. Sie dürfte daher in einer weitläufigen Nachbarschaft zu den *Hippurites*-Biohermen gesiedelt und somit keine unmittelbare Konkurrenz bezüglich der vorhandenen Nahrung etc. dargestellt haben.

6.3.2.3 *Columnocoenia* sp.

(Tafel 5, Abb. 5-9)

Klasse: Anthozoa EHRENBERG, 1834

Unterklasse: Zoantharia BLAINVILLE, 1830

Ordnung: Scleractinia: BOURNE, 1900

Unterordnung: Faviina VAUGHAN & WELLS, 1943

Familie: Pachyphylliidae Beauvais, 1982)

Gattung: *Columnocoenia*, ALLOITEAU, 1952

Typusart: *Columnocoenia lamberti* ALLOITEAU, 1957

Synonymieliste: siehe BARON-SZABO (1997)

Fundlokalität: Rudistenhorizont 8, Aufschlusspunkt 39

Stratigraphische Position: Turon

Umfang: 7 Exemplare sowie photographische Dokumentation im Gelände

Diagnose (aus BARON-SZABO, 2014, S. 30 und aktualisiert):

„Colonial, massive, plocoid. Budding mainly extracalicular and sometimes intracalicular (such as fission) Costosepta compact, arranged radially or irregularly radially-bilaterally. Columella lamellar. Endothecal dissepiments vesicular to tabulate. Pali or paliform structures before 1st and 2nd cycle septa. Wall (para-)synapticulothecal and septothecal.

Beschreibung:

Die vorliegenden Exemplare zeigen einen knolligen, länglich ovalen Wuchs, wobei eine Variante erkennbar ist, bei der die Kolonie länglich gestreckt und mit einem einem kurzen Stiel aufrecht angewachsen ist. Die einzelnen Kelche sind mit deutlichem Abstand zueinander gewachsen (plocoid). Der größte Korallenstock (Tafel 5, Abb. 9) erreicht eine Höhe von 9,25 Zentimetern bei einem Querschnitt von

6 Zentimetern, ist jedoch im unteren Bereich unvollständig erhalten, deshalb ist über eine maximale Wachstumshöhe keine Aussage möglich. Die gestielte Variante erreicht nur die Höhe von maximal 6,75 Zentimeter plus 1,4 Zentimeter für den Stiel bei einem maximalen Durchmesser von 4,5 Zentimetern (Tafel 5, Abb. 5). Die einzelnen Corallite sind rund, nur sehr selten leicht oval im Querschnitt und ihr Durchmesser beträgt 7 bis 8,5 Millimeter. Die Columella ist vorhanden, aber durchweg schlecht erhalten, ebenso wie die weiteren Gattungsmerkmale.

Diskussion:

Columnocoenia ist von allen fossil erhaltenen Korallengattungen, die westlich von Ishtafina bestimmt wurden, die am häufigsten nachgewiesene und wurde ausschließlich aus turonen Schichten geborgen. Nach LÖSER (2009) gibt es jedoch während der gesamten Kreide 30 Arten, und sie kommt bereits im Jura häufig vor. In Süd-Jordanien ist "*Columnocoenia?* sp." von BERNDT (2002) aus den cenomanen Schichten ohne exakte taxonomische Beschreibung erwähnt (S. 53, 59) und abgebildet (Tafel 12, Abb. 7-8) worden. Ihr Vorkommen zeigt keinen Bezug zu einer Rudisten-Gemeinschaft, sie sind im Gegenteil Bestandteil seiner „...*Exogyra* (*Costagyra*) *olisiponensis* – *Ilymatogyra* (*Afroyra*) *africana* association“ (S.212). Westlich von Ishtafina tritt *Columnocoenia* am Aufschlußpunkt 39 mit *Hippurites* in Kalksteinen auf, die auf Grund der Hippuritenvorkommen stratigraphisch höchstens in das Turon gestellt werden können. Hierbei sind sie nicht eng miteinander assoziiert, sondern wachsen eher isoliert nebeneinander. Eine ähnliche Vergesellschaftung wird von BARON-SZABO 1997 als Typ I aus der Brandenberger Gosau beschrieben, die nach SANDERS & BARON-SZABO (1997) stratigraphisch vom späten Turon bis in das frühe Coniac reicht.

Columnocoenia tritt in der Unterkreide von Frankreich, Spanien, Schweiz, Griechenland, Rumänien, Polen, Ungarn, Aserbaidschan, Turkmenistan, Ukraine, Iran, Chile sowie Mexiko auf und ist im Cenoman von Deutschland und Mexiko sowie aus dem Coniac von Serbien und Montenegro beschrieben worden (Baron-Szabo, 2014). Aus den turonen Abfolgen des Nahen Ostens war sie bisher unbekannt und wird nunmehr erstmals belegt.

6.3.2.4 *Hydnophora* sp.

(Tafel 6, Abb. 1)

Klasse: Anthozoa EHRENBERG, 1834

Unterklasse: Zoantharia BLAINVILLE, 1830

Ordnung: Scleractinia BOURNE, 1900

Unterordnung: Faviina VAUGHAN & WELLS, 1943

Familie: Merulinidae VERILL, 1865

Gattung: *Hydnophora*: FISCHER VON WALDHEIM, 1807

Typusart: *Madrepora excessa* PALLAS, 1766 (= *Hydnophora demidovii* FISCHER VON WALDHEIM, 1807)

Synonymieliste: siehe BARON-SZABO (1997, 2014)

Fundlokalität: Rudistenhorizont 3, Aufschlssspunkt 16

Stratigraphische Position: Cenoman

Umfang: 1 Exemplar

Diagnose (aus BARON-SZABO, 2014, S. 25):

„Colonial. Massive, lamellar or foliaceous, hydnochoroid. Budding intracalicular. Collines often short, discontinuous. Septa compact, finely granulated laterally. Columella irregularly trabecular to lamellar, discontinuous. Endothecal dissepiments thin, versicular. Wall septoparathecal.”

Beschreibung:

Auf einem Handstück (Tafel 6, Abb. 1) liegt krustenartig ein 4,8 x 3,65 Zentimeter großes Fragment einer Steinkorallenkolonie, welches eine Höhe bis zu 1,9 Zentimetern erreicht. Aufgrund des Erhaltungszustandes sind die Diagnosemerkmale wie beispielsweise die Ausbildung der Columella, nur schwach oder nicht mehr erkennbar. Die Kelche zeigen eine einheitliche Größe um 3-5 Millimeter Durchmesser.

Diskussion:

Das vorliegende Handstück dokumentiert das älteste bekannte Vorkommen der Gattung *Hydnophora* in Jordanien und aus dem Nahen Osten. Auf Grund der

stratigraphischen Reichweite, die von der Kreide bis rezent reicht, ist sie jedoch kein Indikator für ein cenomanes Alter des Rabad Rudist Member.

Hydnophora ist nach dem „Treatise of Inv. Pal.“ (Part F, S.403) aus Eurasia, Westindien, Südamerika und dem Indopazifischen Raum bekannt. BARON-SZABO (2014) beschreibt Vorkommen der Gattung *Hydnophora* aus unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus der Unterkreide in Bulgarien, Deutschland, Griechenland, Italien, Rumänien sowie Texas USA) sowie der Oberkreide in Bulgarien, Frankreich, Italien, Rumänien, Serbien, Slowenien, Spanien und Ungarn.

6.3.2.5 *Latiastrea* sp.

(Tafel 6, Abb. 2, 3)

Klasse: Anthozoa EHRENBERG, 1834

Unterklasse: Zoantharia BLAINVILLE, 1830

Ordnung: Scleractinia BOURNE, 1900

Unterordnung: Microsolenina MORYCOWA & RONIEWICZ, 1995

Familie: Latomeandridae ALLOITEAU, 1952

Gattung: *Latiastrea* L. BEAUVAIS, 1964

Typusart: *Latiastrea foulassensis* L. BEAUVAIS, 1964

Synonymieliste: siehe BARON-SZABO, 2014

Fundlokalität: Rudistenhorizont 3, Aufschlusspunkte 19, 31

Stratigraphische Position: Cenoman

Umfang: 2 Exemplare

Diagnose (aus BARON-SZABO, 2014, S. 72 und aktualisiert 2017, mündl. Mitt. 2017):

„Colonial, massive, cerioid. Budding intracalicular. Corallites prismatic, elongate, monocentric, or temporarily dicentric (to ?polycentric) during budding processes, or arranged in meandroid series. Costosepta nonconfluent to subconfluent, with rare perforations on axial ends of septa. Rudimentary young septa alternate with old ones. Septal flanks are ornamented with large, spiniform granulae. Pennulae present. Distal margins covered with small, regularly developed rounded denticles.

Synapticulae present. Columella parietal-spongy, sometimes forming elongate segments. Endothecal dissepiments thin, vesicular. Wall synapticulothecal and septothecal.”

Beschreibung:

Die beiden vorliegenden Kolonien bilden auf den jeweiligen Gesteinsbruchstücken eine leicht konkav geformte Kruste, die maximal eine Höhe von einem Zentimeter erreicht. Ein Exemplar ist in einer Größe von 5,1x 3,4 cm erhalten geblieben, das zweite bedeckt eine Fläche von 9x5,3 cm. Die Kelche liegen mit einem Zwischenraum deutlich voneinander getrennt (plocoid). Die Korallite sind länglich. Eine Columella ist vorhanden, aber nicht näher zu spezifizieren.

Diskussion:

Die Gattung *Latiastrea* wurde erst 1964 von BEAUVAIS aufgestellt und ist daher im Treatise of Invertebrates (Hrsg. MOORE, 1956) nicht berücksichtigt. Laut BARON-SZABO (1997, 2014) ist sie bislang aus verschiedenen stratigraphischen Positionen innerhalb der Unterkreide Europas (Bulgarien Deutschland, Griechenland, Schweiz, Serbien, Spanien, der Ukraine), Mexikos sowie aus dem Iran (BARON-SZABO et al., 2013) beschrieben. Aus dem Cenoman ist sie bislang nur in Spanien belegt. Daher ist ihr Auffinden als erster Nachweis eines oberkretazischen Vorkommens in Jordanien und dem gesamten Nahen Osten bedeutsam.

6.3.2.6 *Peplosmilia* sp.

(Tafel 6, Abb. 4)

Klasse: Anthozoa EHRENBERG, 1834

Unterklasse: Zoantharia BLAINVILLE, 1830

Ordnung: Scleractinia BOURNE, 1900

Unterordnung: Faviina VAUGHAN & WELLS, 1943

Familie: Placosmiliidae ALLOITEAU, 1952

Gattung: *Peplosmilia* MILNE-EDWARDS & HAIME, 1851

Typusart: *Peplosmilia austeni* MILNE-EDWARDS & HIAME, 1850

Synonymieliste: siehe BARON-SZABO (1997)

Fundlokalität: Rudistenhorizont 3, Aufschlusspunkt 32

Stratigraphische Position: Cenoman

Umfang: 1 Exemplar

Diagnose (aus BARON-SZABO, 1997, S. 72):

„Korallum einfach, mit einer breiten Basis festgeheftet, cylindrisch und über die gesamte Polyparlänge von einer membraniformen Epithek umgeben, welche einige leichte transversale Falten aufweist. Kelch kreisförmig oder etwas oval; Fossula flach, eng und verlängert. Columella gut entwickelt und lamellar; die Septen sind nahe der Columella geneigt ... lateral granuliert; Dissepimente vesikulär und recht zahlreich.“

Beschreibung:

Ein Exemplar der Scleractinia-Fauna aus dem Rabad Rudist Member konnte als dieser Gattung zugehörig bestimmt werden (BARON-SZABO, 2014, mündl. Mitt.). Die äußere Gestalt zeigt einen leicht ovalen Querschnitt mit den Maßen 3,1 cm x 2,9 cm. Die Wachstumshöhe und ihre Anheftung an die Grundlage ist nicht sichtbar, da das Exemplar im Gesteinsverbund vorliegt. Der inneren Grundbau ist auf Grund der Silifizierung nur grob im Querschnitt erkennbar (siehe Abb. 4, Tafel 6).

Eine genaue Artbestimmung kann auf Grund des Erhaltungszustandes nicht vorgenommen werden.

Diskussion:

Nach MOORE (1956, Hrsg.) kommt diese Gattung ab dem Unterjura bis in die mittlere Kreide von Europa vor. BARON-SZABO (2014) bestätigt ihr Vorkommen während der Unterkreide in England, Griechenland, Serbien, Slowenien, Spanien, Turkmenistan und Tibet und während der Oberkreide in Frankreich und Österreich. In Ungarn kommt die Gattung während der gesamten Kreidezeit vor (BARON-SZABO 2014) .

In vorliegender Literatur ergaben Recherchen bezüglich eines Vorkommens von *Peplosmilia* in der Region des Nahen Ostens, dass MANIVIT et al. (1990) *Peplosmilia sessilis* aus dem Mitteljura Saudi Arabiens und PANDEY et al. (2007) *Peplosmilia austeni* aus dem oberen Abt des Iran beschrieben haben. Die von

GAMEIL (2005) aus der Grenzregion der Vereingten Arabischen Emiraten-Oman beschriebene *Peplosmia latona* „...appears to be a non-scleractinian...“ BARON-SZABO (2014).

Diese Gattung ist während verschiedener Phasen der Kreideperiode als Kosmopolit bekannt (BARON-SZABO, 2016, schriftl. Mitt.). Durch das hier vorliegende Exemplar wird sie jedoch stratigraphisch erstmalig aus der Oberkreide Jordaniens belegt.

6.3.2.7 *Rhabdopsammia* sp.

(Tafel 6, Abb. 5)

Klasse: Anthozoa EHRENBERG, 1834

Unterklasse: Zoantharia BLAINVILLE, 1830

Ordnung: Scleractinia BOURNE, 1900

Unterordnung: Dendrophylliina VAUGHAN & WELLS, 1943

Familie: Dendrophylliidae GRAY, 1847

Gattung *Rhabdopsammia* ALLOITEAU, 1952

Typusart: *Rhabdopsammia lanquinei* ALLOITEAU, 1952

Synonymieliste: siehe BARON-SZABO, 2014

Fundlokalität: Rudistenhorizont 3, Aufschlusspunkt 16

Stratigraphische Position: Cenoman

Umfang: 1 Exemplar

Diagnose (aus BARON-SZABO, 2014, S. 46):

“Solitary, cylindrical to turbinate (corallite diameter to around 18 mm) and colonial, arranged in phaceloid clumps. Solitary stage probably with a corallite height to 25 mm. Budding intracalicular. Costosepta compact to subcompact, thick near the wall partly due to merging of adjacent septa (as in *Dasmiopsis*). Septal flanks covered with granules varying in size and shape (rounded, pointed, flat, crispate, etc.). Septa normally arranged or irregularly following Pourtalès plan. Endothecal dissepiments vesicular, numerous. Columella trabecular, appears in various spongy-papillose to lamellar segmented shapes. Synapticulae present. Wall synapticulothecal with sparsely occurring pores; in places secondarily thickened, forming a septotheca.”

Beschreibung:

Ein Exemplar dieser Koralle wurde von BARON-SZABO (mündl. Mitt.) identifiziert, aber eine genaue Bestimmung der Art ist auf Grund des Erhaltungszustandes nicht möglich. Sie ist nicht vollständig erhalten, zeigt jedoch eine deutliche Lateralknospung. Der Durchmesser der Kelche beträgt 3,2 beziehungsweise 1,5 Zentimeter, die erhalten gebliebene Höhe des Hauptkelches 2 Zentimeter und die des jüngeren seitlich gewachsenen Kelches 1,6 Zentimeter.

Diskussion:

Die Gattung *Rhabdosammia* ist bis heute weder aus dem Cenoman bekannt noch aus Gebieten außerhalb Europas beschrieben. Fund und Bestimmung von dem Exemplar aus Jordanien sind daher sowohl stratigraphisch als auch in Bezug ihrer Verbreitung von besonderer Bedeutung.

6.3.2.8 Sakalvastraea sp.

(Tafel 6, Abb. 6)

Klasse: Anthozoa EHRENBERG, 1834

Unterklasse: Zoantharia BLAINVILLE, 1830

Ordnung: Scleractinia BOURNE, 1900

Unterordnung: Faviina VAUGHAN & WELLS, 1943

Familie: Merulinidae VERILL, 1865

Gattung: *Sakalvastraea* ALLOITEAU, 1958

Typusart: *Sakalavastraea collignoni* Alloiteau, 1958,

Synonymieliste: bislang keine jüngeren Synonyme zu dieser Gattung gestellt

Fundlokalität: Rudistenhorizont 3, Aufschlusspunkt 16

Stratigraphische Position: Cenoman

Umfang: 1 Exemplar

Diagnose (nach Baron-Szabo, schriftl. Mitt.):

„Cerioide Kolonie mit kompakten, fein-ornamentierten Septen, die sich im Kelchzentrum oft mit der lamellaren Columella verbinden. Systemanordnung der

Septen undeutlich. Vermehrung durch intracalliculare Knospung. Wand monozentrischer Korallite ist septothekal; die polyzentrischer ist septoparathekal.

Beschreibung:

In einem Gesteinsfragment ist eine 2,8 x 2,2 Zentimeter große Kolonie erkennbar, die von mehr als dreißig, um 2 Millimeter großen Coralliten gebildet wird. Die Kelche beruehren sich mit den Wänden (cerioid). Die Verbindung der Septen mit der Columella ist nur partiell erhalten geblieben.

Diskussion:

Es liegt nur ein kleines Fragment einer Kolonie vor. Die Zuordnung zu der Gattung *Sakalvastraea* ist zudem erschwert, da die oben genannten Gattungsmerkmale aufgrund des Erhaltungszustandes nur eingeschränkt identifizierbar sind (BARON-SZABO, mündl. Mitt.).

Diese Gattung wurde nach LATHUILLIÉRE (1989) aus Nordamerika, Europa und Afrika beschrieben, wobei die verschiedenen Lokalitäten stratigraphisch in das mittlere bis obere Jura gestellt werden. Nach LÖSER & SKLENAR (2016) ist sie ebenfalls aus kretazischen Schichten Europas bekannt, die bis in das obere Cenoman reichen. Nach diesem Befund ist die aktuelle stratigraphische Position des Rabad Rudist Member im Cenoman korrekt eingestuft.

6.3.2.9 *Stylina* sp.

(Tafel 6, Abb. 7, 8)

Klasse: Anthozoa EHRENBERG, 1834

Unterklasse: Zoantharia BLAINVILLE, 1830

Ordnung: Scleractinia BOURNE, 1900

Unterordnung: Stylinina ALLIOTEAU, 1952

Familie: Stylinidae D'ORBIGNY, 1851

Gattung *Stylina* LAMARCK, 1816

Typusart: *Stylina echinulata* LAMARCK, 1816

Synonymieliste: siehe MOORE, 1956, F376; BARON-SZABO, 2014, S. 76

Fundlokalität: Rudistenhorizont 3, Ausschlusspunkte 16, 28, 33
Rudistenhorizont 10, Aufschlusspunkt 39

Stratigraphische Position: Cenoman, Turon

Umfang: 4 Exemplare

Diagnose (aus BARON-SZABO, 2014, S. 76):

„...Colonial, massive, plocoid. Budding extracalicular. Costosepta compact, laterally finely granulated. Costae confluent or nonconfluent. Columella styliform. Wall septothecal, paraseptothecal, parathecal. Synapticulae absent. Endothecal dissepiments tabular. Peritheca vesicular.“

Beschreibung:

Bei den vorliegenden Exemplaren „C5 und C6“ haben die einzelnen Kelche einen Durchmesser von rund 2 Millimetern, und die Abstände zueinander sind meist ein Vielfaches des Durchmessers, während der Durchmesser bei dem Exemplar „C12“ 3-4 Millimeter beträgt und die Kelche zumeist im gleichen Abstand angeordnet sind (s. Tabelle 6-1.

Tabelle 6-1 Abstand der Zwischenräume zwischen den Kelchzentren

<u>Bezeichnung der Koralle:</u>	<u>maximaler Abstand zwischen den Kelchzentren:</u>
C5	11 Millimeter
C6, C12	9 Millimeter
T1	7 Millimeter

Diese Korallen können aufgrund des Erhaltungszustandes nicht näher bestimmt werden, und sogar die Zugehörigkeit zu der Gattung *Stylina* bei den Exemplaren „C12“ und T1 ist fraglich (BARON-SZABO, mündl. Mitt.).

Diskussion:

Diese Gattung wurde bereits mit der Art *Stylina grandis* STOL. von FELIX 1913 aus dem „Cenoman von ‚Ainel-Homār“ beschrieben, das höchstwahrscheinlich dem

nordwestlich von Amman gelegenen Ort Hummar entspricht. Weitere Funde der Gattung *Stylina*, die von FELIX 1909 und 1913 in die neuen Arten *S. Ammonis* nov. sp. sowie *S. Esmum* nov. sp. differenziert wurden, stammen aus dem Cenoman des Libanon westlich Beirut. Sie unterscheiden sich voneinander durch ...“durch angeführten Dimensionen der Polyparien und Kelche...genügend...” (1909). Die Art *Stylina grandis* zeichnet sich nach FELIX (1913) unter Anderem durch die Entfernung der „Kelchcentren“ von 21 bis 26 Millimetern, wobei einige Kelche mit benachbarten Kelchen zusammen stoßen sollen. Diese Werte werden bei den vier hier vorliegenden Exemplaren nicht erreicht. Hier beträgt der Abstand maximal 11 Millimeter.

In dem entsprechenden Treatise..., Part F, wurde von WELLS (1956) eine Verbreitung der Gattung *Stylina* ab der oberen Trias bis in die Unterkreide von Europa, Asien, Afrika und Amerika aufgelistet. Aktueller wurde die Gattung *Stylina* zusammen mit weiteren Scleractinia nördlich von Esfahan (BARON-SZABO et al. 2003) sowie vom Südrand des Koppeh-Dagh-Gebirges (PANDEY et al. 2007) beschrieben. Diese iranischen Vorkommen stammen vollständig aus Unterkreideabfolgen (Apt-Alb) und werden auch in der aktuellen Publikation von BARON-SZABO (2014) berücksichtigt. Ein Vorkommen von *Stylina* in turonen Abfolgen des Nahen Ostens ist in der Literatur bislang nicht publiziert worden, und auch das in der vorliegenden Arbeit beschriebene, aus dem Turon stammende Exemplar stellt auf Grund der ungesicherten Bestimmung keinen fundierten Nachweis hierfür dar.

6.3.3 Ergebnisse und Diskussion

Die Korallen als Begleitfauna der Rudisten-Siedlungen westlich von Ishtafina zeigen je nach stratigraphischem Vorkommen eine differenzierte Vielfalt. In den untersuchten Rudisten führenden Abfolgen wurden sieben Scleractinia-Gattungen im Cenoman (Abb.6-6) sowie drei Gattungen im Turon gefunden (Abb. 6-7), wobei nur die Gattung *Stylina* in beiden stratigraphischen Niveaus auftritt, allerdings im Turon als fraglich eingestuft werden muss. Nach diesen Befunden herrschte im cenomanen Riff (Rabad Rudist Member) eine deutlich höhere Artenvielfalt als in den turonischen Vorkommen vor.

Weiterhin ist festzustellen, dass die Unterordnung Faviina VAUGHAN & WELLS, 1943 nach den vorliegenden Ergebnissen überdurchschnittlich repräsentiert ist (s. Abb. 6-3). In dem Gebiet westlich von Ishtafina ist sie im Cenoman durch drei

Familien (plus einer vierten aus rudistenleeren Schichten der Einheit 3) vertreten und die Gattung *Columnocoenia*, die dort im Turon dominiert, gehört ebenfalls zu einer Familie der Faviina.

Es ist auffällig, dass fast alle hier auftretenden Gattungen des Cenomans bislang aus Jordanien und (der umliegenden Region) unbekannt sind. Die Ursachen können einerseits darin begründet liegen, dass die bereits beschriebenen Korallen überwiegend aus mergeligen Kalksteinen geborgen wurden, also ein anderes Milieu widerspiegeln, und andererseits diese paläontologische Sparte bislang völlig unzureichend berücksichtigt wurde, so auch von BERNDT (2002) in seiner Dissertation über „Palaeoecology and taxonomy of the macrobenthic fauna from the Upper Cretaceous Ajlun Group, southern Jordan“, in der er anmerkt (S.53) : „... The following benthic species are not described in the taxonomic part of this work:...*Astraeofungia* sp., *Meandrarea* sp., *Columnocoenia?* sp., *Aspidiscus cristatus* (corals)...“. Gleichwohl stammen seine aus dem Naqb Member auf Tafel 12 (Fig. 5-9) dargestellten Exemplare aus dem Cenoman, und nur *Columnocoenia?* sp., aus dem Turonafolgen westlich von Ishtafina überschneidet sich mit denen cenomanen Alters aus SüdJordanien.

Auf Seite 69 beschreibt gleicher Autor, dass die Gattung *Astraeofungia* sp. in der von ihm definierten „(B) *Exogyra* (*Costagyra*) *olisiponensis* – *Ilymatogyra* (*Afrogyra*) *africana* association“ einen Anteil an der Fauna von 6.2% beträgt. Demnach ist diese Gattung repräsentativ in einer Austern-dominierten Fazies anzutreffen. Dagegen ordnet er die von ihm beschriebenen Rudisten der Gattung *Toucasia* sowie *Radiolites?* sp. aus dem Cenoman einer anderen Gemeinschaft (*Aphrodina* *dutrugiei*-*Paraesa* sp. association) zu, und hieraus ergibt sich, dass Rudisten-Korallen-Assoziationen in den Ausprägungen, wie sie im Ajlun gebildet wurde, in SüdJordanien nicht vorhanden sind.

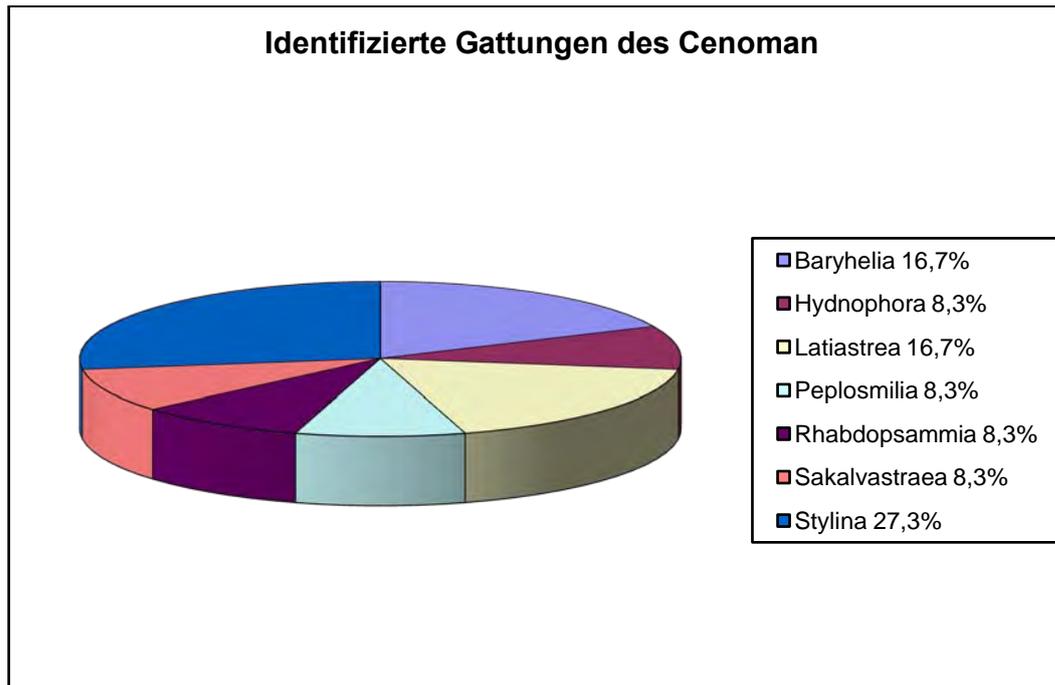


Abb. 6-6. Diagramm: prozentuale Übersicht aller identifizierten Gattungen des Cenoman.

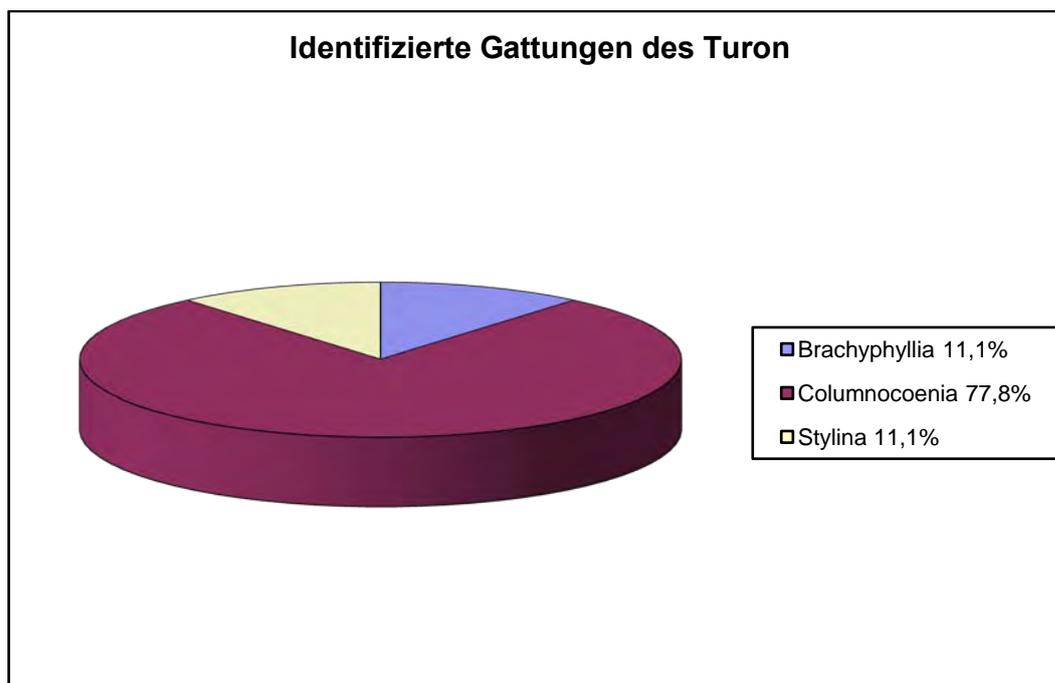


Abb. 6-7. Prozentuale Übersicht aller identifizierten Gattungen des Turon.

Aus dem Turon stammende Korallen Jordaniens sind, unabhängig von einem Status als Rudisten-Begleitfauna, bislang nur von GERHARD (2008) sowie BANDEL & SALAMEH (2013) beachtet worden und so erfolgt in der vorliegenden Arbeit erstmals eine taxonomische Bestimmung für diese Fauna. Den vorliegenden fossilen

Befunden zufolge kam es im Turon zu einer deutlichen Reduzierung der Gattungen, die mit einer ebenso deutlichen Abnahme der Rudisten-Gattungen korrespondiert.

Aus dem Turon sind nach vorliegender Literatur in der umliegenden Region Jordaniens (Israel, Palästina, Syrien, Libanon) Korallenvorkommen nur bei BLANCKENHORN (1890) erwähnt. So beschreibt er die Gattungen *Celluastreaa crenata* n. sp., die von Baron-Szabo (2014, p. 77-78, pl. 83) zu *Cladophyllia* gestellt wurde und entgegen der ursprünglichen Literatur aus dem Unteraptium stammen soll. Weiterhin wird *Phyllocoenia* sp. aus den „...höheren weissen, kieseligen Rudistenkalken...“ von 'Abeih (Libanon) angeführt. Alle dort genannten Exemplare scheinen jedoch nach BARON-SZABO (schriftl. Mitt., 2017) zu *Columnocoenia* und/oder *Neocoenia* zu gehören. Ferner wurde von ihm *Celluastrea aedificium* n. sp. beschrieben „...Bei Mar'asch wahrscheinlich aus Kreideschichten gesammelt...“.

Nach BLANCKENHORN (1890, S. 39) kommen dessen Gattungen *Celluastreaa crenata* n. sp. und *Phyllocoenia* sp. zusammen mit *Sphaerulites Sauvagesi d'Hombre-Firm.* (= *Radiolites syriacus* NÖTL. non! CONRAD) und *Diceras Nötlingi* n. sp. in einer charakteristischen Fossilienbank vor. Diese Bank wurde von ihm ins Turon gestellt, die Datierung erfolgte auf Grund des Vorkommens von *Sphaerulites Sauvagesi* und *Nerinea gemmifera*. WOLFART (1967, S. 95) stellt dagegen alle von ihm erfaßten Anthozoa aus Syrien und dem Libanon in das Cenoman, ebenso wie die Gastropode *Nerinea gemmifera* und den Rudisten *Praeradiolites maroni* DOUVILLÉ, der laut KÜHN (1932) synonym mit *Sphaerulites Sauvagesi* d'Hombre-Firm ist, so dass nach dieser Einstufung Zweifel darüber bestehen müssen, ob die von Blanckenhorn beschriebenen Anthozoen tatsächlich in das Turon gehören. Wenn es sich bei der fraglichen Gattung *Phyllocoenia* um *Columnocoenia* handelt, wie von BARON-SZABO angeführt und diese bislang in Jordanien auf Grund des gemeinsamen Vorkommens mit *Hippurites* nur dem Turon zugeordnet werden kann, darf jedoch die Möglichkeit einer korrekten zeitlichen Einstufung seitens BLANCKENHORN nicht ausgeschlossen werden.

Interessant ist die Tatsache, dass Korallen aus dem Turon auch in Jordanien nur sehr lokal in einem kleinen Gebiet westlich von Ishtafina anstehen. Da es sich – abgesehen von *Stylina* sp. - um unterschiedliche Gattungen im Vergleich zu den im Rabad Rudist Member vorkommenden Korallen handelt, ist es wenig wahrscheinlich, das ein cenomaner Horizont aufgearbeitet und mit den Hippuriten vermengt wurde. Dagegen spricht auch das Fehlen der entsprechenden Rudistenfauna aus dem

Cenoman. Es handelt sich somit bei dem aktuell untersuchten Material um das erste gesicherte Auftreten von Anthozoa aus dem Turon in der gesamten Region.

Bei dem Vorkommen der vorliegenden Korallen aus dem Turon ist auffällig, dass sie relativ kleinwüchsig (< 20 cm Höhe) und nicht übereinander gewachsen sind. Hierfür könnte ein sehr flacher Wasserstand über dem Wuchsniveau verantwortlich sein. Die Gemeinschaft zu den Hippuriten zeigt sich nach den Befunden im Gelände nur an der Basis der ersten auftretenden Hippuriten. Dieser Bereich stellt eine Übergangszone von der rudistenleeren Korallenfauna zur korallenfreien Hippuritenfauna dar, nachdem sich die Lebensbedingungen zu Gunsten der Hippuriten optimierten, beispielsweise durch einen höheren Wasserstand, der das Übereinanderwachsen der Hippuriten ermöglichte.

Bei einem Vergleich der „Ishtafina“-Korallen-Rudisten-Assoziationen mit denen in der Gosau-Fazies, wie sie beispielweise bei BARON-SZABO (1997) von der Brandenberger Gosau beschrieben sind, ist erkennbar, dass die jordanischen Gemeinschaften von der Wuchsform her äquivalent klassifiziert werden können: im Cenoman entsprechen sie eher ihrem „Typ B“, obwohl ästige Korallen nicht durchgängig auftreten, während das Vorkommen im Turon eher dem „Typ A“ ähnelt, der nach gleicher Autorin „...aus einer lockeren Ansammlung von massigen Korallen und Elevator Rudisten ...“ besteht.

In den Schichten zwischen den beiden untersuchten Rudisten-Haupthorizonten fehlen Belege für eine Korallenfauna. Allerdings gibt es deutlich unterhalb dieser Horizonte in der Einheit 3 in einer mergeliger Fazies (GERHARD, 2008, unpubl.) Solitärkorallen wie beispielsweise die von BARON-SZABO (2014, mündl. Mitt.) bestimmte *Montlivaltia* sp., die jedoch als Begleitfauna in den entsprechenden Rudisten-führenden Horizonten fehlt und daher in dieser Untersuchung unberücksichtigt blieb.

Abschließend ist anzumerken, dass es unter wissenschaftlichen Aspekten notwendig wäre, die kretazische Scleractinien-Fauna Jordaniens sowohl in den rudistenführenden als auch in den rudistenfreien Schichten in einem speziellen Projekt weitergehender zu untersuchen, als es beispielsweise im Rahmen der vorliegenden Arbeit möglich ist. Hierbei sollte das Auffinden weiterer Lokalitäten sowie eine taxonomische Erfassung der Anthozoa vordergründig berücksichtigt werden.

6.4 Glossar verwendeter deutsch- und englischsprachiger Fachbegriffe (eigene Zusammenstellung):

budding	Knospung
calicinal	Korallit-bezogen
Coenostheum	Poröses Kalkmaschenwerk zwischen den einzelnen Koralliten (in koloniebildenen Formen)
Collines	Vertikal erhobene Wandbereiche von Kelchreihen. Sie können sehr kurz und höckerförmig, (hydno-phoroide Form;) oder in langen Reihen (mäandroiden) angeordnet sein
Columella	vertikale Skelettstruktur im Zentrum des Korallites; kann unabhängig oder aus unterschiedlichen Formen der Septenenden entwickelt sein und ist nicht bei allen Scleractiniern ausgebildet
confluent	Septen benachbarter Korallite verbinden und bilden eine durchgehende Einheit
Costosepten	Septenverlaengerung ausserhalb des Korallits
Disseptimente	Plattenförmige oder gewölbte Skelettelemente, die einen blasenförmigen Hohlraum umschließen
Dissepimentarium	Korallitwand aus zahlreichen Dissepimentringen bestehend
Endothek	Sammelbegriff für die in einem Korallit vorhandenen Dissepimente und Synaptikel
endothecal	Skelettstruktur innerhalb des Korallits gelegen
extracalicinale Knospung	Eine Vermehrung findet außerhalb des Korallits statt
fasciculate	spezielle ästige Wuchsform, wobei Korallite in 3er-Gruppen angeordnet sind
intracalical	Vermehrungsmethode, die innerhalb des Korallits statt findet.
Korallum	Bezeichnung für das gesamte Korallenskelett
lonsdaleoid	Septentyp mit diskontinuierlicher Entwicklung im peripheren Bereich
Lumen	Innendurchmesser des Korallits
monozentrische Korallite	Korallite mit nur einem Korallitzentrum, in Gegensatz zu polyzentrischen Koralliten
nonconfluent	Septen benachbarter Korallite bilden keine Verbindung aus

Pali	sekundäre Septenbildung in Form von kleinen Säulen oder Lamellen, die um die Columella angeordnet sind.
parathekal	die Korallitwand wird von Dissepimenten gebildet
Perithekallamellen, Perithek	durch Dissepimente außerhalb des Korallits angelegte Erweiterung des Septensystems
phaceloid	Verästelte Kolonie mit Ausbildung von langen Korallitröhren
plocoid	Der Korallitumriss ist rund oder oval
polyzentrische Korallite	Korallite mit mehreren Korallitzentren, in Gegensatz zu monozentrischen Koralliten
Pourtalès plan	Septeneinschaltung, bei welcher sich ab dem 2. Septenzyklus die Septen in besonderer Weise gabeln und verschmelzen
septoparathekal	Parathek mit teilweise verschmolzenen Septen
Septothek	Speziell geformte Korallitwand, die aus Septen aufgebaut wird, die sich berühren oder verschmelzen
septothekal	Die Korallitwand besteht aus Septen, die sich berühren oder verschmelzen
Septum, Septen	vertikales Skelettelement des Korallits
subcerioid	Schwach ausgebildeter, polygonaler Korallitumriss
subconfluent	Septen benachbarter Korallite verbinden sich ohne eine durchgehende Einheit auszubilden
subfasciculate	Die zylindrisch geformten Kelche des Stockes liegen nahezu beieinander
Synapticulae (Synaptikel)	Stangenartig ausgebildete, horizontal verlaufende Septenverbindung
synaptikulothekal	Die Korallitwand wird von Synaptikeln gebildet
Taschenknospung	Ungeschlechtliche Fortpflanzungsmethode, bei der sich der neugebildete Korallit in einem vom Mutterkorallit ausgebildeten taschenartigen Raum entwickelt
Theka	Korallitwand
trabecular (=trabekulär)	Columella wird von einem Netz aus Trabekeln gebildet
Trabekel	Mikroskopisch erkennbare, säulenförmige Skelettelemente der Korallen. Sie werden von radial angeordneten, kalkigen Faserbündeln (Fibren) aufgebaut

6.5 Weitere Begleitfauna

Die neben den Anthozoa in den Rudistenvorkommen vorgefundene Invertebraten-Begleitfauna wird diesem Kapitel kurz gesondert dargestellt und diskutiert, inwiefern sie für ergänzende palökologische Aussagen geeignet ist. Ein wichtiger Aspekt war hierfür die Klärung, ob es sich nach den Befunden um eine abgestorbene in situ Vergesellschaftung (Thanatozönose) handelt oder eine Taphozönose vorliegt.

6.6 Gastropoda in den rudistenführenden Horizonten

6.6.1 Einführung

Die Gastropodenfauna in den Rudisten führenden Horizonten westlich von Ishtafina zeigt in Bezug auf Vielfalt und Häufigkeit einen deutlichen Wechsel zwischen dem Rudistenhorizont 3 (Rabad Rudist Member) aus den Cenoman und den jüngeren Horizonten. Rudistenhorizont 3 ist der älteste Horizont in dem untersuchten Gebiet, in dem Gastropoden als Begleitfauna nachweisbar sind. Anzumerken ist, dass die in den lagunär gebildeten Kalken Actaeonelliden und Nerineenvorkommen ohne primären Bezug zu den Rudisten nicht als direkte Begleitfauna definiert wurde, sondern nur die Fauna, die unmittelbar innerhalb der Rudistenhorizonte vorgefunden wurde. Grundlegenden Untersuchungen über Gastropoden aus den lagunären Kalksteinen der Oberkreide Jordaniens, die im Wadi Salihi (nördlich von Amman) und in der Umgebung von Ishtafina anstehen, wurden von MUSTAFA & BANDEL (1992), durchgeführt. Ihre Publikationen dienen als Grundlage für die nachfolgende Übersicht.

6.6.2 Gastropoden in dem Rudistenhorizont 3 (Rabad Rudist Member)

(Tafel 7, Abb. 1-6)

In dem Rudistenhorizont 3, dem Rabad Rudist Member, fallen bezüglich der Gastropoda besonders die Steinkernfragmente der Nerineidae ZITTEL, 1878 auf (Tafel 7, Abb. 1, 3). Die Bruchstücke zeigen oft eine Länge um fünf Zentimeter bei einem Durchmesser von ein bis zwei Zentimetern. MUSTAFA & BANDEL (1992) beschreiben aus diesem Member die dickschalige „*Ptygmatis olisiponensis* SHARPF, 1849“, die eine Höhe von 35 Zentimetern und einen Durchmesser von 4,8 Zentimetern erreichen konnte und sowohl in den Rudistenbiohermen als auch in den umliegenden lagunären Bereichen lebte. Der auf Tafel 7, Abb. 2, dargestellte

Querschnitt zeigt die typischen Merkmale dieser Art und entspricht auffallend den von MUSTAFA & BANDEL (1992) beschriebenen Exemplaren. Eine Bestimmung als *Ptygmatis olisiponensis* SHARPF, 1849 ist somit möglich.

Die weitere vorgefundene Gastropodenfauna (Tafel 7, Abb. 4, 5) des Rabad Rudist Member lässt eine genauere Bestimmung nicht zu, allerdings können einige Exemplare den Archaeogastropoden (Tafel 7, Abb. 6) zugeordnet werden.

Es lässt sich feststellen, dass im Riff Rabad Rudist Member die Gastropodenfauna relativ vielfältig erhalten geblieben ist, sich jedoch eine taxonomische Bestimmung als schwierig erweist.

Die Gastropodenfauna bildete eine Lebendgemeinschaft (Biozönose) mit den Rudisten und der weiteren Begleitfauna innerhalb des Riffkörpers. Die Gesamtfaua ist typisch für das Milieu des Rudistenbioherms, d. h. Lebensraum unterhalb und innerhalb des unteren Gezeitenbereiches in warmen, durchlichteten Wassers. Auffällig ist, dass die Nerineen auch innerhalb des Rudistenriffkörpers zahlreich vorkommen und daher als direkte Begleitfauna eingestuft werden können, obwohl sie eher als häufige Bewohner von Kalkschlammablagerungen in tropischen vollmarinen Lagunen, die Rudistenriffen benachbart liegen können, beschrieben werden, beispielsweise von MUSTAFA & BANDEL, 1992).

6.6.3 Gastropoden in dem Rudistenhorizont 7

(Tafel 7, Abb. 9)

Das nächst jüngere Mischfauna von Rudisten und Gastropoden ist an zwei Lokalitäten (Aufschlusspunkte 9 und 41) aufgeschlossen und liegt in Kalksteinen unterhalb der ersten *Hippurites*-Vorkommen. Die exakte stratigraphische Position ist bei dem zweiten Vorkommen nicht gesichert, da es sich um eine Kollektion von großen Lesesteinen von dem benachbarten Feld handelt. Die Blöcke sind somit aufschlussnah, aber nicht mehr im Schichtverband anstehend.

An der Lokalität Punkt 9, einer Mauer zur Abgrenzung größerer Feldflächen, finden sich in geschichteten, arenitischen Kalksandsteinen, die partiell Schrägschichtung aufweisen, zahlreiche kleinwüchsige Nerineen mit einer Länge von 3 bis 5 cm und einem Durchmesser um 1 cm. Sie lagern meist schichtparallel und sind teilweise mit *Apricardia* sp. vergesellschaftet. Sie liegen in silifizierter Steinkernerhaltung vor oder können als Komponenten von Flintbruchstücken identifiziert werden. Obwohl keine

Reste von Radioliten erkennbar sind, handelt es sich höchstwahrscheinlich es sich um Komponenten des Rudistenhorizontes 7

An der zweiten Lokalität (Aufschlußpunkt 41) konnte aus geschichteten *Apricardia-Radiolites*-führenden Kalkablagerungen ein Exemplar einer strombimorphen Gastropode geborgen werden, das eine Gehäusehöhe von ca. 2 cm besitzt (Tafel 7, Abb. 9). Der Erhaltungszustand lässt keine weitere taxonomische Bestimmung zu. Dieses Vorkommen ist gesichert in den Rudistenhorizont 7 zu stellen.

Diese assoziierten Rudisten-Gastropodenfaunen zeigen an beiden beschriebenen Lokalitäten keinen Riffcharakter. Es handelt sich vielmehr um lagig angeordnete Zusammenschwemmungen mehrerer bis zahlreicher Gehäusefragmente von kleinwüchsigen Individuen in unterschiedlicher Häufigkeit zueinander. Die Ablagerungsform dieser Gehäuse muss in allen Fällen als allochthone Einbettung eingestuft werden. Derartige Schill-Lagen werden häufig küstennah als Spülsaum im Ufer- oder Strandbereich abgelagert. Inwiefern tatsächlich eine Lebensgemeinschaft (Biozönose) bestand, lässt sich aus diesen Befunden nicht sicher ableiten. Die durch den Transport vorgenommene Größensortierung lässt keine Schlüsse zu, ob es sich auf Grund ungünstiger Umweltbedingungen generell um eine Kümmerfauna handelt. Insgesamt lassen sich aus diesen beiden Vorkommen keine weiteren palökologischen Erkenntnisse gewinnen.

6.6.4 Gastropoden in dem Rudistenhorizont 8

Es konnten innerhalb der *Hippurites*-Siedlungen des Rudistenhorizontes 8 zwei einzelne Archaeogastropoda geborgen werden, die eine Höhe von < 1 cm aufweisen. Eine weitere Probe mit drei geringfügig größeren Gastropoden, die relativ nahe zueinander zusammen mit einem Hippuritenfragment eingebettet wurden, belegt, dass diese - zumindest lokal - in den Hippuritensiedlungen häufiger vorkamen. Die silifizierten Gastropodensteinkerne sind so schlecht erhalten geblieben, dass eine genauere taxonomische Bestimmung nicht durchführbar ist.

Die gefundenen Exemplare sitzen unmittelbar an und zwischen den *Hippurites*-Gehäusen. Ob ein Vergleich mit rezenten Gastropoden, die Korallenskelette abweiden, statthaft ist, oder die Weichkörperteile der Hippuriten beziehungsweise deren Zooxanthellen den Gastropoden als Nahrung dienten, konnte aus den Befunden nicht abgeleitet werden.

Es handelt sich bei diesem Vorkommen zweifelsfrei um eine autochthone Thanatozönose, die vormals als Biozönose aus mindestens zwei Faunengruppen (Bivalvia, Gastropoda) bestand. Hierdurch ist belegt, dass es sich bei den *Hippurites*-Biohermen ebenfalls um eine Mischfauna handelt und nicht um *Hippurites*-Monokulturen, wie es sich an den meisten Lokalitäten bei erster Betrachtung darstellt.

Die Kleinwüchsigkeit der Gehäuse, die an *Hippurites* anheften, ist nicht eindeutig auf Umweltparameter zurückzuführen. Ein postmortales Abdriften der kleinen, leichten Gehäuse im bewegten Meerwasser wäre eine plausible Erklärung für das spärliche Auftreten.

In den die Hippuriten einbettenden Sedimenten und diversen Rudisten-freien Bänken im Liegenden und Hangenden kommen zahlreiche Actaeonellidae vor, die eine Höhe bis 9 cm erreichen und teilweise lagig eingeregelt sind. Es handelt sich um die aus dem Ajlungebirge beschriebenen Vertreter der Gattungen *Actaeonella* und *Trochactaeon* (MUSTAFA & BANDEL, 1992), wobei *Trochactaeon* (*Mexicotrochactaeon*) *marjense* von den beiden Autoren als neue Art aufgestellt wurde, die erstmalig belegt, dass die Untergattung *Trochactaeon* (*Mexicotrochactaeon*) auch in der westlichen Hemisphäre lebte. Die vorliegenden Exemplare sind als silifizierte Steinkerne erhalten geblieben und als Lesesteine geborgen worden (Tafel 7, Abb. 7, 8). Actaeonellide Gastropoden sind häufig auch im Anschnitt in den anstehenden Kalksteinen erkennbar (Tafel 7, Abb. 10). Taxonomisch können bei diesen Exemplaren nur die Gattungen *Actaeonella* und *Trochactaeon* unterschieden werden. Diese auffällige Gastropodenfauna wird nicht zu den Rudisten-Gastropoden-Assoziationen gezählt, da sie an keiner untersuchten Lokalität unmittelbar mit den Rudisten gelebt hat, sondern unabhängig von ihnen den Kalkschlamm durchwühlte, der die Rudisten zu einem späteren Zeitpunkt einbettete.

6.6.5 Diskussion der Befunde

Aus den Beschreibungen der Gastropoden, die als Begleitfauna innerhalb der Rudistenhorizonte vorgefunden wurden, geht hervor, dass sie hinsichtlich ihrer Häufigkeit und Arten-Vielfalt deutlich variieren.

Nerineen liegen als Rudisten-Begleitfauna im Rabad Rudist Member (Rudistenhorizont 3) vor. Da sie autochthon mit weiterer Riff-Fauna eingebettet wurden, handelt es sich um eine Lebensgemeinschaft. Die im Rudistenhorizont 7

vorliegenden Rudisten-Nerineen-Assoziationen sind lediglich zusammengeschwemmt als Mischfauna erhalten geblieben und als allochthone Taphozönose anzusehen.

Mit den *Hippurites*-Ansiedelungen der Einheit 9 waren sie an keiner Lokalität unmittelbar assoziiert, obwohl Nerineen in mehreren Rudisten freien Schichten des Liegenden gehäuft vorkamen. Nach diesen Befunden eignet sich diese Gastropodengruppe lediglich als Indikator für ein warmes (tropisches) Riff-Lagunen-Milieu.

Archaeogastropoden fanden sich häufiger im Rabad Rudist Member (Horizont 3), während sie in der Einheit 9 nur spärlich als Begleitfauna im Rudistenhorizont 8 auftreten. Da sie mit unterschiedlichen Gruppen den gesamten marinen Flachwasserbereich bewohnten und taxonomisch nicht weiter unterschieden werden konnten, können aus ihrem Vorkommen keine paläoökologische Umweltaussagen abgeleitet werden.

Actaeonellide Gastropoden konnten in den unmittelbaren Rudistenriffbereichen des Cenoman nicht gefunden werden. In der Einheit neun umlagern Actaeonellidae oft auf gleichem Niveau die *Hippurites*- und Radiolitenvorkommen der Rudistenhorizonte acht bis elf, wobei sie in den Rudisten-freien Schichten ebenfalls sehr häufig erkennbar sind. Es zeigt sich, dass eine unmittelbare Faunengemeinschaft der Rudisten mit diesen Gastropoden nach Auswertung der vorliegenden Befunde in keinem Vorkommen anzunehmen ist. Jedoch sind in Bezug auf die *Hippurites*-Vorkommen zwei Aspekte relevant:

1. es ist nicht eindeutig erkennbar, inwieweit alle Hippuriten eines Bioherms bereits abgestorben waren, als der sie einbettende Kalkschlamm von Actaeonelliden durchwühlt wurde. Denkbar ist, dass jüngere Generationen, die auf den älteren Klappen ihrer Vorgänger siedelten, vom Sediment unbehelligt übereinander im Wasser lebten, als die unteren Individuen bereits abgestorben waren und eingebettet wurden. Hieraus ergäbe sich eine zeitlich verschobene Pseudo-Gemeinschaft zwischen den bereits abgestorbenen Rudisten und den endobenthisch lebenden actaeonelliden Gastropoden, die im fossilen Befund irrtümlich als eine unmittelbare, zeitgleich lebende Faunengemeinschaft gedeutet werden könnte.
2. GILI et al. (1995) entwickelten ein Modell, nach dem aufrecht wachsende Hippuriten im Gegensatz zu Korallen überwiegend im Schlamm steckten und

mit etwa gleicher Geschwindigkeit wuchsen, mit der sich die sie umgebenden Sedimente ablagerten, oder sogar schneller. Unter dieser Voraussetzung würden die hier untersuchten *Hippurites* mit den actaeonelliden Gastropoden zeitgleich im identischen Milieu nebeneinander gelebt haben und Letztere könnten dann als Begleitfauna eingestuft werden.

Auf Grund der Anheftungsstrategie auf Hartgründen, die fast alle untersuchten *Hippurites*-Vorkommen auszeichnen, und dem Bedarf an sehr klarem Wasser für den Erhalt von Zooxanthellen-Ansiedelungen in den Deckelklappen der Hippuriten scheint ein Wachstum im Sediment unwahrscheinlich. Für die buschartig ausgebildeten Bioherme ist sie sogar höchst unwahrscheinlich, weshalb die Actaeonellen in den Rudistenhorizonten westlich von Ishtafina keine Begleitfauna im eigentlichen Sinne darstellen und daher nicht als solche berücksichtigt werden.

Als Ergebnis dieser Überlegungen wird die erstgenannte Möglichkeit als für wahrscheinlich eingestuft.

6.7 Echinodermata

(Tafel 8, Abb.1-5)

Aus den Rudisten-führenden Horizonten des untersuchten Gebietes sind Echinodermata bislang nur aus dem Rudistenhorizont 3, dem Rabad Rudist Member, bekannt geworden (BANDEL & GEYS, 1985; GERHARD, 2008). In diesem Member kommen einzelne Echinoideen an allen bekannten Aufschlüssen innerhalb der fossilen Riffgemeinschaft vor, und an einer Lokalität (Aufschluss 18) südwestlich von Ishtafina konnte ein gehäuftes Auftreten von Regularia-Steinkernen festgestellt werden.

Die regulären und irregulären Seeigel zeigen häufig einem Durchmesser von einem bis drei cm und liegen in Steinkernerhaltung oder als Abdrücke vor (Tafel 20, Abb. 1-8). Dieser Erhaltungszustand lässt eine genauere taxonomische Bestimmung nicht zu. Es konnte bislang nur *Goniopygus* sp. indet. von BANDEL & GEYS (1985) bestimmt werden, und auch diese beiden Autoren schreiben „...too poorly preserved to be properly identified.“ Dies trifft auch auf das Fragment eines Seeigelstachels zu, das möglicherweise von einem cidariden Seeigel stammt (Tafel 5, Abb. 3).

In den jüngeren Rudistenhorizonten bei Ishtafina konnten Echinodermata nicht nachgewiesen werden, sind aber in den dazwischen anstehenden, Rudisten freien Kalksteinschichten in allen untersuchten Aufschlüssen sporadisch vorhanden.

6.7.1 Diskussion der Befunde

Echinoideen wurden als Begleitfauna der Rudisten lediglich im Rabad Rudist Member und im Rudistenhorizont zwei vorgefunden, sind jedoch aufgrund des Erhaltungszustandes für eine nähere taxonomische Bestimmung ungeeignet. In allen weiteren untersuchten Rudisten-führenden Horizonten fehlen sie. Das Auftreten von regulären und irregulären Seeiegeln in der Riff-Faunengemeinschaft des Rabad Rudist Member ist, ähnlich wie in den rezenten Korallenriffen, nicht ungewöhnlich. Daher ist es auffällig, dass in den jüngeren Rudistenhorizonten bei Ishtafina keine Echinoideen nachgewiesen werden konnten. Dies kann durch eine Verdriftung der Gehäuse im bewegten Wasser nach dem Absterben oder / und diagenetisch bedingt sein.

Aus vergleichbarem stratigraphischen Niveau wurden westlich von Amman mehrere Arten Regularia (BANDEL & GEYS, 1985), und Irregularia (NEUMANN, 1998) beschrieben. Zuvor untersuchte BLANCKENHORN 1925 entsprechende Vorkommen südwestlich von Amman, die er in seinem Werk über die Seeigelfauna Palästinas publizierte. Diese Vorkommen rund um Amman lagern jedoch in einer mergeligen Fazies und gehören in ein vom Festland beeinflusstes Ablagerungsmilieu, das sich von dem offenmarinen Schelfbereich der Rudistenriffe deutlich unterscheidet. Ein Vergleich von Gattungen/Arten beider Milieus ist nicht möglich, weshalb keine Aussage darüber getroffen werden kann, ob und welche Überschneidungen bei der Echinodermenfauna beider Milieus vorhanden sind.

6.8 Bivalvia (ohne Rudisten)

(Tafel 8, Abb. 6-9)

Bivalven als Rudisten-Begleitfauna treten in dem untersuchten Gebiet nur im Rabad Rudist Member auf, aus den oberen Rudistenhorizonten liegt lediglich ein Exemplar als Steinkern aus der Einheit 9 vor, die aus dem jüngeren Hippuritenvorizont im Tell-Aufschluss herausgewittert wurde.

Die vorliegende Fauna des Rabad Rudist Member ist zumeist als Steinkern oder als Gesteinsabdruck erhalten geblieben. Hierdurch ist eine genauere taxonomische Bestimmung ebenfalls nur sehr eingeschränkt möglich.

Erkennbar ist jedoch, dass einige Exemplare aus den Familien der Pectiniden (Tafel 8, Abb. 6-8) sowie Spondyliden stammen. (Tafel 8, Abb. 9) Hierbei erreichen die in

der Regel nicht vollständig erhaltenen Pectiniden eine Länge von 8 – 10 cm und eine Weite von 6 – 8 cm, während die Spondyliden bei 4 – 6 cm Länge eine Weite von ca. 3 cm aufweisen. Anzumerken ist, dass auch einige der Bohrgänge, die im Rabad Rudist Member auf Steinkernen gut erkennbar sind, nach ihrer Form von bohrenden Bivalven stammen könnten (siehe auch 6.9).

6.8.1 Diskussion der Befunde

Auch bei den Bivalven zeichnet sich der Wechsel von einer gut etablierten Rudisten-Begleitfauna im RRM bis zum völligen Fehlen in den jüngeren Rudistenhorizonten wieder. Austernartige Muscheln fehlen in allen Rudisten-Horizonten, jedoch wurde ein einzelnes Fragment in eine Rudisten-Riffschuttlage (Rudistenhorizont 7) unterhalb des *Hippurites*-Horizontes eingespült.

Weitere Bivalven, wie sie beispielsweise von der Faunengemeinschaft aus der untersuchten AJLUN GROUP in SüdJordanien von BERNDT (2002) beschrieben wurden, sind in den Rudistenassoziationen nicht gefunden worden. Anzumerken ist jedoch, dass BERNDT einige sehr rudimentär erhalten gebliebene Steinkerne von *Radiolites?* sp. und Fragmente von cf. *Toucasia matheroni* (COQUAND, 1862) in stratigraphisch älteren Schichten des Cenonmans beschreibt. Letztgenannte stammen aus „a single limestone bed of the basal FHS Formation of Dilagha (section 2)“. Nach seinen Angaben beträgt der Anteil von cf. *Toucasia matheroni* an seiner „*Aphrodina dutruegi-Paraesa* sp. association“ 5,2 %. In dieser Bivalven-Gemeinschaft gehören 18,6 % der Fauna zu den Gryphaeidae VIALOV, 1936. Diese Assoziation beschreibt eine von neun benthisch lebenden Faunengemeinschaften, aber es ist nicht explizit erkennbar, dass die Rudisten und Austern tatsächlich zeitgleich nebeneinander vorkamen. Sie können vielmehr alternativ für eine kurze Zeitspanne im Wechsel den gleichen Lebensraum besiedelt haben und daher einen gemeinsamen fossilen Befund ergeben. In der Publikation von PERILLIAT, AHMAD & VEGA (2006) über oberkretazische Bivalven aus NordJordanien werden keine Rudisten erwähnt, jedoch diverse Bivalvengattungen aus der Fuheis, Hummar und Shuayb Formation nahe der Stadt Zarqa (östliches NordJordanien) beschrieben. Da diese Fauna ohne jeglichen Bezug zu einer Rudistenfauna steht und deutlich von der hier untersuchten Bivalvenfauna abweicht, bleibt sie unberücksichtigt.

6.9 Bohrorganismen-Aktivitäten

(Tafel 8, Abb. 10)

Im Rabad Rudist Member zeigen viele Fossilien Relikte von Anbohrungen oder gut erhalten gebliebene Gangfüllungen, die den Aktivitäten bohrender Organismen zuzuordnen sind (Tafel 8, Abb. 10). Der jeweilige Erhaltungszustand ist diagenetisch geprägt. Die Anbohrungen bestehen häufig aus kleinen runden Kammern, die meist wenige Millimeter Durchmesser haben. Sie sind miteinander durch dünne Gänge perlschnurartig vernetzt. Diese Baustruktur ist typisch für Clionidae. Andere Anbohrungen bestehen aus runden einzelnen Kammern, die senkrecht zur ehemaligen Klappenwand verlaufen und sich dorthin verjüngen. Sie können bohrenden Bivalven zugeordnet werden. Es sind auch U-förmige Gänge erkennbar, wie sie rezent von *Polydora*, einem polychaeten Wurm, angelegt werden (siehe auch BANDEL & SALAMEH, 2013).

6.9.1 Diskussion der Befunde

Die Nachweise von den Aktivitäten bohrender Organismen zeigen zwar unterschiedliche Formen, können aber auf Grund des Erhaltungszustandes nur grob einzelnen Faunengruppen zugeordnet werden. Sie sind als Begleitfauna der Rudisten nur innerhalb des Rabab Rudist Member erkennbar.

Die Strukturen, die von den Clionidae gebohrt wurden, sind bislang der einzige belegbare Nachweis für das Vorhandensein von Porifera in dem Riff des Rabad Rudist Member.

6.10 Zusammenfassung der Ergebnisse zur Begleitfauna

In den Rudisten-führenden Abfolgen des untersuchten Gebietes hebt sich die Begleitfauna des ältesten Vorkommens (Rabad Rudist Member) deutlich durch seine Vielfalt und ein gehäuftes Vorkommen von den darüber anstehenden Horizonten ab. Neben zahlreichen Scleractinienfragmenten liegen meist großwüchsige Gastropoden in silifizierter Steinkernerhaltung vor, die überwiegend aus Mitgliedern der Familie der Nerineidae Zittel 1878 bestehen. Sicher bestimmt werden konnte ein Fragment von *Ptygmatis olisiponensis* Sharpe 1849. Weitere Gastropodensteinkerne und – abdrücke können auf Grund ihres Erhaltungszustandes nur grob den Archaeogastropoda zugeordnet werden.

In den westlich von Ishtafina in situ eingebetteten Hippuritenbiohermen des Turon (Einheit 9) und jüngeren Schichten im Hangenden wurden keine Nerineidae gefunden, obwohl sie aus gleichen stratigraphischen Niveaus anderer Lokalitäten bekannt sind (u. a.: BANDEL & SALAMEH, 2013). Sie kommen auch in den sehr reinen Rudisten-freien Kalksteinen unter- und oberhalb des Rabad Rudist Member vor, sind dann allerdings nicht als direkte Begleitfauna der Rudisten zu werten.

Eine Anhäufung von Rudisten (meist Apricardien) und Nerineen wurde weiterhin in einem stratigraphisch etwas höher liegenden Rudistenhorizont 7 nachgewiesen, ebenso einzelne Funde einer strombimorphen Gastropode.

Die Actaeonelliden der Gattungen *Actaeonella* und *Trochactaeon* fehlten in den Rudisten-Biohermen, lebten jedoch in den angrenzenden Lagunen. Dort durchwühlten sie den abgelagerten Schlamm zur Nahrungssuche und entschichteten ihn, so dass sich im Sediment ein bioturbates Gefüge entwickelte. Durch diese Lebensweise sind sie häufig neben den Rudisten im Sediment erhalten geblieben und vermitteln so das Bild einer Lebensgemeinschaft.

Die innerhalb der *Hippurites requieni*-Bioherme vorliegenden Archaeogastropoda sind taxonomisch nicht exakt einzustufen. Da viele Archaeogastropodenarten Algenkrusten abweiden, ist durch ihr Vorkommen nicht zwingend belegt, dass sie mit den Hippuriten vergesellschaftet gelebt haben müssen. Statt dessen könnten sie nach deren Absterben auch die mit Algenmatten überzogene Kalkskelette zur Nahrungssuche als Lebensraum genutzt haben.

Oberhalb der höchsten Hippuritenhorizonte sind in dem untersuchten Areal keine fossilen Belege für das Vorkommen makroskopisch erkennbarer Gastropoden gefunden worden. Als Ursache hierfür wurden diagenetische Vorgänge in Betracht gezogen, bei denen der Aragonit des Gehäuses vollständig gelöst wurde.

Untergeordnet treten im Rabad Rudist Member Echinoideen, einzelne Bivalven und Lebensspuren von Bohrorganismen auf. Alle waren nicht näher bestimmbar, und dies trifft auch auf die in den jüngeren Rudistenhorizonten nur spärlich gefundene Begleitfauna zu.

Unter der Voraussetzung, dass die fossilen Befunde als repräsentativ für die damaligen Faunengemeinschaften eingestuft werden, lässt sich aus dem Ergebnis ableiten, dass das im Rabad Rudist Member eingebettete Riff eine Faunenvielfalt aufwies, die mit den rezenten Korallenriffen des Pazifiks verglichen werden kann.

Die Rudisten-Begleitfauna in dem jüngeren Horizont 7 ist dagegen als artenarm einzustufen und ihr Status als Begleitfauna ist mit Vorsicht zu bewerten, da es sich eher um Thanatozoenosen (Totengemeinschaften) statt Biozoenosen (Lebensgemeinschaften) handelt und daher unklar bleibt, ob die Fauna tatsächlich als Riffgemeinschaft zusammengelebt hat.

Ähnlich ist die Begleitfauna der Hippuriten (Rudistenhorizont 8) zu bewerten, die als äußerst seltene, kleinwüchsige Gastropodenfauna vorliegt.

Alle Vorkommen passen gut in die Vorstellung von einem vollmarinen Flachwassermilieu. Der Wechsel von großwüchsigen Individuen, so wie im Rabad Rudist Member konserviert, zu einer kleinwüchsigen Fauna in der Abfolge kann mit dem vorhandenen Material nicht schlüssig interpretiert werden. Veränderte physikalische und/oder chemische Parameter wie beispielsweise Abkühlung des Meerwassers durch Veränderung der Auftriebswässer oder Meeresspiegelschwankungen, erhöhter Salzgehalt durch wiederholtes Trockenfallen und Lagunenbildung in dem Gebiet können eine Anpassung der Organismen an die geänderten Umweltbedingungen verursacht haben.

7 Sedimentologische Aspekte

7.1 Einleitung

Wegen des paläontologischen Schwerpunktes der Arbeit werden die nachfolgenden Themen kurz und hochverdichtet abgehandelt. Zur Verdeutlichung des Gesamtzusammenhanges wurde ein regionales Übersichtsprofil erstellt (Anlage 1), das folgende Aspekte synoptisch anbietet:

- Säulenprofil von rund 160 Metern Länge mit 100 Horizonten
- Kurzbeschreibung der Lithologie
- Rudistenhorizonte 0-11
- Ammonitenvorkommen
- Chronostratigraphische Zuordnung
- Lage des OAE 2
- Bathymetrisch orientierte Faziesabfolge (2 Verfahren)
- Sequenzstratigraphie

7.2 Faziesfolge und Tiefenentwicklung im Sedimentationsraum

Aus den makroskopischen Befunden (Lithofazies und Fossilführung) wurden 2 bathymetrisch orientierte Kurven entwickelt, die auf Anlage 2 unter „Fazies-Abfolge“ dargestellt sind. Die den Zahlen zugrunde liegenden Begriffe sind in Kapitel 2 (Methodik) gegenübergestellt.

Im Gesamtverlauf zeigt sich eine eindeutige regressive Entwicklung von der Basis des Normprofils bis zur C/T-Grenze. Nach der Verlandung im obersten Cenoman setzt das Turon mit einer lagunären Fazies mäßiger Tiefe ein. Es handelt sich hierbei um eine erneute Meeresbedeckung mit zunächst völlig verarmter Megafauna (nur *Trochactaeon*). Bis zum Tonmarkerhorizont (Nr. 38 im Profil) ist erneut Verlandungstendenz erkennbar. Es ist eine Störung der Karbonatproduktion feststellbar, toniges Material wird (höchstwahrscheinlich) äolisch in die Lagunen eingetragen. Darüber erfolgt eine neue Transgression, mit der das Vorkommen von Radioliten verbunden ist. Es bestand auf Grund von Ammonitenfunden zumindest

zeitweise eine Verbindung zum offenen Meer. Die reichere Makrofauna verdeutlicht auch das Ende des OAE2, chronostratigraphisch belegt durch den Fund von *Choffaticeras segne*. In der weiteren Entwicklung tritt wieder Verlandung bis zur Lateritbildung ein. Dies ist auch nicht verwunderlich, denn das Ablagerungsmilieu ist zeitweilig extrem flach (geschätzte 1-2 m Meeresbedeckung, Besiedelung von Beachrock durch Hippuriten).

Über einen geringfügigen Hiatus am Laterithorizont (Nr. 48) setzt eine neue Transgression ein. Diese erfaßt aber offenbar eine nunmehr weitgehend peneplainisierten Sedimentationsraum immer noch sehr geringer Wassertiefe. Es entstehen zunächst stark dolomitisierte Kalksteine, die sehr dicht und fossilfrei ausgebildet sind, vermutlich Primärdolomite. Die darüber folgenden massigen Kalksteine verwittern oft kavernös und sind nicht durchgehend dolomitisiert, was die kavernöse Verwitterung begünstigt. Es handelt sich um eine epigenetische Dolomitisierung, eine spärliche Makrofauna ist vorhanden.

Im obersten Bereich des Profiles ist eine Vertiefung des Sedimentationsraumes zu vermuten, die Makrofauna wird reichhaltiger und enthält vor allem reguläre Seeigel, die auf mehreren übereinander folgenden Hartgründen siedeln. Diese Faziesentwicklung ist überregional feststellbar und leitet nach weiteren 11 m oberhalb des Normprofiles in die kreidige Fazies tieferen Wassers der Einheit 11 (äquivalent der Umm Ghrudran Fm.) über.

7.3 Sequenzstratigraphie

Sie ist dargestellt auf dem Übersichtsprofil und orientiert sich am hierarchischem System nach 6 Ordnungen, von denen 3 berücksichtigt wurden. Wegen der zeitlichen Begrenztheit des Profiles erfolgt keine Einordnung in die Großzyklen 1. und 2. Ordnung. Auf wird auf eine Darstellung der Ablagerungszyklen der 6. Ordnung verzichtet, da diese über den Detailierungsgrad des Profiles ausreichend abgebildet werden. Die kleinste zyklische Einheit bildet die 5. Ordnung, die sich aus mehreren ähnlichen Ablagerungszyklen zusammensetzt und als kleinste regionale Kartiereinheit nachverfolgt werden kann. In einer weiteren Zusammenfassung werden Kleinzyklenbündel der 4. Ordnung ausgewiesen, die sich aus mehreren faziell ähnlichen Kleinzyklen der 5. Ordnung aufbauen. Die Einteilung entspricht dem Formationsbegriff als kleinste überregional korrelierbare Einheit. Zugeordnet werden die Zyklen der 4. Ordnung den Großzyklen der 3. Ordnung vom Oberalb

(aufgeschlossen im Gebiet ab Mittelcenoman) bis zur CT-Grenze und darüber vom Turon bis ins Coniac. Auf eine Ausweisung der System-Trakte nach HST, TST und LST wurde verzichtet, da es sich ab den Obercenoman um Sedimente sehr flachen Wassers handelt (überwiegend flach subtidal) und eine nachvollziehbare Feststellung der Traktindikatoren kaum möglich ist.

Auffällig ist, daß zwar die starke Regression am Ende des Cenoman im Gebiet nachweisbar ist, nicht aber die sonst im Tethysbereich feststellbare Transgression und Meeresvertiefung im Turon. Begründet ist dies wohl durch eine regionale Besonderheit infolge tektonischer Gegenbewegungen und Herausbildung wenigstens einer Insel, die für lateritischen Eintrag sorgt. Die Meerestiefe wird im obersten Cenoman und Turon so gering (flach subtidal bis Verlandung), dass sich die im Tethysbereich an der C/T-Grenze typische anoxische Fazies nicht entwickeln konnte.

7.4 Zur Grenzlage Cenoman/Turon

Hierbei eine Zusammenfassung der Befunde:

- Nach übereinstimmender Meinung wird die C/T-Grenze zwischen dem Rabad Rudist Member (hohes Obercenoman) und den *Hippurites*-Vorkommen ca. 30 m darüber (Turon) vermutet.
- Eine einheitliche Grenzziehung besteht nicht. In der Arbeit von AL-RIFAIY & CHERIF (1987) wird auf S. 183, Abb. 4 ausdrücklich darauf hingewiesen, dass aus der Literatur bis dato kein klares Bild über die Faziesentwicklungen an der C/T-Grenze ersichtlich ist. Vor allem durch die häufige Dolomitisierung sei die stratigraphische Bewertung relativ schwierig.
- BANDEL & SALAMEH (2013) legen die Grenze an einen auffälligen tonig-mergeligen, oft grünlich verwitternden Marker-Horizont, der in den Steinbrüchen bei Ishtafina i. d. R. ausgebildet ist. Über dieser Tonlage, die eine Hohlkehle bildet, treten etwa 4 m höher die ersten Hippuriten auf. Die Tonlage befindet sich in einer Sequenz aus sehr harten, dichten porzellanartig weißen Actaeonellen-Kalken, die bevorzugt unter diesem Horizont als Fassadenbaustein abgebaut werden.
- Oberhalb dieser Lage sind die Kalksteine weiter geklüftet und die Klufflächen i. d. R. durch Einschwemmung lateritischen Materials und von Terra rossa rötlich gefärbt. Unterhalb der Tonlage, die wasserstauend wirkt, ist der Kalkstein kompakter und sauberer.

- Bezeichnete Tonlage variiert erheblich in ihrer Mächtigkeit von fast 0 bis auf 15 cm. Im Tell-Aufschluss konnte daraus eine durch Kompaktion des Sedimentes eine flachgedrückte *Trochactaeon* gewonnen werden Diese ist um den Faktor 3-4 in der Dicke reduziert. Sie muss aus einem tonigen Sediment stammen, das stärker kompaktiert wurde als der Kalkstein, in dem die Actaeonellen nicht deformiert vorkommen.

- Die Mächtigkeit der Tonlage betreffend ist auffällig, dass sie an Klüften erhöht ist, aber an anderen, wenig geklüfteten Stellen reduziert scheint. Im Nahbereich zeigt sich, dass die Mächtigkeit der Lage durch Verwitterung, vor allem an der Basis, erhöht wird. Es lösen sich Lamina vom Kalkstein ab, die zunächst zu einer weißen Paste verwittern und dann in eine grüne übergehen.

Folgerungen aus den Geländebefunden:

- Die stark deformierte Gastropode *Trochactaeon* stammt aus einer Ton-Mergellage, die primär vorhanden war und einen Marker-Horizont darstellt.
- Durch Verwitterung wird die ursprüngliche Dichte der Lage von ca. 5-10 cm auf 15 cm und mehr vergrößert.
- Dieser Vorgang kann auch an der anderen Schichtfolge stattfinden, so dass mehrere Hohlkehlen und grünliche Lagen entstehen können.

Die Lagen sind stratiform, aber es besteht bei mehreren Lagen vor allem über größere Entfernungen Verwechslungsgefahr.

7.5 Fazit:

Nach dem Auftreten des *Choffaticeras segne* (höheres Unterturon) und der sequenzstratigraphischen Interpretation ist mit dem Markerhorizont der OAE2 beendet, aber er stellt nicht die C/T-Grenze dar, die ungefähr 3 m tiefer bestimmt wurde. An der C/T-Grenze wird ein Hiatus vermutet, der das oberste Cenoman und tiefste Turon umfasst.

7.6 Laborbefunde:

Da die „Tonlage“ regional und auch lokal innerhalb eines Aufschlusses erheblich in ihrer Mächtigkeit variiert und zudem auch farblich und in ihrer Konsistenz nicht

einheitlich erscheint, wurden an verschiedenen Stellen 8 Proben entnommen und mit folgenden Ergebnissen analysiert.

Tab. 7-1. Probenwerte.

Proben 2016					
Labor-Nr.	Probe	Kalkgehalt [g/kg]	Kalkgehalt [g/g]	Kalkgehalt [Gew.-%]	Bezeichnung
KP-16-05-01	Tell	1,97	~0	0,2	mergeliger Ton (5% Kalk; 95 % Ton)
KP-16-05-02	RUT	80,17	0,08	8,02	Mergelton (15 % Kalk; 85 % Ton)
KP-16-05-03	Tonfuge	153,50	0,15	15,25	Tonmergel (25% Kalk; 75% Ton)
KP-16-05-04	Tonlinse	174,89	0,17	17,49	Tonmergel (25% Kalk; 75% Ton)
Proben 2015					
AG-001	Ton RUT 45	161,03	0,16	16,10	Tonmergel (25% Kalk; 75% Ton)
AG-002	Ton Basis K4	507,65	0,51	50,77	Kalkmergel (65 % Kalk; 35 % Ton)
AG-003	Ton SAR 36	16,01	0,02	1,6	mergeliger Ton (5 % Kalk; 95% Ton)
AG-004	Mergel	285,51	0,29	28,55	Mergel (35 % Kalk, 65 % Ton)

Die Analysenwerte spiegeln den jeweiligen Verwitterungsgrad wider. Ein höherer Karbonatgehalt beruht auf der Kalksteinverwitterung oberhalb der Lage.

Danach variiert der Karbonatgehalt zwischen 5 und 65 % und bietet damit keine einheitliche Zuordnung. Im Durchschnitt beträgt der Kalkgehalt 25% und entspricht am ehesten einem Tonmergel. Da festgestellt werden konnte, dass auch der darüber liegende Kalkstein ähnlich verwittert und dabei eine Kalkanreicherung verursachen

kann, würde man am besten von einer grünlich verwitternden tonig-mergeligen Lage sprechen.

7.7 Karsterscheinungen:

An vielen Stellen sind die Oberflächen der Kalksteine mit Schratten versehen. Hinzu kommen durch Verwitterung in Oberflächennähe geweitete Klüfte, in denen oft Roterde eingedrungen ist und den gesamten Schichtenverband oberflächlich rötlich einfärbt. Wenn steilstehende Kluftscharen das Gestein durchziehen, wird der betroffene Schichtenverband oft in Quader zerteilt.

Neben dem weit verbreiteten Oberflächenkarst subrecenter bis rezenter Entstehung ist lokal auch ein Paläokarst feststellbar. Dieser geht von der rotverwitterten Lage (Nr. 48 im Regionalprofil, Anlage 1) aus und erfasst im Aufschluss 14 die darunter liegende Kalkbank, welche dadurch deutlich an Mächtigkeit verliert. Im Gegenzug wächst die lateritische Lage mit den Flintrümmern deutlich an. Der Verkarstung zum Opfer fallen aber nur ca. 40 cm der Kalksteinbank, so dass von einem relativ kurzzeitigen Ereignis auszugehen ist. So ist auch ein Tiefgang der Verkarstung mit Bildung von Hohlräumen im darunter liegenden Schichtenverband nicht ersichtlich.

Der Paläokarst liegt horizontgebunden im Bereich des Rudistenhorizontes 10 und ist etwa mittelturonen Alters. Über dem Karsthorizont folgen stark kavernös verwitternde Zellendolomite.

Die Verbreitung von Rotsedimenten im Gebiet betreffend ist bei der Interpretation große Vorsicht geboten, denn in den Klüften vermischen sich oft Roterde von der Oberfläche mit dem Paläokarst (Laterit).

7.8 Mikrofazielle Untersuchungen an Gesteinen des Regionalprofiles (Einheiten 4 bis 10)

Schwerpunktmäßig wurden die rudistenführenden Horizonte beprobt, die anderen Profilabschnitte sporadisch.

7.8.1 Einführung

Um für die Interpretation des Milieus weitere Informationen zu erhalten, wurden ergänzend zu den makroskopischen Befunden mikrofazielle Untersuchungen an insgesamt selektierten 117 Gesteinsproben vorgenommen.

7.8.2 Mikrofazielle Untersuchungen

Die Untersuchungen wurden anhand von Dünnschliffen durchgeführt, die nach Mikrofaziestypen gemäß FLÜGEL (1978) klassifiziert und hieraus resultierend derentsprechenden Fazieszone nach dem-Modell von WILSON (1975) zugeordnet wurden. Diese Einstufung bildet die Grundlage für die kritische Gegenüberstellung der makroskopisch und mikroskopisch generierten Befunde bezüglich des Bildungsmilieus.

Die nachstehende Tabelle zeigt eine Übersicht aller in der Profilabfolge erwarteten Mikrofaziestypen mit entsprechender Zuordnung zu den Fazieszonen:

Tab. 7-2. Übersicht der in der Abfolge erwarteten Mikrofaziestypen.

Name	Entspricht SMF-Typ	Fazies-Zone	Milieu
Bioklastischer Wackestone	9	7	Flacher Bereich mit offener Zirkulation
Roter Tonhorizont über Rud.horizont 10			
Framestone silifiziert	7	5	Riff
(<i>Hippurites</i> -) Riff Rudstone, silifiziert	6	4	Vorriff,
Bioklastischer Floatstone to Rudstone	5	4	Riff-Flanken-Fazies
Bioklastischer Grainstone to Rudstone mit umrandeten Bioklasten Zement	11	5	Plattformrand-Sande
Bioklastischer Grain- to Rudstone	12	6	mäßig hochenergetischer Bereich, sehr flaches Wasser
Bioklastischer Mikrit/Wackestone	9	7	Flacher Bereich, offene Wasserzirkulation
Grainstone mit Peloiden und Foraminiferen	16	7	Abgeschlossene Lagune
Loferit	19	8	in abgeschnürten Buchten
Mikrit mit großen Onkoiden, Wacke-/ Floatstone	22	8	Stillwasser-Bereich
Markante Tonlage:			
zwischengeschaltet: Loferit	19	8	in abgeschnürten Buchten
Grainstone mit Peloiden und Foraminiferen	16	8	
Bioklastischer- Grain to Rudstone	12	6	mäßig hochenergetischer Bereich, sehr flaches Wasser
RRM (Rud.horizont 3)↓:			
Framestone silifiziert	7	5	Riff
Grainstone mit umrindeten Bioklasten und sparitischem Zement	11	5	Riff
Riff Rudstone, silifiziert	6	4	Vorriff,

Tab. 7-2, Fortsetzung.

Unterhalb des RRM↓:			
Bioklastischer Floatstone to Rudstone	5	4	Riff-Flanken-Fazies
Grainstone mit umrindeten Bioklasten und sparitischem Zement	11	5	Plattformrand
Bioklastischer Grain- to Rudstone	12	6	mäßig hochenergetischer Bereich, sehr flaches Wasser
Bioklastischer Wackestone	9	7	Flacher Bereich, offene Wasserzirkulation
Nichtlaminiertes, homogenisiertes fossilfreies Mikrit	23	8	Geschlossener Plattform-Bereich

Diese Mikrofaziestypen sind repräsentativ für 5 Fazieszonen, die alle für sehr flaches, z. T. hochenergetisches Wasser typisch sind:

Mikrofaziestyp 5 repräsentiert eine Riff-Flankenfazies, während sich Typ 6 typischerweise in dem Vorriffbereich entwickelt. Diese Faziestypen können der ebenfalls der Fazieszone 4 zugeordnet werden.

Mikrofaziestyp 6 bildet sich im Vorriffbereich aus und besteht zumeist aus Riffschutt, der unter hochenergetischen Bedingungen abgelagert wurde.

Mikrofaziestyp 7 entspricht einer autochthon gebildeten Riff-Fauna. Sie entsteht nach WILSON (1975) im Randbereich von Plattformränder und entspricht der Fazieszone 5, wo sich Riffkörper und massive Kalke ausbilden können. Mikrofaziestyp 7 kommt jedoch auch in der Fazieszone 7 als Patchreef vor, die dem offenen Plattformbereich entspricht.

Der Mikrofaziestyp 9 entwickelte sich im Bereich der Fazieszone 7, die den offenen Plattform-Bereich inklusive Schelflagunen abbildet. Unterschiedliche Kalktypen und hochdiverse Faunen sind kennzeichnend, Patchriffe kommen ebenfalls vor.

Mikrofaziestyp 11 stellt eine Riff-Fazies dar, die sich an Plattformrändern entwickelt und entspricht der Fazieszone 5. Hier bilden sich Riffkörper und massive Kalke, wie auch in den Dünnschliffen erkennbar ist. Anzumerken ist, dass dieser Typ ebenfalls der Fazieszone 6 zugeordnet ist.

Mikrofaziestyp 12 bildet sich innerhalb der Fazieszone 6, die dem Bereich der Plattformrand-Sande entspricht. Sie sind in den Schliffen gekennzeichnet durch Kalkarenite, Bioklasten sowie Kreuzschichtung, die partiell bereits makroskopisch erkennbar sind.

Mikrofaziestyp 16, 19 22 und 23 repräsentieren den Ablagerungsraum der Fazieszone 8, der die geschlossenen Plattform-Bereiche umfaßt.

7.8.3 Ergebnisse

Die Untersuchung der Dünnschliffe brachte keine verwertbare Aussagen bezüglich der Mikrofaziestypen, die über die Befunde von GERHARD (2008, unpubl.) hinausgehen. Als Ursache hierfür wird Rekristallisation unter weitgehender Zerstörung der Primärstrukturen in den untersuchten Proben angesehen. Ob das Absterben der Rudistenvorkommen weitere Ursachen neben einer Verflachung des Lebensraumes und zeitweise hypersalinaren Bedingungen hatte, konnte mit Hilfe der durchgeführten mikrofaziellen Untersuchungen nicht geklärt werden.

7.8.4 Diskussion

Die Ergebnisse der aktuellen Dünnschliffuntersuchungen reichen nicht aus, um ein unterschiedliches Tiefenniveau für die untersuchten Einheiten innerhalb des vollmarinen Flachwassermilieus zu bestätigen.

8 Synthese und Schlussfolgerungen

8.1 Synthese

Es kann festgestellt werden, dass die in dieser Arbeit vorgestellten paläontologischen und stratigraphischen Ergebnisse der vorgenommenen Untersuchungen wichtige neue Erkenntnisse über die Rudistenvorkommen, ihre Begleitfauna und ihre stratigraphische Zuordnung liefern, die von den bisherigen Ergebnissen früherer Bearbeiter (BANDEL & SALAMEH, 2013; ÖZER & AHMAD, 2015, 2016 und weitere) teilweise oder vollständig abweichen.

Als Ursache hierfür ist anzusehen, dass bezüglich der neu ausgeschiedenen Rudistenhorizonte eine sehr intensive und langwierige Geländeuntersuchung nötig ist, um die einzelnen Horizonte im Gelände zu erkennen und differenzieren zu können. Vermutlich wurden daher bislang in der jüngeren Literatur lediglich 2 bis 3 Horizonte beschrieben (GERHARD, 2008, BANDEL & SALAMEH, 2013; ÖZER & AHMAD, 2015, 2016. Hieran knüpft die Überlegung, ob diese neu entdeckten Horizonte auch in anderen Gebieten des Ajlungebirges äquivalent anstehen, beispielsweise in den von ÖZER & AHMAD (2015, 2016) untersuchten Lokalitäten.

Die genauere stratigraphische Zuordnung der Rudistenhorizonte war nur möglich durch Ammonitenfunde, die Analogieschlüsse bezüglich der stratigraphischen Position der sie umgebenden Schichten, die keine Leitfossilien führen, zulassen. Obwohl die Ammoniten-Gattungen *Acanthoceras* sp. und *Neolobites vibrayeanus* bereits aus Jordanien beschrieben worden sind (NAZZAL & MUSTAFA, 1993, WIESE & SCHULZE, 2005), wurden diese Gattungen jetzt erstmalig eingesetzt, um Rudistenvorkommen im Ajlungebirge zu datieren.

Zudem ermöglichte es der Fund von *Choffaticeras segne* innerhalb des Rudistenhorizontes 5, diesen Horizont der *Choffaticeras segne*- Zone zuzuordnen und damit die Obergrenze des OAE2 festzulegen. Das Exemplar kann jedoch nicht als Rudisten-Begleitfauna eingestuft werden, da beide Tiergruppen unterschiedliche Lebensräume besiedelten.

Das erstmalig in dem untersuchten Gebiet ausgewiesene OAE2 konnte aufgrund seiner untypischen Faziesausbildung bislang in dem Gebiet nicht erkannt werden. Die laterale Ausdehnung des OAE2 in dieser Sonderfazies konnte nicht eingegrenzt werden, sie ist allerdings auch nicht aus angrenzenden Gebieten beschrieben.

Der erkennbare Faunenschnitt könnte auch dort ein Indikator für das Vorkommen des OAE2 sein.

Durch das Auftreten von *Choffaticeras segne* ist erstmalig belegt, dass in der untersuchten Abfolge Gesteine des Unterturon anstehen. Dies steht im Widerspruch zu den aktuellen Publikationen von ÖZER & AHMAD (2015, 2016), in denen das obere Turon direkt auf dem Ober-Cenoman aufliegt. In diesen Publikationen verläuft u. a. im Profil Ishtafina eine größere Diskordanz bzw. ein Hiatus rund 20 m unter den *Hippurites*-Vorkommen, der diese stratigraphische Lücke erklären soll. Unklar geblieben ist hier jedoch, aus welchen Befunden die beiden Autoren abgeleitet haben, dass diese Diskordanz die Gesteine des gesamten Unterturon betrifft.

Der markante Tonhorizont enthält flachgedrückte Trochactaeonellen und kann als äolischer Eintrag in eine Lagune interpretiert werden. Er beendet nach m. E. den OAE-2, denn unmittelbar darüber kommt *Choffaticeras segne* vor und der Fossilgehalt wird mit dem Einsetzen der Radioliten (Rudistenhorizont 5) wieder reichhaltiger.

Die Begleitfauna der bekannten Rudisten-Horizonte fand in der Vergangenheit wenig Beachtung und wurde auch bislang nicht näher untersucht, obwohl sie besonders im Rabad Rudist Member einen größeren Anteil an der fossil erhalten gebliebenen Riff-Fauna ausmacht und innerhalb des Riffkörpers deutlich erkennbar ist. Allerdings ist die Bestimmung aufgrund des Erhaltungszustandes oft schwierig bis unmöglich, wie sich auch mit der vorliegenden Arbeit bestätigt. Die Korallenfauna hierin wurde zwar vereinzelt erwähnt (GERHARD, 2008, BANDEL & SALAMEH, 2013), aber ihr wissenschaftlicher Wert deutlich unterschätzt, wie sich jetzt durch die vorliegende Arbeit herausgestellt hat. Gleiches trifft auf die turonen Korallen aus dem Rudisten-Horizont 8 zu, die jedoch nahezu unbekannt waren.

8.2 Schlussfolgerungen

Die aus dieser Untersuchung hervorgehenden Ergebnisse und ihre Interpretation ermöglichen eine neue Bewertung der Rudistenvorkommen in dem untersuchten Gebiet, da diese häufiger als bislang bekannt auftreten. Es wäre sinnvoll, diese Vorkommen in weiteren Arealen zu suchen, um einen Überblick über die gesamte laterale Verbreitung aller Horizonte zu erhalten.

Die Ergebnisse aus den Untersuchungen der Begleitfauna haben bezüglich der Korallenvorkommen einen großen paläontologischen Nutzen, da sie neue Informationen zur Verbreitung und zum stratigraphischen Vorkommen der bestimmbareren Gattungen geliefert haben. Die Untersuchungen sollten an weiteren Lokalitäten im Ajlungebirge fortgesetzt werden, um die Kenntnisse über die Vorkommen weiter zu spezifizieren.

Die Lage der Cenoman-Turon-Grenze wurde lange kontrovers diskutiert und ist jetzt in der aktuellen stratigraphischen Position als geklärt einzustufen.

Das OAE2 kann nur mit Hilfe des begleitenden Faunenschnittes belegt werden, da die typische Fazies fehlt.

Nur der Fund von *Choffaticeras segne* aus dem Rudisten-Horizont 5 ermöglichte die stratigraphische Einordnung dieses Horizontes. Bei künftigen Untersuchungen der Flachwasserfazies innerhalb und zwischen den Rudistenhorizonten sollten daher verstärkt auf verdriftete Ammonitengehäuse geachtet werden.

Die flächenhafte Ausdehnung der Rudisten-Horizonte im gesamten Ajlun-Gebirge ist nicht oder nur rudimentär bekannt. Daher sind weitere Untersuchungen nötig, um ein regionales Modell der Rudistenvorkommen entwickeln zu können.

Literaturverzeichnis

- ABDELHAMID, G., 1995. The Geology of Jerash Area Map Sheet (3154-I), The Hashemite Kingdom of Jordan, Ministry of Energy and Mineral Resources, Natural Resources Authority, Amman, 51 S.
- ABED, A.M., ABU HAMAD, A., ABUL KHAIR, H., KRAISHAN, G., 2013. Development of calcrete and clinofolds during emergence and flooding of the Late Cenomanian carbonate platform, Jordan. *Facies*, 59, 829-842.
- ABED, A. M., AL HIYARI, 1986. Depositional environments, paleogeography of the cretaceous gypsum horizon in west-central Jordan. *Sediment Geology*, 47, 109-123.
- AL-HEJOJ, I. K., 2009. Deformed Fossils and Related Structures in Jordan, University of Jordan, Amman, MSc.-Thesis 140 S.
- AL-HEJOJ, I., BANDEL, K., SALAMEH, E., 2016. The fossil beach and reef terraces of the Gulf of Aqaba coast, Jordan—its environment, formation, and relation to mountain uplifting mechanism. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(4), 275. [https:// DOI: 10.1007/s12517-015-2293-6](https://doi.org/10.1007/s12517-015-2293-6).
- AL-RIFAIY, I. A.; CHERIF, O. H., 1987. Biostratigraphic aspects and regional correlation of some cenomanian -turonian exposures in Jordan. In: *Géologie Méditerranéenne*, 14 (3), S. 181–193. [https://DOI: 10.3406/geolm.1987.1381](https://doi.org/10.3406/geolm.1987.1381).
- AL-RIFAIY, I. A.; CHERIF, OMAR H., (1988): The fossil coral reefs of al-Aqaba, Jordan. In: *Facies* 18(1), S. 219–229. DOI: 10.1007/BF02536801.
- AMLER, M., FISCHER, R., ROGALLA, N., 2000. *Muscheln*. Enke im Thieme Verl., Stuttgart, 214 S.
- ANDREWS, I.J., 1992. Permian, Triassic and Jurassic Lithostratigraphy in the subsurface of Jordan. Natural Resources Authority, Subsurface Geology, Bull. 4, Amman, 60 S.
- AQRABAWI, M., 1993. Oysters (Bivalvia-Pteriomorpha) of the Upper Cretaceous rocks of Jordan. *Palaeontology, Stratigraphy and Comparison with the Upper Cretaceous oysters of Northwest Europe*. *Mitteilungen aus dem Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Hamburg*, 75, 1-136.
- AYOUB-HANNAA, W., UND FÜRSICH, F. T. 2012. *Apricardia noncarinata* n. sp. (Bivalvia, Requieriidae) from the Cenomanian (Upper Cretaceous) of central-east Sinai, Egypt. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 263, 75-84.
- BAASKE, U.P., 2005. Sequence stratigraphy, sedimentology and provenance of the Upper Cretaceous siliciclastic sediments of South Jordan. Diss., Universität Stuttgart, 136 S.
- BANDEL, K., GEYS, J. F., 1985. Regular echinoids in the Upper Cretaceous of the Hashemite Kingdom of Jordan. *Annales de la Société géologique de Belgique*, 104, 97-115.
- BANDEL, K., MIKBEL, S., 1985. Origin and deposition of phosphate ores from the Upper Cretaceous at Ruseifa (Amman, Jordan). *Mitteilungen aus dem Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Hamburg*, 59, 167-188.

- BANDEL, K., MUSTAFA, H., 1996. Constructional morphology of some Upper Cretaceous rudists of the Ajlun (Jordan). In: C. Spaeth (Ed.), Proceedings of the 4th International Cretaceous Symposium. Mitteilungen aus dem Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Hamburg, 603-635.
- BANDEL, K., SALAMEH, E., 2013. Geologic Development of Jordan-Evolution of its Rocks and Life. The University of Jordan Press, Amman, 278 S.
- BANDEL, K., SHINAQ, R., 2003. The sea in the Jordan Rift (Northern Jordan) during Oligocene/Miocene transition with implications to the reconstruction of the geological history of the region. Freiburger Forschungshefte C49, 97-115.
- BARON-SZABO, R.C., 1997. Die Korallenfazies der ostalpinen Kreide (Helvetikum: Allgäuer Schrätkalk; Nördliche Kalkalpen: Brandenberger Gosau). Taxonomie, Palökologie. Zitteliana, 21, 3-97.
- BARON-SZABO, R.C., 2003. Scleractinian corals from Lower Cretaceous deposits north of Esfahan (central Iran). Facies, 48(1).199-215.
<https://doi.org/10.1007/BF02667539>
- BARON-SZABO, R.C., 2014. Scleractinian Corals from the Cretaceous of the Alps and Northern Dinarides with remarks on related taxa. Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt in Wien, 68, 1- 296.
- BENDER, F., 1968. Geologie von Jordanien Borntraeger, Berlin, 230 S.
- BERNDT, R., 2002. Palaeoecology and taxonomy of the macrobenthic fauna from the Upper Cretaceous Ajlun Group, southern Jordan. Diss., Universität Würzburg, 343 S.
- BLANCKENHORN, M., 1890. Beiträge zur Geologie Syriens: Die Entwicklung des Kreidesystems in Mittel- und Nord-Syrien, Kassel, 135 S.
- BLANCKENHORN, M., 1912. Naturwissenschaftliche Studien am Toten Meer und im Jordantal. Bericht über eine im Jahre 1908 unternommene Forschungsreise in Palaestina. Friedlander & Sohn, Berlin, 478 S.
- BLANCKENHORN, M., 1925. Seeigelfauna der Kreide Palaestinas. Palaeontographica, 67, 83-115.
- BLANCKENHORN, M., 1927. Die fossilen Gastropoden und Scaphopoden der Kreide von Syrien-Palaestina. Palaeontographica 69, 111-186.
- BLANCKENHORN, M., 1934. Die Bivalven der Kreideformation von Syrien-Palästina nebst einem ergänzendem Nachtrag über Brachiopoden, und Pteropoden und einem Überblick über die gesamte Molluskenfauna. Palaeontographica (A), 81, 161-302.
- BURDON, D.J., 1959 Handbook of the Geology of Jordan; to accompany and explain the three sheets of 1:25,000 Geological Map, East of the Rift by A. M. Quennell. Government of the Hashemite Kingdom of Jordan, 82 S.
- CAIRNS, S.D., 2010. Corallosphere. <http://corallosphere.org>, last visited on 03 Feb 2018.
- CHIKHI-AOUIMEUR, F., 2010. L'Algérie à travers son patrimoine paléontologique, Les Rudistes. Sarl BAOSEM, 272 S.
- CHUBB, L. J., 1971. Rudists of Jamaica. Palaeontographica americana, 7, 157-257.

- COOGAN, A. H. 1969. Evolutionary Trends in Rudist Hard Parts. In: R. C. Moore, ed., Treatise on invertebrate paleontology, Part N, Mollusca 6, vol. 2, Kansas: N766-776.
- DECHASEAUX, C. 1943. Nouvelles observations sur *Caprinula cedrorum* BLANCKENHORN. Bulletin de la Société géologique de France, 5: 37-41.
- DECHASEAUX, C. 1952. Classe de lamellibranches. In: J. Piveteau (ed.), Traité de paléontologie, Paris (Masson), 220-364.
- DECHASEAUX, C. 1969a. Family Hippuritidae GRAY, 1848, Introduction. In: R. C. MOORE (Ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology, (N), Mollusca 6, Vol. 2, Geological Society of America/University of Kansas, N749-N751.
- DECHASEAUX, C. 1969b. Classification. In: R. C. MOORE (Ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology, (N), Mollusca 6, Vol. 2, Geological Society of America/University of Kansas, N766.
- DECHASEAUX, C., COOGAN, A.H., 1969a. Systematic descriptions, Family Radiolitidae GRAY, 1848. In: R. C. MOORE (Ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology, (N), Mollusca 6, Vol. 2, Geological Society of America/University of Kansas, N803-N817.
- DECHASEAUX, C., COOGAN, A.H., 1969b. Systematic descriptions, Family Hippuritidae GRAY, 1848. In: R. C. MOORE (Ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology, (N), Mollusca 6, Vol. 2, Geological Society of America/University of Kansas, N799-N803.
- DECHASEAUX, C., UND PERKINS, B. F. 1969a. Systematic descriptions, Family Requiéniidae DOUVILLÉ, 1914 In: R. C. MOORE (Ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology, (N), Mollusca 6, Vol. 2, Geological Society of America/University of Kansas, N779-N781.
- DECHASEAUX, C., PERKINS, B.F., 1969b. Systematic descriptions, Family Caprinidae D'ORBIGNY, 1850. In: R. C. MOORE (Ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology, (N), Mollusca 6, Vol. 2, Geological Society of America/University of Kansas, N787-N799.
- DEL CARMEN PERRILLIAT, M., AHMAD, F., VEGA, F.J. 2006. Upper Cretaceous (Cenomanian-Turonian) bivalves from northern Jordan, Middle East. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 23, 96-106.
- DOUVILLÉ, H., 1887. Sur quelques formes peu connues de la famille des chamidés. Bulletin de la Société géologique de France, 3, 756-802.
- DOUVILLÉ, H., 1888. Etudes sur les caprines. Bulletin de la Société géologique de France, 16(3), 699-730.
- DOUVILLÉ, H., 1910. Etudes sur les rudistes. Rudistes de Sicile, d'Algérie, d'Égypte, du Liban et de la Perse. Mémoires de la Société géologique de France, 41, 83 S.
- DOUVILLÉ, H., 1914. Les Réquiéniides et leur évolution. Bulletin de la Société géologique de France, Ser. 4, Bd., XIV, 383-389.
- DUNHAM, R. J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. AAPG Memoir, 1. 108-121.

- EMBRY, A.F., KLOVAN, J.E. 1972. Absolute water depth of late Devonian paleocological zones. *Geologische Rundschau*, 61, 672-686.
- ERRENST, C., 1990 Das korallenführende Kimmeridgium der nordwestliche Iberischen Ketten und angrenzender Gebiete (Fazies, Paläogeographie und Beschreibung der Korallenfauna), Teil 1. *Palaeontographica*, A 214, 121-207.
- FELIX, J., 1909 Über einige Korallen aus dem persischen Miocän. *Sitzungsbericht der Naturforschenden Gesellschaft zu Leipzig*, 1-10, Leipzig.
- FELIX, J., 1913. Die Korallen der Kreideformation von Palästina und Syrien. In: M. BLANCKENHORN, (Ed.), *Beiträge zur Paläontologie und Geologie Österreich-Ungarns und des Orients*, unter Mitwirkung von Fachgenossen herausgegeben, 93-115.
- FLÜGEL, E., 1978. *Mikrofazielle Untersuchungsmethoden von Kalken*. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 454 S.
- GERHARD, A., 2008. Geologische Kartierung westlich von Ishtafina im Ajlun-Gebirge/Jordanien. *Dipl. arbeit (Teil 2)*, Univ. Hamburg, 61 S.
- GILI, E., MASSE, J-P. UND SKELTON, P. W., 1995. Rudists as gregarious sediment-dwellers, not reef-builders, on Cretaceous carbonate platforms. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 118 (3-4), 245-267.
- GOETZ, S., 2001. Rudisten-Assoziationen der keltiberischen Oberkreide SE-Spaniens: Paläontologie, Palökologie und Sediment-Organismus-Wechselwirkungen. *Werke des Verlags der Bayerischen Akademie der Wissenschaften bei C.H.Beck / Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse: Abhandlungen; Heft 171*.
- GUÉRANGER; E., 1853. *Essai d'un répertoire paléontologique du Département de la Sarthe*. Le Mans.
- KHALIL, B.M., 1985. Sedimentology and Microfacies of the Wadi Sir Formation in Ajlun-Irbid area with a review of Turonians Lithostratigraphy in the Middle East. *MSc thesis, University of Jordan Amman*, 112 S.
- KHALIL, B.M., 1992. The Geology of the Ar Rabba area Map Sheet, No. 3152 IV. *Bulletin 22. The Hashemite Kingdom of Jordan, Ministry of Energy and Mineral Resources, Natural Resources Authority, Amman*, 106 S.
- KLINGHARDT, F., 1921. Die Rudisten. Teil I. Neue Rudistenfauna aus dem Maastrichtien von Maniago (Friaul) nebst stratigraphischem Anhang, Berlin, 68 S.
- KLINGHARDT, F., 1922. Die Rudisten. Teil II. Vergleichende Anatomie der Rudisten, Chamen und Ostreen, Berlin, 68 S.
- KLINGHARDT, F., 1923. Methode anatomischer Analysen bei fossilen Muscheln. *Paläontologische Zeitschrift*, 5, 350-362.
- KLINGHARDT, F., 1928a. Die Rudisten. Teil IV. Atlas und eingehende Figurenbeschreibung, Berlin.
- KLINGHARDT, F., 1928b. Über sehr frühe Entwicklungsstadien eines Rudisten. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Beilagen-Band, (B)*, 60, 173-178.

- KLINGHARDT, F., 1929a. Die stammesgeschichtliche Bedeutung, innere Organisation und Lebensweise von *Radiolites liratus* CONRAD sp. *Palaeontographica*, 72, 95-101.
- KLINGHARDT, F., 1929b. Entwicklungsgleichheiten (Convergenzen) zwischen Austern und Rudisten und die Ursachen ihrer Entstehung. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, (B)*, 62, 509-521.
- KLINGHARDT, F., 1930. Biologische Analyse von *Hemipneustes radiatus* LAMARCK und *Hippurites radiosus* DES MOULINS. *Paläontologische Zeitschrift*, 12, 183-188.
- KLINGHARDT, F., 1931. Die Rudisten. Teil III. Biologie und Beobachtungen an Muscheln., Berlin, 59 S.
- KÜHN, O., 1932. Rudistae. I: Animalia Junk, Berlin, 200 S.
- KUTASSY, A., 1934. Pachydonta mesozoica. (Rudistis exclusis.). I: Animalia Jung, Berlin 202 S.
- LAMARCK, J.B.. 1815-1822. Histoire naturelle des animaux sans vertèbres., Paris (Verdière), 568 S.
- LATHUILLIÈRE, B., 1989. Répertoire objectif des coraux jurassiques. Éditeur Presses universitaires de Nancy - Editions Universitaires de Lorraine. 147 S.
- LÖSER, H. 2009. Fossile Korallen aus Jura und Kreide. Aufbau, Klassifikation, Bestimmung und Fundmöglichkeiten., Dresen, 206 S.
- LÖSER, H., UND SKLENAR, J. 2016. The Scleractinian coral genus *Glenarea* (Cretaceous). *Acta Musei Nationalis Pragae (B) Historia Naturalis Praha*, 71, 365-376.
- MACDONALD, M., SIR, AND PARTNERS. 1965. East Bank water resources. Hydrogeological survey of the Madaba-Ma'an area, 1-3 Central Water Authority.
- MASRI, M. 1963. Report on the geology of the Amman-Zerka area. Central Water Authority, 74 S.
- MERGNER, H., SCHUHMACHER, H. 1974. Morphologie, Ökologie und Zonierung von Korallenriffen bei Aqaba (Golf von Aqaba, Rotes Meer). *Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, 26, 238-358.
- MUSTAFA, H., BANDEL, K. 1992. Gastropods from lagoonal limestones in the Upper Cretaceous of Jordan. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 185, 349-376.
- NAZZAL, J., MUSTAFA, H., 1993. Ammonites from the Upper Cretaceous of north Jordan: Abhath Al-Yarmouk, *Pure Science and Engineering Series*, 2(2), 87-120.
- NEUMANN, C., 1998, Irregular echinoids from the Ajlun Group (upper Cretaceous) of Jordan. In: M. D. C. CARNEVALI, .F. BONASORO (Eds.), *Echinoderm Research* (Ed.), Balkema.
- NOETLING, F., 1886. Entwurf einer Gliederung der Kreideformation in Syrien und Palästina. *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, 38, 824-875.

- Özer, S., Ahmad, F., 2011. Turoniyen Rudistli Kireçtaşlarının Faunal Ve Fasiyes İncelemesi, Wadi As Sir Formasyonu, Ajlun Alani(Kb Ürdün):Paleocoğrafik Bir Yaklaşım. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/1261bc93d406a82_ek.pdf
- Özer, S., Ahmad, F., 2015. Cenomanian-Turonian rudist (bivalve) lithosomes from NW of Jordan. *Journal of African Earth Sciences*, 107, 119-133.
- Özer, S., Ahmad, F., 2016. *Caprinula* and *Sauvagesia* rudist faunas (Bivalvia) from the Cenomanian of NW Jordan. *Stratigraphy and taxonomy. Createous research*, 58, 141-159.
- D. K. PANDEY, F. AHMAD, AND F. T. FÜRSICH. 2000. Middle Jurassic scleractinian corals from northwestern Jordan. *Beringeria* 27, 3-29.
- PARKER, D. H. 1970. The hydrogeology of the Mesozoic-Cenozoic aquifers of the western highlands and plateau of East Jordan (4 Vol.). UNDP/FAQ 212., Unpubl. technical rep. Nr. 2, Rome, 424 S.
- DEL CARMEN PERRILLIAT, M., AHMAD, F., VEGA, F.J., 2006. Upper Cretaceous (Cenomanian-Turonian) bivalves from northern Jordan, Middle East. *Revista Mexicana De Ciencias Geologicas*, 23, 96-106.
- PERKINS, B. F., 1969. Rudist morphology. In: R. C. MOORE (Ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology*, (N), Mollusca 6, Vol. 2, Geological Society of America/University of Kansas, N751-764.
- PHILIP, J., BABINOT, J.-F., TRONCHETTI, G., FOURCADE, E., RICOU, L.-E., GUIRAUD, R., BELLION, Y., HERBIN, J.-P., COMBES, P.-J., CORNEE, J.-J., DERCOURT, J.. 2000. Late Cenomanian. In: J. DERCOURT, M. GAETANI, B. VRIELYNCK, E. BARRIER, B. BIJU-DUVAL, M. BRUNET, CADET JP, S. CRASQUIN, M. SUNDULESCU, (Eds.), *Atlas Pery-Tethys palaeogeographical maps*, Map 14, CCGM/CGMW, Paris.
- POWELL, J.H., 1988. The geology of Karak area, Map Sheet, No. 3152 III. Geological mapping project, Bulletin 8. The Hashemite Kingdom of Jordan, Ministry of Energy and Mineral Resources, Natural Resources Authority, Amman, 171 S.
- POWELL, J.H. 1989. Stratigraphy and Sedimentation of the Phanerozoic Rocks in Central and South Jordan, Part B Kurnub, Ajlun und Belqa Groups 1:50,000 Geological Mapping Series, Bulletin 11, The Hashemite Kingdom of Jordan, Ministry of Energy and Mineral Resources, Natural Resources Authority, Amman, 130 S.
- POWELL, J.H., MOH'D, B.K. 2011. Evolution of Cretaceous to Eocene alluvial and carbonate platform sequences in central and south Jordan. *GeoArabia*, 16, 29-28.
- QUENNELL, A.M.. 1951. The Geology and Mineral Resources of (former) Trans-Jordan. *Colonial Geology and Mineral Resources*, 2, 1-39.
- SANDERS, D., BARON-SZABO, R.C., 1997. Coral-rudist bioconstructions in the Upper Cretaceous Haidach section (Gosau Group; Northern Calcareous Alps, Austria). *Facies*, 36(1), 69-89.

- SCHANDELMEIER, H., REYNOLDS, P.-O., UND SEMPTER, A.-K., 1997. Quarternary (Holocene, ca. 8000 a b.p.), Plate 17, TFH Berlin. In: H. SCHANDELMEIER, P.-O. REYNOLDS, A.-K. SEMPTER (Eds.), Palaeogeographic-palaeotectonic Atlas of North-eastern Africa, Arabia, and Adjacent Areas, Balkema, Rotterdam.
- SCHULZE, F., 2003. Growth and crises of the Late Albian-Turonian carbonate platform, west central Jordan: integrated stratigraphy and environmental changes. Diss., Universität Bremen.
- SCHULZE, F., KUSS, J., UND MARZOUK, A. M., 2005. Platform configuration, microfacies and cyclicities of the upper Albian to Turonian of west-central Jordan. *Facies*, 50, 505-527.
- SEILACHER, A., 1984. Constructional morphology of bivalves. *Palaeontology*, 27, 207-237.
- SHINAQ, R. 1990. Mikrofazielle Untersuchungen kambrischer, triassischer und jurassischer Karbonatgesteine Jordaniens. Diss., Universität Hamburg, 196 S.
- SHINAQ, R., BANDEL, K., 1998. Lithostratigraphy of the Belqa Group (Late Cretaceous) in northern Jordan. *Mitteilungen aus dem Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Hamburg*, 81, : 163-184.
- SHINAQ, R., SHEREIDEH, S., SAIFULDIN, N., 2006. Microfacies and depositional environment of Upper Cretaceous phosphorites in northern Jordan. *Paläontologie, Stratigraphie, Fazies*, psf 14. Freiburger Forschungshefte, C 511, 43-56.
- SIMONPIÉTRI, G., 1999. Systématique phylogénèse ontogénèse chez les hippuritidae (rudistes du Crétacé Supérieur). Diss., Université d'Aix-Marseille 1, Marseille, 317 S.
- SKELTON, P.W., 1978. The evolution of functional design in rudists (Hippuritacea) and its taxonomic implications. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (B)*, 284: 305-318.
- SKELTON, P.W., 2013a. Rudist classification for the revised Bivalvia volumes of the 'Treatise on Invertebrate Paleontology'. *Caribbean Journal of Earth Science* 45, 9-33.
- SKELTON, P.W., 2013b. Rudist classification: nomenclatural correction of 'Suborder Radiolitidina Skelton, 2013' to 'Suborder Hippuritidina Newell, 1965'. *Caribbean Journal of Earth Science* 45, 34.
- STEUBER, T., 2002. A palaeontological database of RUDIST BIVALVES (Mollusca: Hippuritoidea, Gray, 1848. <http://www.paleotax.de/rudists/intro.htm>.
- STEUBER, T., LÖSER, H., 1996. Jurassic-Cretaceous Rudists (Mollusca, Hippuritacea)-Bibliography 1758-1994. *Neue Paläontologische Abhandlungen* 1, 1-123, Dresden.
- STEUBER, T., LÖSER, H., 2000. Species richness and abundance patterns of Tethyan Cretaceous rudist bivalves (Mollusca: Hippuritacea) in the central-eastern Mediterranean and Middle East. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 162, 75-104.

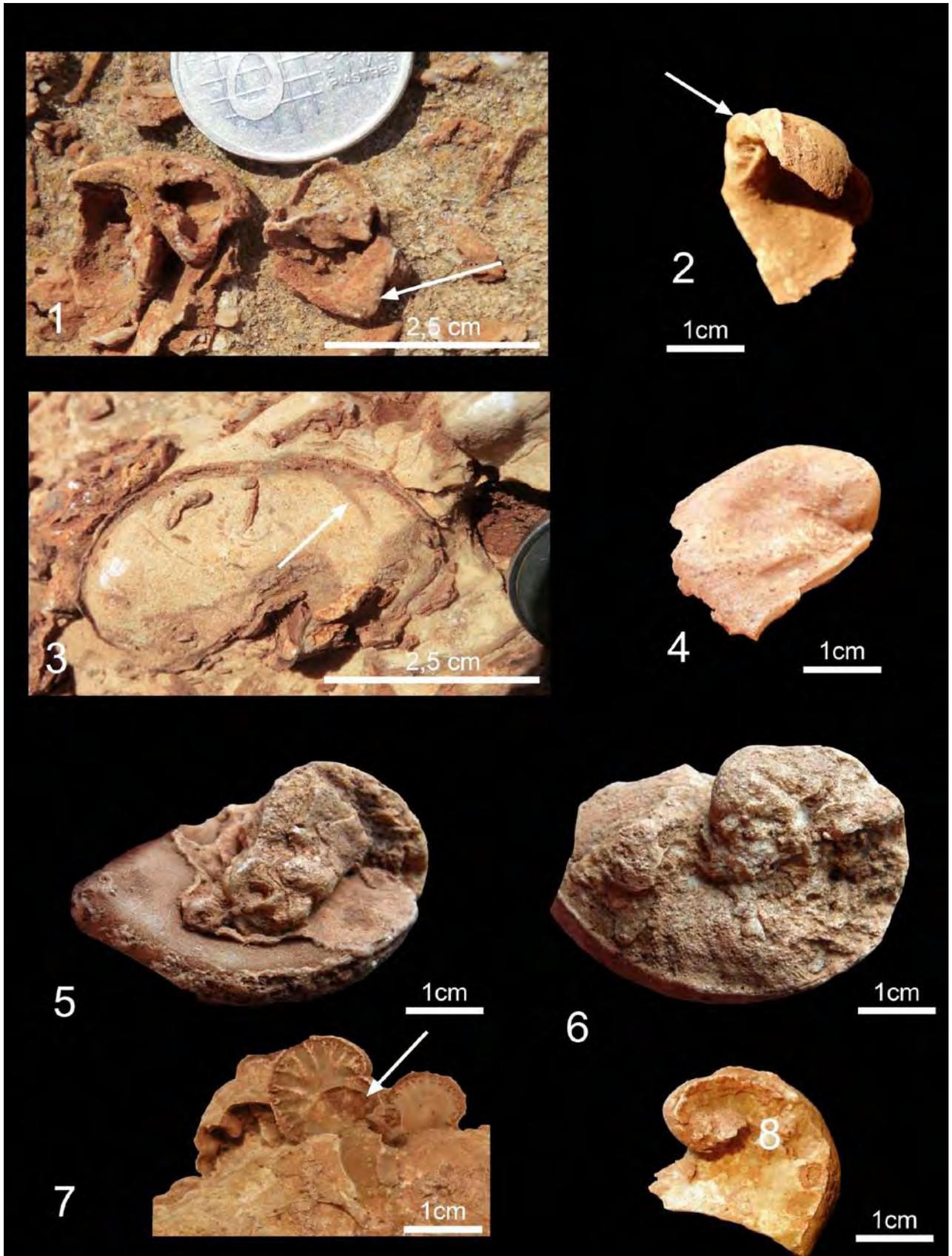
- STEUBER, T., SCOTT, R., W., MITCHELL, S.F., SKELTON, P.W., 2016. Stratigraphy and Diversity Dynamics of Jurassic–Cretaceous Hippuritida (Rudist Bivalves). Treatise Online no. 81: Part N, Revised, Volume 1, 26C: <https://journals.ku.edu/treatiseonline/article/view/6474>.
- TOUCAS, A., 1903. Etudes sur la classification et l'évolution des Hippurites, première partie. Mémoires de la Société géologique de France, Paléontologie 30(11), 1-64.
- TOUCAS, A., 1904. Etudes sur la classification et l'évolution des Hippurites, deuxième partie. Mémoires de la Société géologique de France, Paléontologie 30(12), 65-128.
- TOUCAS, A., 1907. Etudes sur la classification et l'évolution des radiolitidés: *Agria* & *Praeradiolites*. Mémoires de la Société géologique de France, Paléontologie, 36(14), 1-46.
- TOUCAS, A., 1908. Etudes sur la classification et l'évolution des radiolitidés: *Sphaerulites* & *Radiolites*. Mémoires de la Société géologique de France, Paléontologie, 36(15), 47-78.
- TOUCAS, A., 1909. Etudes sur la classification et l'évolution des Radiolitidés: *Sauvagesia* & *Biradiolites*. Mémoires de la Société géologique de France, Paléontologie. 36(17), 79-132.
- TOUCAS, A., 1910. Sur la classification des Hippurites. Bulletin de la Société géologique de France, 4(10), 723-727.
- WELLS, J.W., 1956. Scleractinia. In: R.C. MOORE (Ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology (F): Coelenterata, 328-444. Lawrence.
- WETZEL, R., MORTON, M., 1959. Contribution à la Géologie de la Transjordanie. Notes et Mémoires Moyen-Orient. Publiées sous la direction de M.L. DUBERTRET. Contribution à la Géologie de la Peninsule Arabique, 7, 95-188.
- WIESE, F., SCHULZE, F., 2005. The upper Cenomanian (Cretaceous) ammonite *Neolobites vibrayeanus* (d'Orbigny, 1841) in the Middle East: taxonomic and palaeoecologic remarks. In: Cretaceous Research 26(6), 930–946. DOI:10.1016/j.cretres.2005.06.005.
- WILSON, J.L., 1975. Carbonate Facies in Geologic History. Springer, Berlin-Heidelberg-New York.
- WOLFART, R., 1959. Geologie und Hydrogeologie des Irbid-Distriktes. Praktische Prüfungsarbeit zum zweiten Staatsexamen, Universität Hannover, 93 S.
- WOLFART, R., 1967. Geologie von Syrien und dem Libanon. Borntraeger, Berlin, 326 S.
- ZAKHERA, M.S., 2011. Cenomanian-Turonian rudists from Western Sinai, Egypt: Systematic paleontology and paleoecology. Geobios, 44. 409-433.

TAFELN

Tafel 1

- Abb. 1 *Apricardia* sp., Schalenbruchstücke. Gut erkennbar ist der hervorstehende Zahn 3 (Pfeil) der Deckelklappe. Lesestein, Rud.horizont 7, Aufschlusspunkt 41
- Abb. 2 *Apricardia* sp., Schalenfragment mit deutlich erkennbarem hervorstehende Zahn 3 (Pfeil) der Deckelklappe. Lesestein, Rud.horizont 7, Aufschlusspunkt 41
- Abb. 3 *Apricardia* sp., Der Querschnitt im Gestein zeigt deutlich die Leiste (Pfeil), auf dem der Schließmuskel befestigt war. Lesestein, Rud.horizont 10, Aufschlusspunkt 15
- Abb. 4 *Apricardia* sp., teilweise erhalten gebliebene Deckelklappe. Lesestein, Rud.horizont 10, Aufschlusspunkt 15
- Abb. 5 *Apricardia* sp., Fragment der linken Klappe. Lesestein, Rud.horizont 10, Aufschlusspunkt 15
- Abb. 6 *Apricardia* sp., linke Klappe, teilweise erhalten. Lesestein, Rud.horizont 10, Aufschlusspunkt 15
- Abb. 7 *Apricardias* sp., auf der intakten Deckelklappe eines *Hippurites*, angeheftet. Erkennbar ist der silifizierte Basalbereich, das ursprüngliche Gehäuse von *Apricardia* sp. ist weggebrochen. Lesestein, Rud.horizont 10, Aufschlusspunkt 15
- Abb. 8 *Apricardia* sp., kleines Gehäusefragment. Lesestein, Rud.horizont 10, Aufschlusspunkt 15

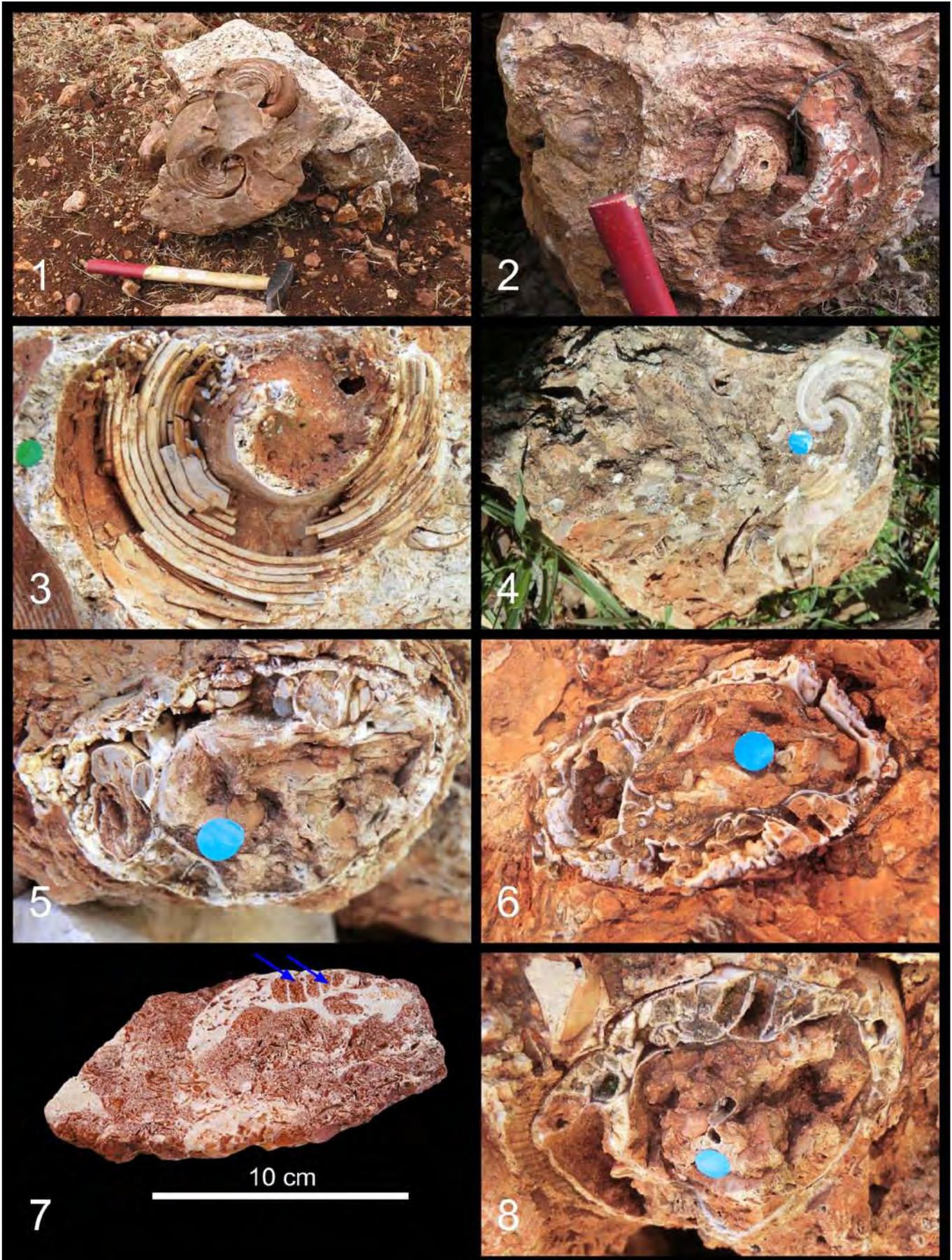
Tafel 1



Tafel 2

- Abb. 1 *Caprinula* sp., Bruchstücke einzelner Klappen befinden als Lesesteine auf einigen Feldern und in den sie umgebenen Schutzmauern. Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 19
- Abb. 2 *Caprinula* sp., Lesestein mit Steinkern, der eine gebogene Wuchsform beider Klappen erkennen läßt (Typ C).
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 32
- Abb. 3 *Caprinula* sp., Lesestein mit gut erkennbaren silifizierten Ausfüllungen der Pallialkanäle, die wie Schnüre aneinandergereiht erscheinen.
Grüner Punkt = 8mm. Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 31
- Abb. 4 *Caprinula* sp., Lesestein mit Längsschnitt einer Klappe, durch Silifizierung besonders hervorgehoben.
Blauer Punkt = 8mm. Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 28
- Abb. 5 *Caprinula boissyi*, Querschnitt, Lesestein,
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 30
- Abb. 6 *Caprinula boissyi*, Querschnitt, Lesestein,
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 16
- Abb. 7 *Caprinula boissyi*, Querschnitt im Anschliff. Gut erkennbar sind die Pallialkanäle (blaue Pfeile). Lesestein,
Rud.horizont 10, Aufschlusspunkt 33
- Abb. 8 *Caprinula boissyi*, Querschnitt. Lesestein.
Rud.horizont 10, Aufschlusspunkt 33

Tafel 2



Tafel 3

- Abb. 1 *Sauvagesia* sp., Lesestein mit Steinkernen und silifizierten Resten der äußeren Klappe (Mitte) Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 16
- Abb. 2 *Sauvagesia* sp., Lesestein. Auf dem Steinkern ist der Abdruck mehrerer Blutgefäße in der Unterseite der oberen Klappe eingeprägt (blauer Pfeil). Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 16
- Abb. 3 *Sauvagesia* sp., Lesestein.
Blauer Punkt = 8mm. Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 32
- Abb. 4 *Sauvagesia* sp., Lesestein mit dem Querschnitt von 2 ineinander gewachsenen Individuen.Grüner Punkt = 8mm. Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 31
- Abb. 5 *Sauvagesia* sp., Lesestein.
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 30
- Abb. 6 *Radiolites* sp., Querschnitt im Riffschutt erkennbar. Lesestein.
Rud.horizont 5, Aufschlusspunkt 12
- Abb. 7 *Durania* sp., 2 Querschnitte im Anschliff gut erkennbar.
Rud.horizont 5, Aufschlusspunkt 15
- Abb. 8 *Durania* sp.Silifizierte Deckelklappe. Lesestein
Rud.horizont5, Aufschlusspunkt 15

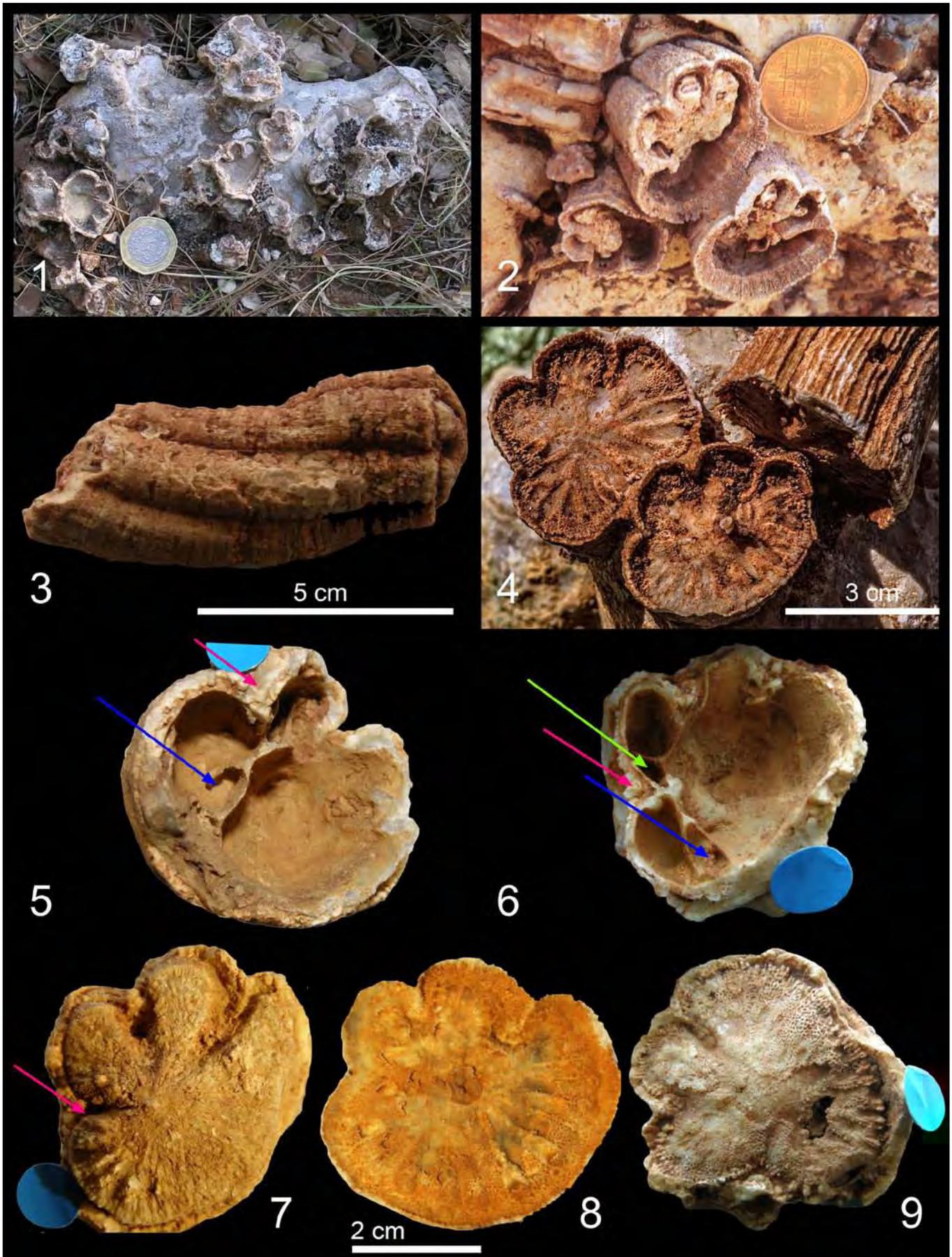
Tafel 3



Tafel 4

- Abb. 1 *Hippurites* sp., Querschnitt zahlreicher verwitterter Individuen.
Lesestein. Rud.horizont 8, Aufschlusspunkt 2
- Abb. 2 *Hippurites* sp., die individuelle Wuchsform der unteren Klappen ist hier
gut erkennbar. Rud.horizont 8, Aufschlusspunkt 1
- Abb. 3 *Hippurites* sp., Lesestein mit typischen Einfaltungen der unteren
Klappe. Deckelklappe sitzt noch auf, zeigt aber keine wichtigen
Strukturen mehr. Rud.horizont 8, Aufschlusspunkt 4
- Abb. 4 *Hippurites* sp, Lesestein mehreren unvollständigen Exemplaren.
Rud.horizont 10, Aufschlusspunkt 15
- Abb. 5 *Hippurites* sp, Lesestein. Gut erkennbar ist der Ligamentpfeiler
(magentafarbener Pfeil) und die Grube für den Zahn 3 (blauer Pfeil).
Rud.horizont 8, Aufschlusspunkt 1
- Abb. 6 *Hippurites* sp., Lesestein. Gut erkennbar ist der Ligamentpfeiler
(magentafarbener Pfeil) und die Grube für den vorderen Zahn 3
(blauer Pfeil). Rud.horizont 8, Aufschlusspunkt 1
- Abb. 7 *Hippurites* sp., Lesestein. Deckelklappe auf unvollständiger unterer
Klappe. Rud.horizont 8, Aufschlusspunkt 1
- Abb. 8 *Hippurites* sp., Lesestein, Deckelklappe auf unvollständiger unterer
Klappe. Rud.horizont 10, Aufschlusspunkt 15
- Abb. 9 *Hippurites* sp., Lesestein, Deckelklappe auf unvollständiger unterer
Klappe. Rud.horizont 10, Aufschlusspunkt 15

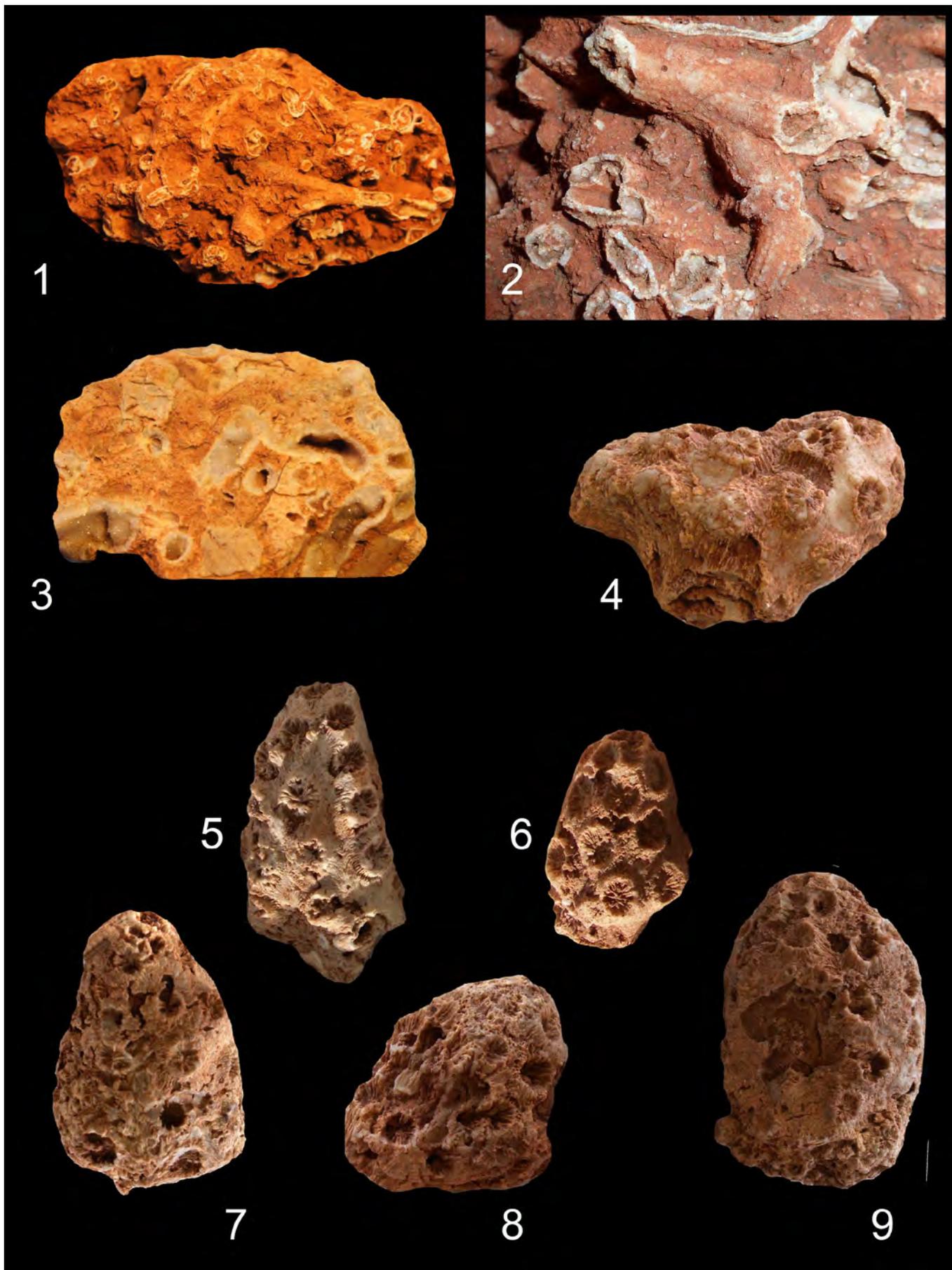
Tafel 4



Tafel 5

- Abb. 1 *Baryhelia* sp., Lesestein, Länge 12 cm.
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 32
- Abb. 2 *Baryhelia* sp., Lesestein, Ausschnitt, Länge 5 cm.
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 32
- Abb. 3 *Baryhelia* sp., Lesestein, Länge 4 cm.
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 31
- Abb. 4 *Brachiphyllia* sp., Lesestein, Länge 4,5 cm.
Rud.horizont 8, Aufschlusspunkt 39
- Abb. 5 *Columnocoenia* sp., Querschnitt. Lesestein,
Rud.horizont 8, Aufschlusspunkt 39
- Abb. 6 *Columnocoenia* sp., Lesestein,
Rud.horizont 8, Aufschlusspunkt 39
- Abb. 7 *Columnocoenia* sp., Lesestein,
Rud.horizont 8, Aufschlusspunkt 39
- Abb. 8 *Columnocoenia* sp., Lesestein,
Rud.horizont 8, Aufschlusspunkt 39
- Abb. 9 *Columnocoenia* sp., Lesestein,
Rud.horizont 8, Aufschlusspunkt 39

Tafel 5



Tafel 6

- Abb. 1 *Hydnophora* sp., Lesestein, Länge 6 cm
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 16
- Abb. 2 *Latiastrea* sp., Lesestein, Länge 6 cm.
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 19
- Abb. 3 *Latiastrea* sp., Lesestein, Länge 10 cm
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 31
- Abb. 4 *Peplosmilia* sp., Lesestein, Länge 2,5 cm
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 32
- Abb. 5 *Rhabdopsammia* sp., Lesestein, Länge 4 cm
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 16
- Abb. 6 *Sakalvastraea* sp., Lesestein, Länge 5 cm
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 16
- Abb. 7 *Stylina* sp., Lesestein (T1), Länge 4 cm
Rud.horizont 8, Aufschlusspunkt 39
- Abb. 8 *Stylina*, sp. Querschnitt. Lesestein (C6), Länge 6 cm
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 28

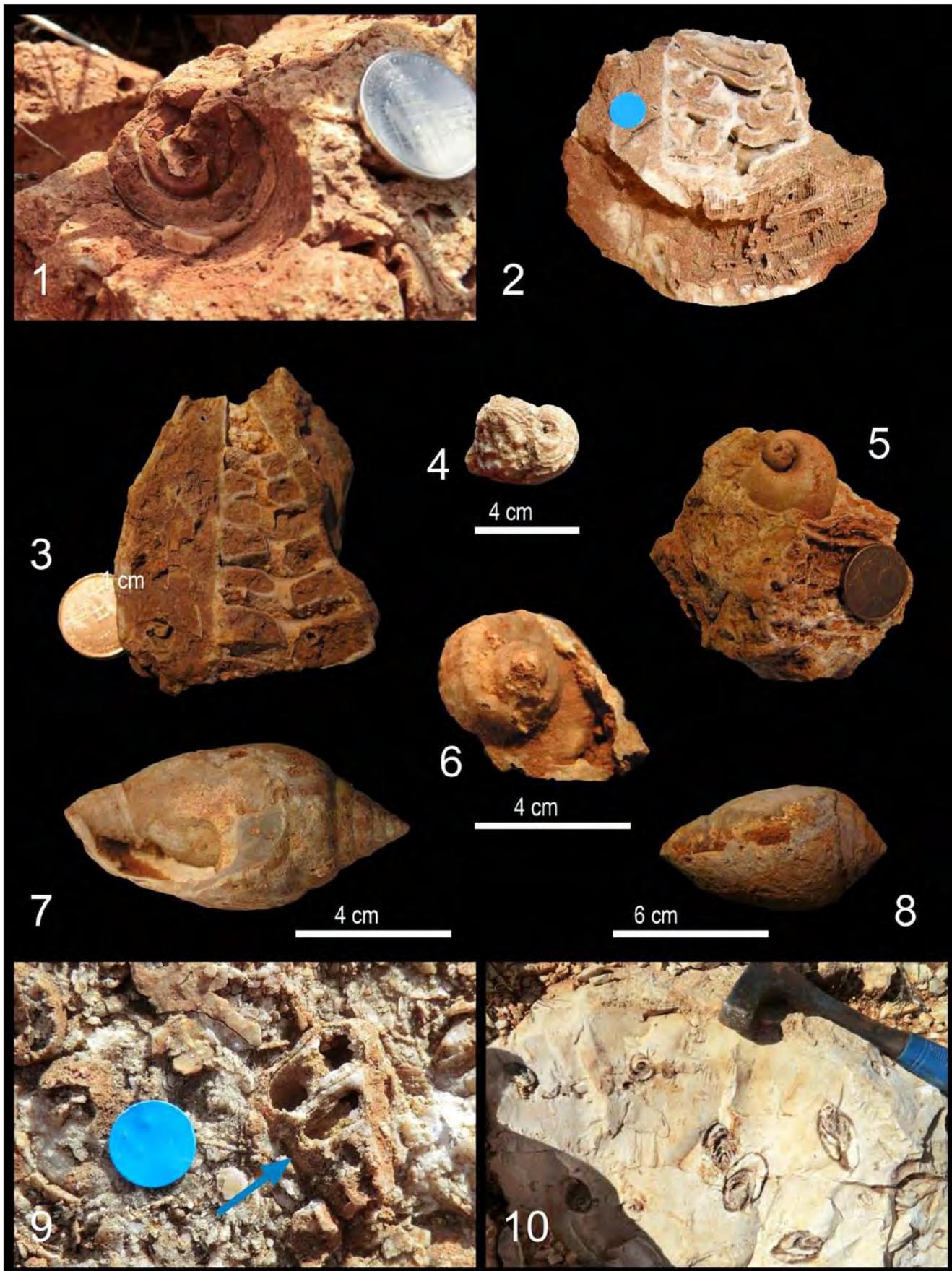
Tafel 6



Tafel 7

- Abb. 1 *Nerinea* sp., Bruchstücke von Steinkernen befinden sich auf zahlreichen Feldern und in den sie umgebenden Schutzmauern.
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 32
- Abb. 2 *Ptygmatis olisiponensis.*, Lesestein mit typischen Innenwindungen
Blauer Punkt = 8 mm. Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 31
- Abb. 3 *Nerinea* sp., an diesem Exemplar ist noch in einer der frühen Windungen ein Rest der Mittelleiste erkennbar
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 28
- Abb. 4 Gastropodensteinkern,
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 29
- Abb. 5 Gastropodensteinkern,
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 30
- Abb. 6 Archaogastropoda, Lesestein.
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 28
- Abb. 7 *Trochactaeon* sp., herausgewittertes Exemplar.
Einheit 9, Aufschlusspunkt 9
- Abb. 8 *Trochactaeon* sp, herausgewittertes Exemplar Lesestein,
Einheit 9, Aufschlusspunkt 9
- Abb. 9 Strombimorphe Gastropoda, Querschnitt. Lesestein,
Rud.horizont 7, Aufschlusspunkt 41
- Abb. 10 Actaeonellen im Anschnitt in lagunär gebildetem Kalkstein, Lesestein
Aufschlusspunkt 15

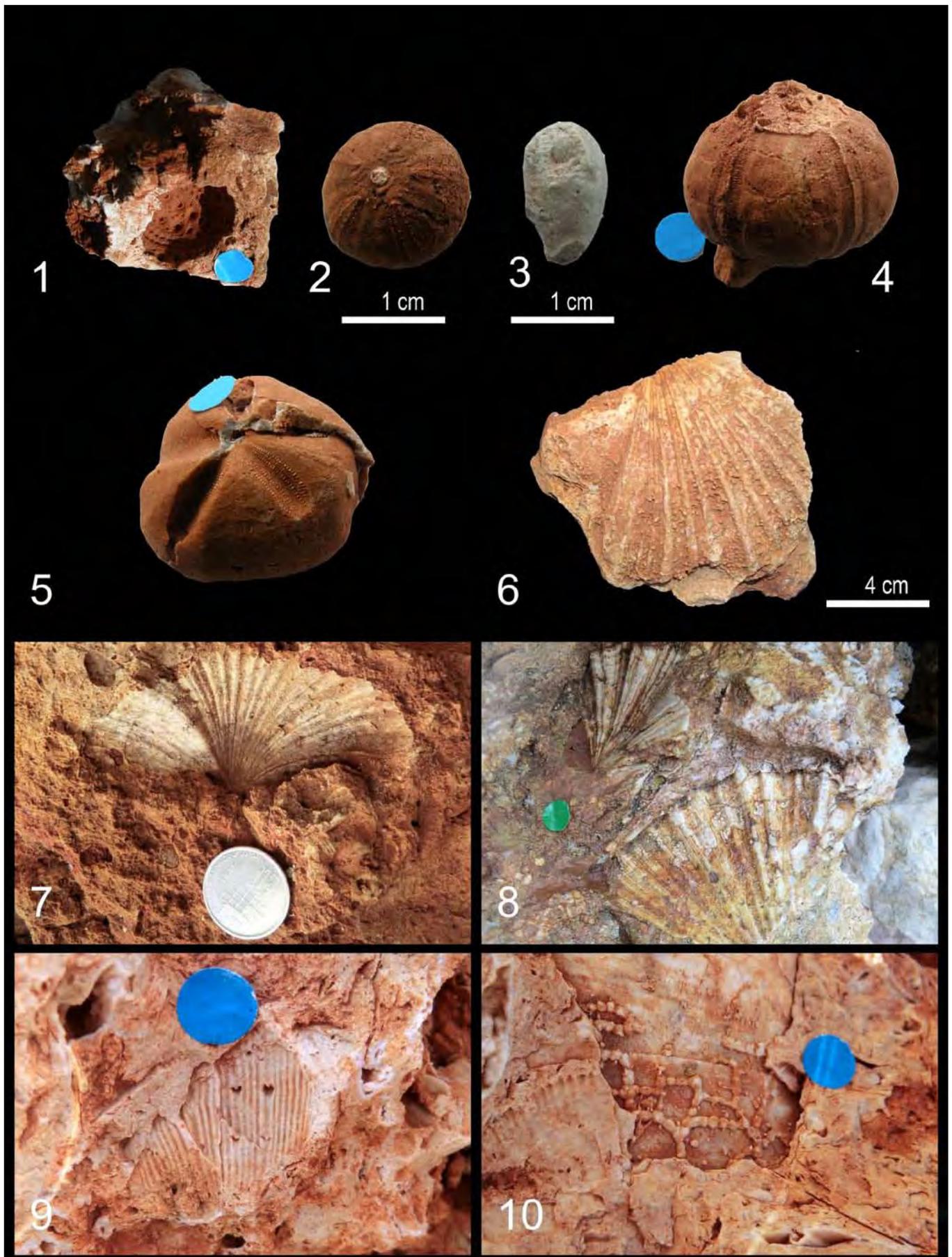
Tafel 7



Tafel 8

- Abb. 1 Regularia, Steinkern
Blauer Punkt = 8mm. Rud.horizont3, Aufschlusspunkt18
- Abb. 2 Regularia, Steinkern
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 18
- Abb. 3 Fragment eines Seeigelstachels möglicherweise von einem
Cidariden. Blauer Punkt = 8mm. Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 31
- Abb. 4 Regularia, Steinkern
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 18
- Abb. 5 Irregularia, Steinkern
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 32
- Abb. 6 PectinideBivalve. Lesestein
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 19
- Abb. 7 Pectinide Bivalven. Lesestein
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 19
- Abb. 8 Pectinide Bivalven. Lesestein
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 19
- Abb. 9 Bivalvenabdruck (Spondylide) Lesestein.
Rud.horizont 3, Aufschlusspunkt 32
- Abb. 10 Perlschnurartige Verbindungsgänge belegen in einer Bivalvenklappe
die Aktivitäten von Bohrorganismen, hier wahrscheinlich *Cliona*

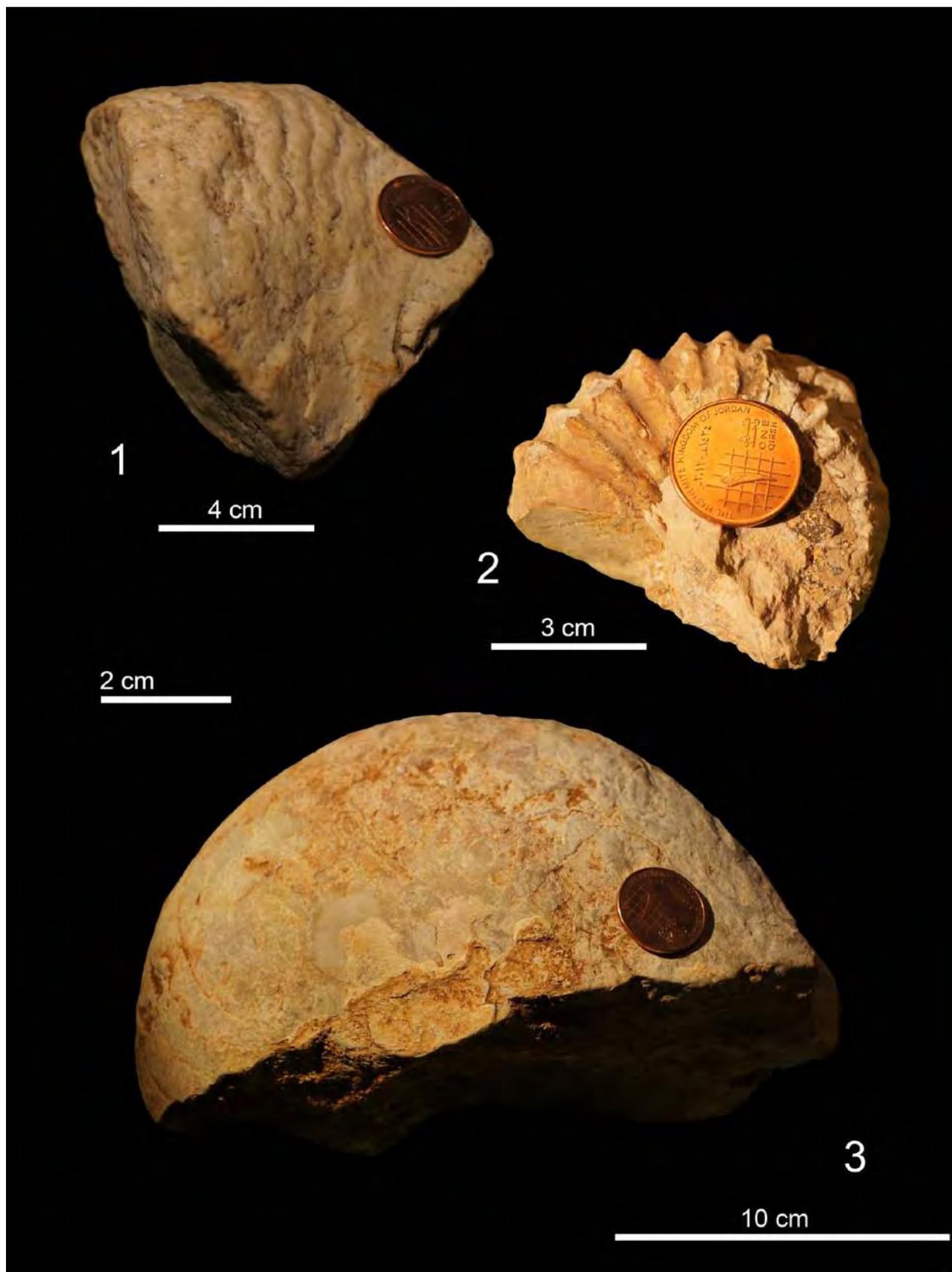
Tafel 8



Tafel 9

- Abb. 1 *Choffaticeras segne*, Rudistenhorizont 5, Aufschluss 40
Abb. 2 *Acanthoceras* sp., mittleres Obercenoman.
Schicht Nr.60, Aufschlusspunkt 24
Abb. 3 *Neolobites vibreyeanus*, Obercenoman Aufschlusspunkt 21

Tafel 9



9 Danksagung

Mein ganz besonderer Dank geht an meinen Doktorvater Prof. Dr. Klaus Bandel sowie in Jordanien an Prof. Dr. Rafie Shinaq. Beide haben mich mit vielen konstruktiven und kontroversen Diskussionen stets bestärkt, diese Arbeit zu generieren.

Bedanken möchte ich mich gleichfalls bei meinem Zweitgutachter, Prof. Dr. Christian Betzler sowie bei den wechselnden Geschäftsführenden Direktoren der Yarmouk University, Dep. of Earth and Environmental Sciences, Irbid, für die unkomplizierte Nutzung der Logistik und ebenfalls bei Prof. Dr. Gerhard Schmiedl (IfGeo). Ebenso möchte mich bei den MitarbeiterInnen der Präparation beider Institute bedanken für die vielfältige Unterstützung und Anregungen zur Dünnschliffherstellung, Präparation und Phototechnik der Abbildungen, namentlich besonders bei Eva Vinx und Peter Stutz (alle IfGeo) sowie Mr. Kharlet (Yarmouk Uni.). Gleichfalls ist mein Dank an Dirk Eggers gerichtet. Sein technisches Verständnis löste diverse logistische Probleme im Institut und ermöglichte hierdurch oft ein Weiterarbeiten am Computer.

Die Mitarbeiterinnen der geologischen Bibliothek des „IfGeo“ haben mir wechselnd, aber unermüdlich wichtige, meist auch für mich nur schwer zugängliche Literatur besorgt. Dafür vielen Dank an Frau Kirsten Schuett, Frau Ewa Koziarski, Frau Susanne Jacobs, Frau Josefine Bäßler, Amelie Hagen und Mathias Feldtmann.

Großer Dank geht ebenfalls an meine Schwester Brigitte Gercke für die seitenlange Übersetzungshilfe der französischen Rudisten-Originalliteratur aus dem 19. und 20. Jahrhundert sowie bei meinen Söhnen Jörg und Klaus für die praktischen Hilfestellungen.

Bei Dr. Rosemarie Baron-Szabo, Dr. Ekkehard Martin und Jamal Nazzal möchte ich mich an dieser Stelle noch einmal für Hilfe bei der Bestimmung der Korallen beziehungsweise Ammoniten bedanken.

Vielen Dank ebenso an meinen noch nicht genannten Freundeskreis, der mit Lob und Kritik viele Diskussionsrunden über Rudisten mitgetragen hat. Es sind besonders Dr. Evelyn Hincke, Andreas Hincke, Dr. Katharina Peterknecht und Michael Czibalski sowie Dr. Ikhlas Al-Hejoj und Dr. Abdallah Abu Hamad, beide Jordan University sowie Prof. Gerd Tietz, Dr. Elke Aden, Margrit Niccoliccia. und Humphrey Ajonina,

die mich besonders in Fragen der photographischen Darstellung beziehungsweise bei Layoutproblemen während der Fertigstellungsphase unterstützt haben.

Bei meiner ganzen Familie möchte ich mich für das große Verständnis bedanken, dass es mir erlaubte, neben meiner Berufstätigkeit diese Arbeit anzufertigen.

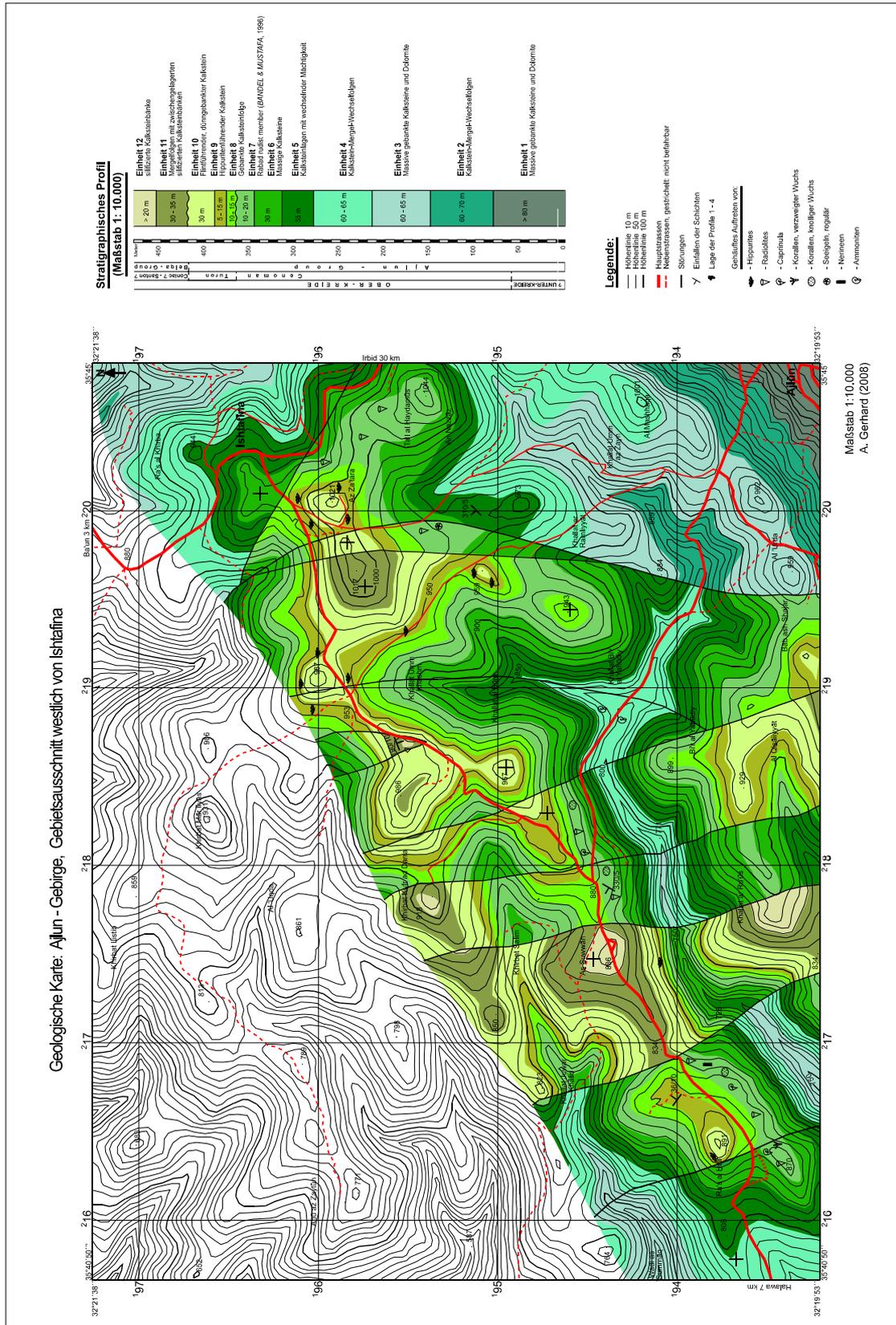
Nicht zuletzt geht mein weiterer Dank an die Steinbruch- und Landbesitzer und ihre Familien in Jordanien, die mir immer und jederzeit den Zugang erlaubten und mir stets das Gefühl gaben, ein gern gesehener Gast in ihrer Privatsphäre zu sein, so dass sich viele Freundschaften entwickelten. Stellvertretend für alle möchte ich die drei Familien Smadi (Abu Hamsi, Abu Ra'id, Abu Khalet) aus Ajlun und Umgebung nennen.

Erklärung:

"Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel: „Rudistenvorkommen an der Cenoman-Turonengrenze im Ajlungebirge westlich von Ishtafina (Nord-Jordanien) und ihre Begleitfauna“ selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel – insbesondere keine im Quellenverzeichnis nicht benannten Internet-Quellen – benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Ich versichere weiterhin, dass ich die Dissertation oder Teile davon vorher weder im In- noch im Ausland in einem anderen Prüfungsverfahren eingereicht habe und die eingereichte schriftliche Fassung der auf dem elektronischen Speichermedium entspricht.“

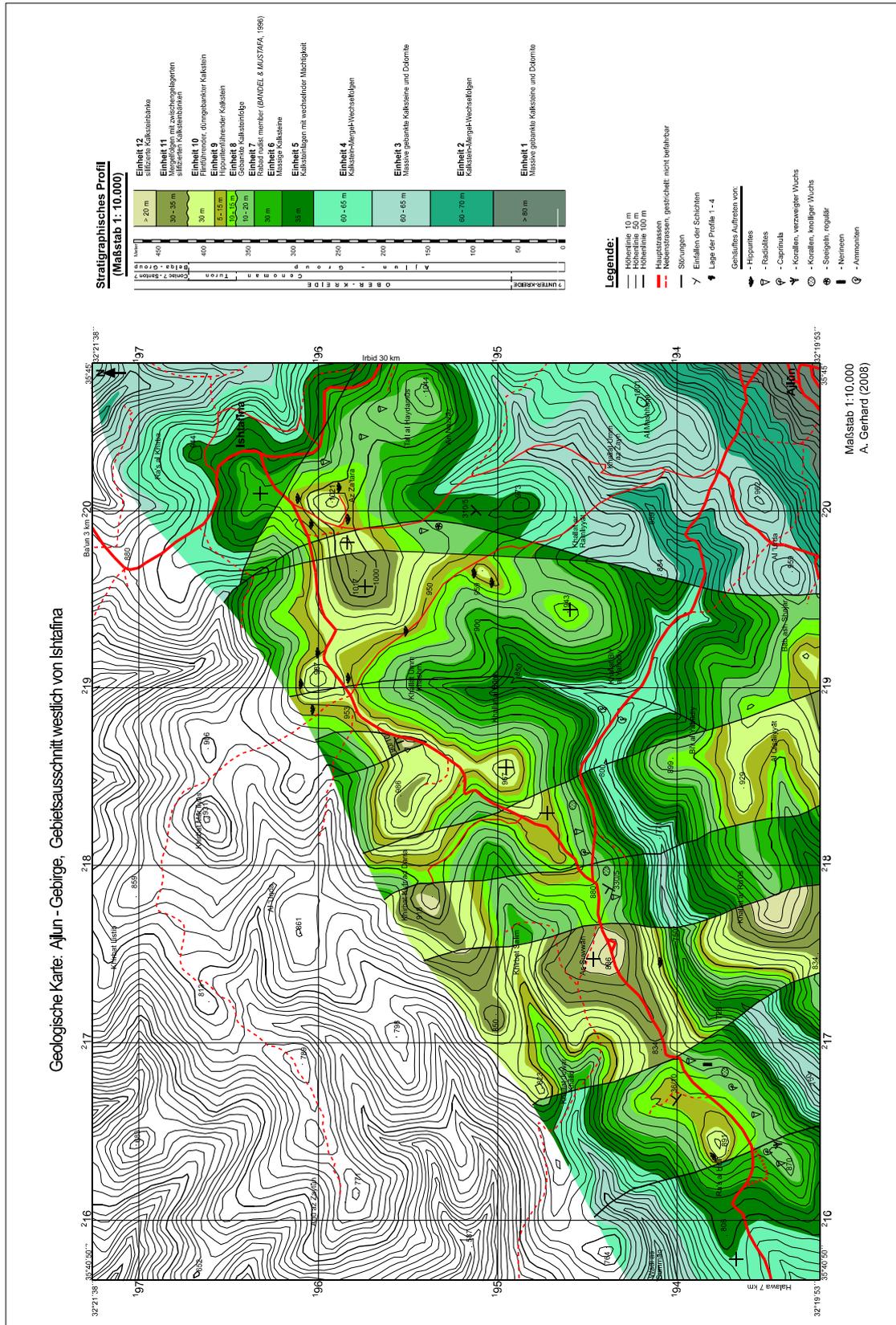
Hamburg, den

ANHANG



Anhang 1: Geologische Karte des untersuchten Gebietes (GERHARD, 2008).

ANHANG



Anhang 1: Geologische Karte des untersuchten Gebietes (GERHARD, 2008).

Anhang 2: Die oberkretazische Schichtenfolge nach BANDEL & SALAMEH, (2013), verkürzt und ins Deutsche übersetzt.

Der Großteil der nachstehend aufgeführten Einheiten wurden von BANDEL in anstehenden Profilen im Gebiet südlich des Ajlungebirges zwischen Amman und Jerash aufgenommen (siehe BANDEL & GEYS, 1985; BANDEL & MIKBEL, 1985; BANDEL & SALAMEH; 2013). Dort ist die Cenoman-Turonabfolge der ursprünglichen Schelfablagerungen etwa 520 Meter mächtig und lithologisch sehr deutlich von den darüber liegenden Einheiten durch einen Fazieswechsel zu den kreidigen Sedimenten der coniacischen Ablagerungen abgegrenzt. Dieses Areal ist ca. 30 bis 50 Kilometer (Luftlinie) von dem in der vorliegenden Arbeit relevanten Gebiet entfernt. Ergänzend wurden von BANDEL zusätzliche Aufschlüsse innerhalb der Stadt Amman und dem unmittelbaren Umland erfaßt, um die Oberkreide-Ablagerungen möglichst vollständig in ihrer stratigraphischen Abfolge zu erfassen.

1. Rumeimin Formation

Die in BANDEL & GEYS (1985) neu aufgestellte Rumeimin Formation beginnt nahe ihrem Typusort Rumeinin mit dem glaukonitischem Mergel des Member 1, dessen Mächtigkeit zwischen einem Meter und elf Metern variiert. Der Member weist zwischengelagerte Bänke sideritischer und dolomitischer Zusammensetzung auf. Zahlreiche Krebsbauten durchsetzen die bioturbat entmischten Sedimente, und es finden sich ebenfalls lagig angeordnete Austern vom Typ der Gattung *Gryphaea*. Es handelt sich beim Member 1 um noch vom Süßwasser beeinflusste, strandnahe Ablagerungen. In der Baqa'a Sattelstruktur nordwestlich von Amman ist der Wechsel von den rotfarbigen, unterkretazischen Kurnubsandsteinen zu den auflagernden grünlichen Schichten der Einheit 1 gut aufgeschlossen. Diese Sandsteine im Liegenden werden in der aktuellen Beschreibung von BANDEL & SALAMEH (2013) über die geohistorische Entwicklung Jordaniens folgerichtig als Member 1 des Profiles erfaßt. Da sie für die vorliegenden, oberkretazischen Untersuchungen keine Relevanz haben, wird die 1985 aufgestellt, bisherige Gliederung beibehalten, die den Member 1 als älteste Einheit der Rumeimin Formation definiert.

Die darüber folgenden knollig ausgebildeten Mergelsteine des Member 2 sind um 10 Meter mächtig und enthalten irreguläre Echinoideen, Bivalven und Gastropoden in Steinkernerhaltung mit großwüchsigen, *Tonna*-ähnlichen Exemplaren, die typisch für diesen Member sind.

Der Member 3 besteht aus circa 1,50 Meter mächtigen dolomitischen Kalksteinbänken, in denen Stromatolith-Knollen, Gastropodenschill-Lagen, Rippelmarken, Trockenrisse sowie aufgearbeitete Intraklasten vorkommen.

Diese drei Member der Rumeimin Formation dokumentieren in ihrer Abfolge einen Meeresvorstoß mit anschließendem Rückzug.

2. Die Salihi Formation

Die Salihi Formation wurde von BANDEL nach dem Wadi Salihi westlich von Amman benannt und in acht Member (Member 4 bis einschließlich 11) untergliedert.

Member 4 besteht aus fossilreichen, knolligen Kalksteinen und Mergel, die Austern sowie Steinkerne anderer Bivalven, Gastropoden und irregulären Echinoideen aufweist. Sie erreicht eine Mächtigkeit von 7 Metern.

Der Member 5 besteht aus 8 Meter mächtigen Knollenkalksteinen, die partiell als Härtling im Gelände Steilkanten bilden, jedoch im mittleren Bereich eine mergelige Zwischenlage haben. Steinkerne von großen, *Tonna*-förmigen Gastropoden sowie Bivalvenklappen, die von der Gestalt der Gattung *Gryphaea* entsprechen, sind in diesem Member vorhanden.

Der markante Member 5 wird von 12 Metern Knollen-Mergelkalksteinen der Einheit 6 überlagert, die stark bioturbat durchwühlt wurden. Krebsbauten und Austernklappen sind in diesem Member häufig vorhanden.

Der nächstjüngere Member 7 besteht aus dolomitisierten Kalksteinen, die mit dünnen Quarzsandschichten wechsellagern. Aufgearbeitete und umgelagerte Eisenoxid-Steinkerne von Gastropoden, abgeschliffene und polierte Vertebraten-Reste (Knochen, Zähne) sowie angebohrte Hartgründe belegen eine Ablagerung in einem wechselnd flachen Meer mit Auftauchbereichen. Im oberen Bereich steht eine Kalksteinlage mit Kalzitkonkretionen an, die einen Durchmesser um zehn Zentimeter aufweisen. Der Member erreicht eine Mächtigkeit von 8 Metern.

Über dem Member 7 stehen etwa 4 Meter grüne und dunkle, tonige Schichten mit zwischengeschalteten, einzelnen, dünnen Kalksteinlagen des Member 8 an, die Rippel-Marken und Trockenrisse aufweisen.

Der Member 9 besteht aus massiven, teilweise dolomitisierten Kalksteinen. Während ihrer Genese kam es wiederholt zur Bildung von Hartgründen, die von Bivalven angebohrt wurden. Sie hinterließen tropfenförmige Wohnkammern, die mit gelbem

Ton verfüllt wurden. Der Member ist etwa 6 Meter mächtig und als markante Klippe im Wadi Salihi gut erkennbar.

Dieser von terrestrischen Bedingungen überprägte Kalkstein wird von 3 Metern fossilreichen, knollig ausgebildeten Kalkstein des Member 10 überlagert, der im Top mit einer Lage zahlreicher umgelagerter Steinkerne und Aufarbeitungsgeröllen endet.

Den Abschluss der Formation bilden laminierte und dolomitische Kalke mit einer Mächtigkeit von 6 Metern, die als Member 11 zusammengefaßt wurden.

Insgesamt spiegelt die Salihi Formation mit ihren flachmarinen, zeitweilig küstennah und terrestrisch beeinflussten Ablagerungsräumen einen wiederkehrenden Transgressions- Regressions-Ablauf wider.

3. Suweilih Formation

Die darüber folgenden sechs Member wurden zu der Suweilih Formation zusammengefaßt. (BANDEL & GEYS, 1985, Abb. 5, 6; BANDEL & SALAMEH, 2013, Abb. 83, 84). Die Abfolge wurde nach dem Ort Suweilih benannt, ihre Typlokalität liegt im Wadi Salihi.

Member 12 ist über 7 Meter mächtig und lithologisch deutlich dreigeteilt. Im unteren Teil stehen weiche, tonige Mergel an. Mergel- und Kalksteine des mittleren Teils sind häufig auf ihren Bankoberseiten als ehemalige angebohrte Hartgründe ausgebildet oder zeigen Trockenrisse. In Zwischenlagen gibt es Quarzsand, Glaukonit und kleine Fossilien wie Ostracoden, Fischzähne und -knochen sowie kleine Gastropoden. Die oberen Ablagerungen bestehen aus laminierten und teilweise leicht dolomitierten Kalksteinbänken, die u-förmige Bauten aufweisen.

Über dem Member 12 stehen 20 Meter bioturbat entschichtete Knollenkalksteine und Mergel des Members 13 an. Dieser Member ist sehr fossilreich. Es kommen in der gesamten Einheit sehr häufig Austernklappen vor, ferner Großforaminiferen der Gattung *Orbitulina*, Ostakoden, Fischzähne, Echinoideen und pectinide Bivalven. Kalzitische Wurmröhren sowie lagenweise angehäuften Bivalven- und Gastropodensteinkerne sind ebenfalls vorhanden, zudem selten Ammoniten.

Der Member 14 ist 15 bis 20 Meter mächtig und besteht aus einer Wechselfolge von bioturbat durchmischten Ton- und Mergelsteinen. In den Mergel sind Austernklappen vorhanden und in den tonigen Bereichen kommen Bivalven Plicatuliden vor.

Der Member 15, ein massiger Knollenkalkstein mit einer Mächtigkeit von 3 Metern, enthält großen Bivalven in Lebensstellung, Solitärkorallen sowie Pectiniden- und Austernklappen.

Der Member 16 ist 10 Meter mächtig und sehr fossilreich. Er enthält zahlreiche Echinoideen an der Basis, weiterhin Steinkerne von Gastropoden, die teilweise den Nerineen zugeordnet werden können, sowie nicht näher bestimmbare Bivalvensteinkerne und Austernklappen, die jedoch oft zerbohrt sind. Es kommen auch einzelne Rudisten vor, die nicht bestimmt werden konnten und gut erhaltene Krebsbauten. Der Kalkstein dieses Member bildet im Wadi Salihi eine morphologisch auffällige Klippe an der Lokalität 4 von BANDEL & GEYS (1985).

Der darüber lagernde Member 17 besteht aus einer Kalkstein-Mergelstein-Wechselfolge. In den Kalksteinen befinden sich Nerineen sowie lagig angeordnete Actaeonellen, in den Mergelsteinbänken sind Austern der Gattung *Gryphaea* erkennbar. Wiederholt zeigen die Kalksteinbänke ein „birdseyes“-Gefüge, einige davon sind durch „beachrock“-Bildung begrenzt. Aus diesen Kalksteinbänken wurden ungewöhnlich großwüchsige Napfschnecken der Gattung *Pileolus (Salihia)* von MUSTAFA & BANDEL (1992, Abb. 4-9) beschrieben. Member 17 ist 7 Meter mächtig.

Auch die Suweilih Formation spiegelt Meeresspiegelschwankungen wieder, beginnend mit einer Transgressionsphase und abschließend mit Kalksteinlagen, wie sie typisch in einem lagunärem Milieu gebildet werden.

4. Naur Formation

Namensgebend für die nächst jüngere Formation ist die Stadt Naur, die Typlokalität liegt jedoch ebenfalls im Wadi Salihi. Sie wird von BANDEL & GEYS (1985) in die Member 18-21 gegliedert. Andere Autoren fassen unter der Naur Formation alle bisher aufgeführten oberkretazischen Einheiten zusammen und gliedern sie mit eigenen Termini wie beispielsweise POWELL (1989), der die Begriffe „Wadi Juheira Member, Member 'B', 'C' 'D'“ anwendet.

Der Member 18 ist 25 Meter mächtig und besteht aus einer Wechsellagerung von bioturbat durchmischten Knollen- und Mergelkalksteinen, die partiell etwas kreidig ausgebildet sind. Sie enthalten neben Echinoideen auch Austernklappen, wie sie für die Gattung *Exogyra* typisch sind.

Der darüber anstehende Member 19 wird von 6,5 Meter fast reinem, feinkörnigen Kalkstein mit stylolithischen Suturen gebildet. Lokal sind zahlreiche Korallen, Rudisten, Nerineen und Seeigel erkennbar. Der Member ist im Top stark angebohrt und die Gänge nachträglich mit Material aus der darüber liegenden Einheit 20 verfüllt.

Der Member 20 besteht aus 4 Metern sehr fossilreichen Kalksteinen. *Pinna*-förmige Bivalvia sowie Austern- und Pectinidenklappen und Steinkerne taxodoner Muscheln mit *Arca* ähnlichem Schloss, *Natica* und strombimorphe Gastropoden, Nerineen und Echinoideen sowie Großforaminiferen vom Typ der Gattung *Orbitolina* treten in diesem Member auf.

Der Member 21 wird von massigen und gebankten dolomitischen Knollenkalksteinen mit einer Mächtigkeit von 13 Metern gebildet, die im unteren Teil netzartige Krebsbauten und im mittleren Bereich mehrere Flintlagen erkennbar läßt, während der obere Bereich stark dolomitisiert wurde.

Die Naur Formation repräsentiert mit ihrer Abfolge eine erneute Transgressionsphase, marine Flachwasserbedingungen und abschließend ein küstennahe, terrestrisch beeinflusstes Milieu.

5. Fuheis Formation

Die Fuheis Formation ist in die Member 22 und 23 gegliedert. Ihr Name stammt von der Stadt Fuheis, ihr beschriebenes Profil steht im Wadi Salihi an.

Der untere Member 22 setzt sich aus knolligen, stark bioturbat durchmischten, fossilreichen Mergel- und Kalksteinabfolgen zusammen und erreicht eine Mächtigkeit um 23 Meter. Ab der Basis treten gehäuft gryphaenförmige Austern sowie Echinodeen auf. Weiterhin sind Lagen mit *Pinna*- und *Pteria* ähnlichen, zweiklappigen Muscheln und Wurmröhren vorhanden. Lagig angeordnete Cephalopodensteinkerne von Ammoniten, die teilweise erosiv aufgearbeitet und erneut abgelagert und von Austern besiedelt wurden, sowie *Nautilus*-Steinkerne, die von Bryozoen überkrustet wurden, sind ebenfalls vorhanden.

Der Member 23 ist um 27 Meter mächtig und wird von zumeist gleichförmigem, bioturbat durchmischtem, mergeligem, knollig ausgebildetem Kalksteinen gebildet. Auch er ist fossilreich und enthält gut konservierte Austernklappen sowie zahlreiche Steinkerne, auch von Ammoniten.

Die Fuheis Formation zeigt durchgängig marin gebildete Sedimente, die das Milieu eines offen marin beeinflussten, flachen Schelfbereiches widerspiegeln.

6. Hummar Formation

Die Hummar Formation, deren Namen von der gleichnamigen Stadt deriviert wurde, wurde nach dem anstehenden Profil unterhalb der Ortschaft Um ed Dananir in die Einheiten 24 bis 26 gegliedert (BANDEL & GEYS 1985).

Der Member 24 beginnt mit massigem, kreidig-mergeligem Kalkstein, der von Knollenkalksteinen überlagert wird. Auffällige, mit gelblichem Material gefüllte Krebsbauten durchziehen die Kalksteinbänke und wurden nur teilweise diagenetisch kompaktiert. Im oberen Bereich sind zwei oolithische Bänke zwischengeschaltet, und stromatolithische Lagen sowie Hartgrundbildungen dienen als Indikator für ein marines Flachwassermilieu mit periodisch wiederkehrenden terrestrischen Einflüssen. Der Member ist 14 Meter mächtig.

Der Member 25 ist 12 Meter mächtig und besteht im unteren Bereich aus zwei ungeschichteten Kalksteinlagen mit Einschaltungen von Stromatoliten sowie Tongeröll-Lagen, bei denen die Gerölle Trockenrisse aufweisen und silifiziert wurden. Hohlräume in der oberen Kalksteinlage sind nach BANDEL & SALAMEH (2013) möglicherweise durch die Lösung von Gipskonkretionen entstanden. Darüber folgen schillführende Knollenkalksteinbänke und zum Top hin dolomitisierte Kalksteine mit Hartgründen, die Bohrgänge aufweisen und wiederholte Omissionsvorgänge belegen.

Der folgenden Member 26 hat eine Mächtigkeit von 19 Metern und besteht aus kreidigem Knollenkalkstein und Mergelsteinen. Sie zeigen teilweise dolomitisierte Hartgründe, von denen ausgehend Krebsbauten bis zu 70 Zentimeter abwärts führen, die mit gelblichem, dolomitiertem Kalksand verfüllt sind. Lagig angeordnete 2-klappige Austernschalen im unteren Bereich des Members sind in ursprünglicher Lagerung erhalten geblieben. Im oberen Bereich finden sich in einer massigen Kalksteinbank ebenfalls Hohlräume, die wahrscheinlich durch Lösung von Gipsknollen verursacht wurden und jetzt teilweise mit rekristallisiertem Kalzit verfüllt sind.

Die Hummar Formation zeigt in ihren drei Members die Ablagerungen eines sehr flachen, zeitweilig intertidal gelegenen Schelfmeergebietes, auf dem wiederholt bei Sturmfluten aus den südlich gelegenen Salinarbereichen stammende Gipsknollen in die Region nordwestlich von Amman eingespült wurden.

Zeitäquivalente mächtige Ablagerungen der Wadi Wala Formation südlich von Amman sollen ursächlich nach heftige Sturmfluten oder Tsunamis suspendiert worden sein und stützen diese Theorie (BANDEL & SALAMEH, 2013).

7. Shueib (Shuayb) Formation

Das Profil der Shueib (Shuayb) Formation wurde von BANDEL nahe Um ed Dananir aufgenommen. Die Abfolge konnte von ihm in sieben Member untergliedert werden.

Der Member 27 besteht aus 10 Meter mächtigen, bioturbat durchwühlten Knollenkalksteinbänken mit nicht kompaktierten Krebsbauten und ist sehr fossilreich.

Gastropoden und Bivalven überwiegen, wobei Austern vom Typ der *Gryphaea* besonders häufig auftreten. Einzelne Rudisten und Ammoniten sind in der unteren Schicht vorhanden. Dickwandige Molluskenschalen weisen häufig Spuren von Bohrorganismen-Aktivitäten auf.

Der Member 28 ist 19 Meter mächtig und besteht aus einer Kalkstein-Mergelstein-Wechselfolge mit zahlreichen Krebsbauten. Austern der Gattung *Gryphaea* sind sehr häufig, oft in situ mit beiden Klappen vorhanden, ferner Fossilienfragmente und – steinkerne sowie Röhren von *Serpula*

Den Member 29 bildet eine Wechselfolge aus 15 Metern gebankten Kalksteinen, kreidigen und mergeligen Kalksteinen sowie harten Kalksteinbänken, die insgesamt wenig bioturbat durchwühlt wurden. Die unteren Bänke sind sehr feinkörnig und geschichtet mit einzelnen Oolithlagen. Der obere Teil ist mergeliger ausgebildet und enthält häufig Ooide. Der mittlere Bereich des Members ist besonders fossilreich. Häufig sind Ammoniten, 2-klappige Bivalven und Gastropoden sowie Ophiurida.

Der Member 30 besteht aus 5 Metern massivem Knollenkalkstein, der mit Oolith- und Schill-Lagen an der Basis beginnt. In dem Horizont darüber finden sich 2-klappige Bivalven in situ. Es folgt ein Bivalven-Steinkernkonglomerat gleichen Ursprungs, welches von einem Knollenkalkstein überlagert wird, der *Gryphaea* und die *Spondylus*-ähnliche *Plicatula* führt. Den Hauptteil dieses Members bildet jedoch ein fast 4 Meter mächtiger Aufarbeitungshorizont mit zahlreichen Knollen und Fossilien in einer sandigen Kalksteinmatrix. Ammoniten mit Bißspuren kommen häufig vor, und einige der Knollen und Fossilien sind von Austern und Serpuliden überkrustet worden.

Der anschließende Member 31 wird von einer 3 Meter mächtigen Mergelkalksteinbank gebildet, die einen auffälligen Echinoideen-Horizont darstellt.

Viele dieser irregulären Seeigel wurden während einer Erosion der oberen Lagen umgelagert.

Den Member 32 bildet eine 5 Meter mächtige Wechselfolge aus Knollenkalksteinen und Konglomeratlagen, die sich aus aufgearbeiteten Kalksteingeröllen mit bis zu 70 Millimetern Durchmesser und Fossilien zusammensetzen.

Der Member 33 besteht aus einem 11 Meter mächtigen, stark bioturbat durchwühlten Knollenkalk, der im oberen Bereich tonig-mergeliger ausgeprägt ist als im unteren. Fossilien sind nur spärlich vorhanden.

Die Shueib Formation spiegelt in ihren sieben Membern ein Flachwassermilieu mit deutlich wechselnden Ablagerungsbedingungen wider, die Sedimentations-, Erosions- und Resedimentationsphasen beinhalten.

8. Wadi Sir Formation

Die Wadi Sir Formation zeichnet sich durch sehr massige Kalksteinbänke aus, die als Härtlinge über den oberen Kalksteinlagen der Shueib Formation anstehen. Für die unteren beiden Einheiten wurde die Typlokalität von BANDEL westlich des Ortes Bakha (Baqaa) festgelegt, für die beiden oberen liegt sie in den Steinbrüchen an der Straße nach Ras el Ain in Amman.

Der Member 34 wird von einer Wechselfolge aus Knollenkalksteinen und gebankten Kalksteinen gebildet, die bis auf einige laminierte Schichten im oberen Bereich bioturbat entmischt sind. Dieser Member ist 30 Meter mächtig.

Member 35 wird von einer 37 Meter mächtigen Wechsellagerung von Knollenkalksteinen und laminierten Kalksteinen gebildet. Markante, lagig angeordnete Flintknollen und -bänder häufen sich besonders in der untersten Schicht, während im oberen Bereich Oolithe sowie untergeordnet Konglomerat- und Intraklastenlagen dominieren. Dolomitisierte, angebohrte Hartgründe belegen ein zwischenzeitliches Aussetzen der Sedimentation, und zwischen aufgearbeiteten Kalksteinknollen finden sich bei Ras el Ain zahlreiche reguläre Echinoideen (Lokalität 8 von BANDEL & GEYS, 1985).

Der Member 36 ist 20 Meter mächtig. Die Schichtenfolge besteht aus bioturbat durchwühlten Kalksteinschichten, die mit Mergelsteinen, Oolithen, und laminierten Kalksteinen wechsellagern. Lagig angeordnete, knollig ausgebildete Flinte kommen wiederholt in diesem Member vor, ebenso wie angebohrte Hartgründe und Intraklastenlagen. Fossilien sind häufig, besonders Austern und Echinoideen

(Regularia und Irregularia). Lokal kommen auch Ammoniten vor (BANDEL & GEYS, 1985, Lokalität 9a).

Der Member 37 besteht aus mächtigem, massivem Kalkstein, der sehr fossilreich ist. Verschiedene Gastropoden-Gattungen sind besonders in dem oberen Bereich des Members erkennbar. Bivalvenklappen sind häufig in silifizierten Lagen erhalten geblieben, zusammen mit einigen Echinoideen. Dickschalige Bivalvenklappen sind oft von Organismen angebohrt worden. Der Member ist 20 Meter mächtig.

Die Wadi Sir Formation entstand im Wesentlichen in einem flachen Meer, und die Ablagerungen wurden wiederholt terrestrischen Einflüssen ausgesetzt.

9. Ain Ghazal Formation

Die Ain Ghazal Formation wurde von BANDEL (in BANDEL & MIKBEL, 1985) nach dem Vorkommen an der gleichnamigen Lokalität bei Amman benannt, während sie in der gängigen Literatur meist als Wadi Umm Ghudran Formation (nach dem Wadi Um Ghudran in Nordjordanien) bezeichnet wird (POWELL, 1989; POWELL & MOH'D, 2011 und weitere Autoren). Sie wird in 2 Member gegliedert.

Der Member 38 besteht aus 13 Metern hellen Kreidekalksteinen, die völlig bioturbat entmischt wurden. Eine reichhaltige Gastropoden-, Bivalven- und Ammonitenfauna ist fossil meist nur als sehr dünner Abdruck im Gestein erhalten geblieben,. Lediglich die vormals kalzitischen Austernklappen, Wurmröhren sowie phosphatische Fischeschuppen und – zähne sind körperlich erhalten geblieben. Coccolithophoride Einzeller können im Mikrobereich häufig nachgewiesen werden.

Der Member 39 ist 4 Meter mächtig. Der Kreidekalkstein ist teilweise laminiert und führt Flintknollen und zahlreiche Überreste von Fischen. Im oberen Bereich sind zahlreiche kleingewachsene, Grypheaen-artige Bivalvenklappen vorhanden. Eine erste Lage mit phosphatischen Sanden und Kotpillen ist nahe der Basis zwischengeschaltet.

Die Ain Ghazal Formation belegt deutlich anhand der Sedimentablagerungen von den beiden Membern 38 und 39 einen Milieuwechsel vom flachmarinen zum offenmarinen Bereich mit kühlen Tiefenwässern, die für Coccolithophoride und andere Einzeller optimale Lebensbedingungen schufen.

10. Amman Formation

Die von MASRI (1963, unpubl.) aufgestellte Amman Formation wurde von BANDEL & GEYS, (1985) in die Amman Formation und die Ruseifa Formation neu untergliedert (siehe auch BANDEL & MIKBEL, 1985). Diese Differenzierung wurde vorgenommen, da die Schichten der Amman Formation teilweise oder völlig wegerodiert und resedimentiert wurden und aus den Rückständen eine eigenständige Formation generierte, wie BANDEL & MIKBEL (1985) am Tel Es Sur östlich von Amman nachgewiesen haben.

Die Amman Formation zeigt große Mächtigkeitsunterschiede, die auf erosive Abtragung der Schichten beruht. Diese liegen beispielsweise zwischen 14 bis 50 Metern in Nordjordanien und 0 bis 80 Metern bei Amman. Die Formation konnte in 4 Member untergliedert werden.

Der Member 40 ist 3 Meter mächtig und besteht aus einer Wechselfolge von mergeligem Kreidekalk und Flintknollen sowie massivem Kalkstein, der silifizierte, meist zweiklappige Austernschalen erkennen läßt und lateral auskeilt.

Der Member 41 hat eine Mächtigkeit von 19 Metern und wird von einer Wechselfolge aus mergeligem Kreidekalk, Hornsteinlagen und phosphatischen Sanden mit wiederaufgearbeiteten Komponenten, Tongallen und Vertebratenrückständen gebildet.

Der Member 42 besteht aus einer 7 Meter mächtigen Wechselfolge von Kreidekalkstein- und Hornsteinlagen, die jedoch dünnbankiger sind als die Schichten in den darunter und darüber anstehenden Members 41 und 43.

Der Member 43 kann eine Mächtigkeit um 10 Meter erreichen, variiert jedoch stark durch erosive Abtragung. Er wird von einer Wechselfolge dickbankiger Hornsteinlagen, intraklastenführender Tonsteinlagen, Phosphoritlagen und Kreidekalksteinen gebildet. Krebsbauten sind häufig vorhanden.

Die Amman Formation kann nur lokal in Amman in die Member 40 bis 43 differenziert werden. Ursprünglich wurden die Sedimente als Tone und feinkörnige Sande auf einem flachen Schelfgebiet entlang einer Inselkette abgelagert, welches wahrscheinlich von nährstoffreichen Tiefenwässern beeinflusst wurde. Diagenetische Vorgänge bewirkten eine Umwandlung der Kotpillen und Wirbeltierrelikte zu phosphorischen Komponenten sowie die Silifizierung ganzer Gesteinslagen. Hierbei kam es wiederholt zur Abtragung und Resedimentierung, wie beispielsweise durch

Intraklasten erkennbar wird. Die fossilen zweiklappigen Austernschalen des ältesten Members belegen ebenfalls ein Flachwasser-Milieu.

11. Ruseifa Formation

Die Ruseifa Formation kann nur für die Region von Amman unterschieden werden BANDEL & MIKBEL (1985). Sie wird in in 2 Member gegliedert.

Der Member 44 ist 9 Meter mächtig. Er lagert auf einer unterschiedlich kräftig erodierten Oberfläche und besteht aus einer Wechsellagerung von phosphorischen Dünen sanden und laminierten kreidigen Kalksteinen. Ausgewaschene Phosphatpartikel wurden zu Sandbänken zusammengespült und angereichert, so dass abbauwürdige Flöze entstanden.

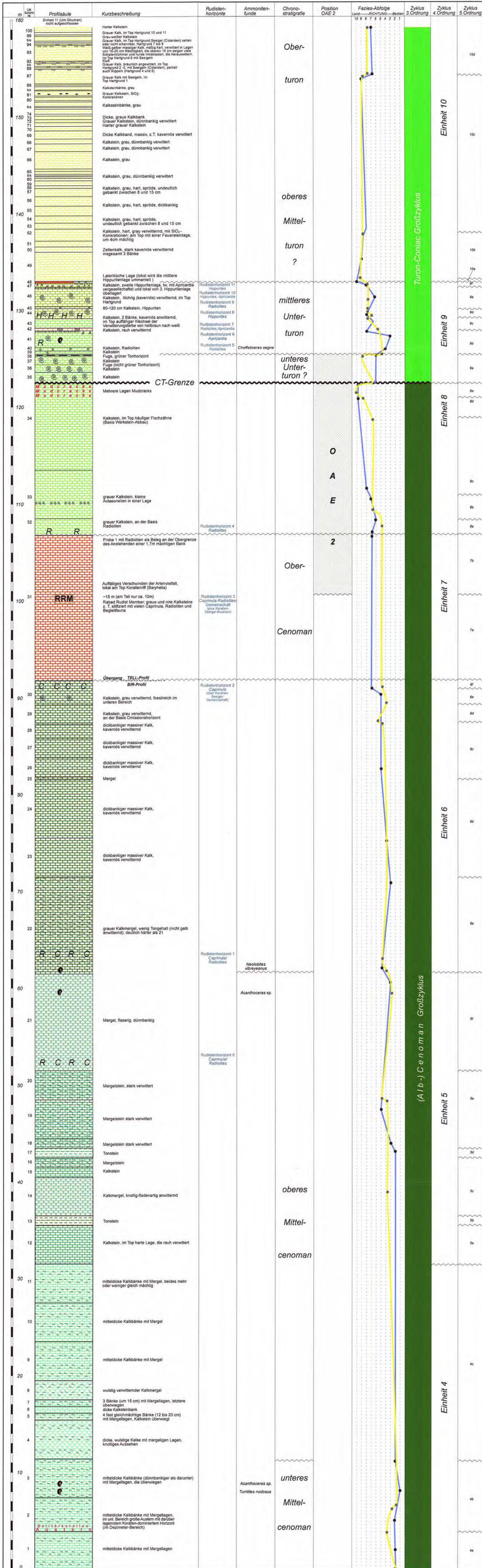
Der Member 45 ist der Umgebung von Ruseifa 5 Meter mächtig und besteht aus Kalksteinbänken mit phosphatischen Pellets und zahlreichen Vertebratenrelikten. Auffällige große Konkretionen markieren den unteren Bereich. In den sandigen Kalksteinlagen bilden zahlreiche Austernklappen, die von ausgedehnten Austernbänken und –riffen eingeschwemmt wurden, Schillablagerungen.

Die Ruseifa Formation wurde unter vollmarinen Bedingungen in der näheren Umgebung einer Inselkette in flachem, stark bewegtem Wasser abgelagert. Das Material wurde einerseits als Erosionsschutt der Amman Formation, andererseits als mariner Kalksand oder –schlamm angeliefert. Schill-Lagen bestehen aus Austernschalen, die von ihrem nahe gelegenen Siedlungsgebiet verspült wurden. In der von SHINAQ, SHEREIDEH & SAIFULDIN (2006) untersuchten, zeitlich äquivalenten Al Hisa Phosphorit Formation Nordjordanien wurden die beiden Mikrofaziestypen „...phosphatischer skelettartiger Pack- bis Rudstone“ und „...bioklastischer Foraminiferen-Gastropoden-Floatstone“ aufgestellt und einem sehr flachmarinen, hochenergetischem Ablagerungsraum zugeordnet.

Regionales Standardprofil

Kombination Aufschluss "Tell" (Lokalität 13) und Straßenprofil "Bir Jahud" (Lok. 22-25), Lokalitäten gemäß Tab. 2-1

Anlage 1 zur Dissertation A. Gerhard, 2018



Legende:
 Farbliche Varianten dienen der Zuordnung zu den Einheiten 4-10 nach GERHARD (2008, unpubl.) bzw. der Markierung auffälliger Horizonte

RRM Rabad Rudist Member (Caprinula-Radiolites-Korallen-Seeigel-Gemeinschaft)

A, C, H, R Rudistenhorizonte: A = Apricardia, C = Caprinula, H = Hippurites, R = Radiolites

⊙ Auffällige Gastropodenvorkommen, (meist Actaeonella, Trochacton, Nerinea)

⊙ Ammonitenvorkommen

A U S T E R N Weitere auffällige Fossilvorkommen

M U D S T R E K K Trockenisse

H A R T G R U N D Hartgrund

~~~~~ Grenzverlauf nicht exakt festlegbar

Fazies-Kurve Zonierung nach Wilson (1975):
 10 Land
 09 Plattform-Evaporite (Sabkha)
 08 Geschlossene Plattform-Bereiche
 07 Offene Plattform-Bereiche (Scheff-Lagune)
 06 Plattformrand-Sande
 05 Riff oder Plattformrand
 04 Plattformang (Climothem)
 03 Tüfler Scheffrand oder Beckenrand (Climothem)
 02 Offen-mariner Scheff (tiefes Unterthem)
 01 Becken (Fondöthem)

Fazies-Kurve, eigenes Modell, Fazies-Abfolge:
 10 terrestrisch
 09 evaporitisch
 08 litoral
 07 litoral
 06 litoral (landwärts)
 05 flach subtidal
 04 tiefer subtidal
 03 litoral (seewärts)
 02 neritisch
 01 pelagisch

Auffällige rötlich-braun verfarbte horizontale Klüft/Fuge

Grüner, markanter Tonhorizont im cm-Bereich

im Gelände auffällige, meist silifizierte Lage

Lateralischer Eintrag

Ton

Mergelstein, faserig verwitternd, dünnbankig

Kalkmergelstein, wulstig verwitternd

Kalkstein mit Mergelanteil (variiert)

Kalkstein

Ab-Cenoman Hauptsequenz

Turon-Coniac Hauptsequenz

Einheit 10 (GERHARD, 2008), (Farbgebung für die Einheiten 4-10 exemplarisch mit Kalkstein-Signatur)

Einheit 9, dto.

Einheit 8, dto.

Einheit 7, dto.

Einheit 6, dto.

Einheit 5, dto.

Einheit 4, dto.