

## Der Meeressand (Rupelium, Oligozän) der Sandgrube „Faber“ bei Siefersheim in Rheinhessen (Mainzer Becken)

KIRSTEN I. GRIMM & MATTHIAS C. GRIMM & THOMAS SCHINDLER

**Kurzfassung:** In einer Sandgrube bei Siefersheim wird ein 7,2 m mächtiges, durchgehend fossilführendes Profil im oligozänen Meeressand beschrieben. Es enthält eine diverse Fauna und lässt sich mit Hilfe von Foraminiferen biostratigraphisch mit anderen Meeressandprofilen und dem Mittleren Rupelton (Fischschiefer) korrelieren. Aufgrund der Sedimentologie, Mikrofazies und Karbonatzementstratigraphie sowie der Fossilführung des Profils kann eine Genese der Sande im Subtidal- bis Intertidalbereich an einem steilen Kies- bis Sandstrand nachgewiesen werden. So treten in den liegenden, kiesigen Partien des Profils vadose Zementtypen auf, die typisch für Beachrock sind. Die Fossilführung und die damit durchgeführten Paleocommunityanalysen zeigen eine transgressive Entwicklung mit allmählicher Wassertiefenzunahme innerhalb einer teilweise geschützten Bucht im Einflussbereich einer nahen Klippe.

**Abstract:** A 7.2 m thick fossiliferous section of oligocene coastal sands was examined in a sand pit near Siefersheim (Mainz Basin, Germany). The sedimentology, the microfacies, the fabrics of carbonate cements and the fossil record suggest a sedimentation on a steep sub- to intertidal gravel- or sandbeach. So on the one hand vadose Mg-calcitic beachrock cements (submicrocrystalline cement and meniscus cement) occur only in the underlying rhyolite-gravel beds. On the other hand cemented bioclast sands of the capping sand layers show early diagenetic recrystallized fibrous cements and the top rhyolite-rubble and breccia beds contain late diagenetic Fe-calcitic drusy mosaic cements. For palaeocommunity-analysis the fossil record was applied. As a result five invertebrate-palaeocommunities with high contents of sessil suspension feeders and moderate diversities could be identified. They show an increase in water depth from about 0 to 25 m from the basal layer to the top, corresponding with a sea level rise of about 35 m. Summing up, it may be said that the sediments examined represent a gradual transgressive development in a partly protected bay in the neighbourhood of a rhyolitic cliff. The biostratigraphical correlation of the Siefersheim section with other Mainz Basin coastal sand profiles and the basin facies of the Middle Rupelian clay (the so called fish shale) was conducted on the basis of foraminifers.

### 1. Einleitung

Die grobklastische, marine Küstenfazies des Rupeliums, der sogenannte „Untere“ oder „Alzeyer Meeressand“, ist im Mainzer Becken schon seit dem 19. Jahrhundert für seinen Fossilreichtum bekannt. Er war und ist in zahlreichen, kleineren und größeren Sandgruben aufgeschlossen, die heute z. T. Naturdenkmäler darstellen und wurde bisher von vielen Autoren bearbeitet. Vor allem die größeren oder aufgrund ihrer Fossilführung bekannten Sandgruben, wie z. B. der Steigerberg bei Eckelsheim, die Sandgrube Müller

& Schmidt bei Wöllstein und die Sandgruben Trift, Zeilstück, Würzmühle und Neumühle bei Alzey-Weinheim wurden teilweise mehrfach untersucht (DOEBL & SONNE 1973, 1974, 1975; DOEBL & MARTINI & SONNE & WEILER 1980; SONNE 1967, 1970; KUSTER-WENDENBURG 1974). Dabei wurden meist aus der Überlagerung durch Oberen Rupelton und auf Grundlage der Fossilführung Korrelationsversuche der einzelnen Sandgruben untereinander und mit der tonigen Beckenfazies (Rupelton) vorgenommen. Insbesondere längere Profilabschnitte können aufgrund ihres lithologischen Wechsels zwischen Kies- und Sandlagen miteinander korreliert werden, wenn sie keine größeren Sedimentationsunterbrechungen aufweisen und in ähnlichen paläobathymetrischen Positionen liegen. Dies gilt vor allem dann, wenn zusätzlich der Rotliegend-Untergrund aufgeschlossen ist. Kleinere Sandgruben oder temporäre Aufschlüsse können dagegen aufgrund der nur kurzen Profilabschnitte nicht exakt lithostratigraphisch eingeordnet werden und wurden bisher nur untergeordnet betrachtet. Durch K. GRIMM (1998) wurde innerhalb des Unteren Meeressandes eine biostratigraphisch verwertbare Foraminiferen-Zonengrenze (abundance zone nach SALVADOR 1994) eingeführt, mit deren Hilfe eine Korrelation zwischen den einzelnen Aufschlüssen möglich ist. Damit können nun auch kleinere Meeressandvorkommen miteinander verglichen werden, wenn die Foraminiferenfauna erhalten ist.

Im Westen und Südwesten von Siefersheim sind im Bereich der Gemarkungen Wolfskaut, Mittelpfad und Höll Ablagerungen des Unteren Meeressandes auf Rhyolith aufgelagert, die nach ENE flach einfallen und teilweise bis unter den Ort Siefersheim reichen (SCHOPP 1888). Im Bereich nordwestlich der Wolfskaut wurde eine bis 7 m mächtige Feinsandlage als „Stubensand“ abgebaut (SCHOPP 1888, 1913). Sie überlagerte dort eine 1 m mächtige fossilreiche Sandlage. Darunter folgte ein 2 bis 3 m mächtiger Rhyolithkies, an dessen Basis bis 0,5 m große Rhyolithblöcke auftraten (SCHOPP 1913). Sie lagen direkt dem anstehenden Rhyolith auf.

In der heute aufgelassenen Sandgrube „Faber“ bei Siefersheim im Südwesten des Ortes, Gemarkung Mittelpfad (TK 25, Blatt 6213 Kriegsfeld, R 342450 H 551807, vgl. Abb. 1) sind bei etwa 190 bis 200 m NN Sande bis Konglomerate aufgeschlossen, die sich weder lithologisch noch lithostratigraphisch mit den bekannten Profilen des Steigerbergs bei Eckelsheim und mit dem von SCHOPP (1888, 1913) beschriebenen Profil vergleichen lassen. Die Sandgrube „Faber“ wurde bisher lediglich durch die Erwähnung von Hai-zähnen (HOCHT v. d. 1986) und einer Tintinnide (K. GRIMM 1997) bekannt.

Wir danken Herrn Dipl.-Geol. THOMAS GRIESSEMER für die Angaben zum Milieubezug sowie die Bestimmung der Ostracoden und Herrn PD Dr. THOMAS BRACHERT für Hinweise zur Mikrofazies und Zementstratigraphie (beide vom Institut für Geowissenschaften der Universität Mainz). Herr Dr. THOMAS REINECKE, Institut für Mineralogie der Universität Bochum, gab wertvolle Hinweise zur neueren Nomenklatur der Haie. Frau UTE HÜLS, Obertshausen korrigierte die englische Kurzfassung. Die Erstautorin bedankt sich für die finanzielle Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Postdoktoranden-Stipendiums Gr 1431/1-1.

## 2. Profilaufnahme und Sedimentologie

Der Lithoklastanteil des Meeressandes der Sandgrube „Faber“ bei Siefersheim besteht ausschließlich aus Komponenten, die auf Rotliegend-Rhyolith zurückgehen. Sie entstammen einer effusiven „Lavazunge“ des Kreuznacher Rhyoliths (LORENZ 1973), die sich nach Osten bis zum Steigerberg ausbreitete. Diese Rhyolithlava bildet heute einen, bereits präoligozän angelegten, von einzelnen tiefen und schmalen Tälern durchschnittenen Höhenrücken. Die Sandgrube „Faber“ liegt am Osthang eines solchen Rhyolithberges (Horn-Insel nach SONNE 1958: Abb. 1). Der Rhyolith steht nur wenige Meter höher

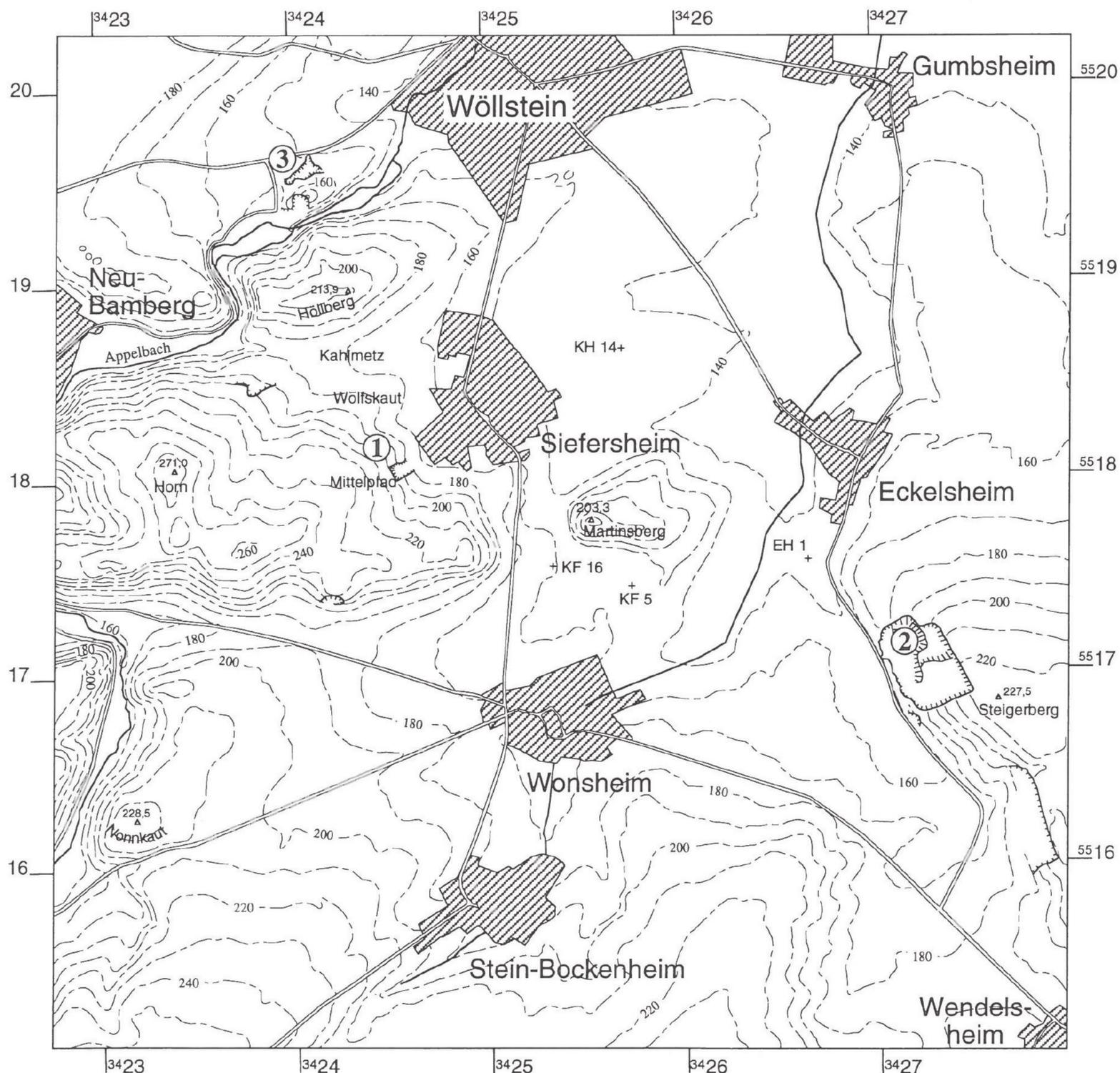


Abb. 1: Übersichtskarte von Siefersheim und Umgebung mit Lage der im Text erwähnten Lokalitäten (nach TK 25, Blatt 6113 Bad Kreuznach und Blatt 6213 Kriegsfeld): ① Sandgrube „Faber“ bei Siefersheim, ② Sandgrube am Steigerberg bei Eckelsheim und ③ Sandgrube „Müller & Schmidt“ bei Wöllstein.

(bei etwa 215 m NN) an und bildet nach der geologischen Kartierung von SCHOPP (1913) auch das Liegende des hier bearbeiteten Meeressandvorkommens. Er ist in der Sandgrube jedoch nicht aufgeschlossen.

In der Sandgrube wurde 1995 und 1998 ein zusammengesetztes, 7,20 m mächtiges Profil aufgenommen (vgl. Abb. 2):

Hangendes	Fein- und Mittelkies bis ungerundete Schotter, verrutscht, partiell verfestigt, graubraun	
13)	Mittelkies bis mittelkörniger ungerundeter Schotter, stark feinsandig, schwach grobkiesig, ockergrau	0,50 m

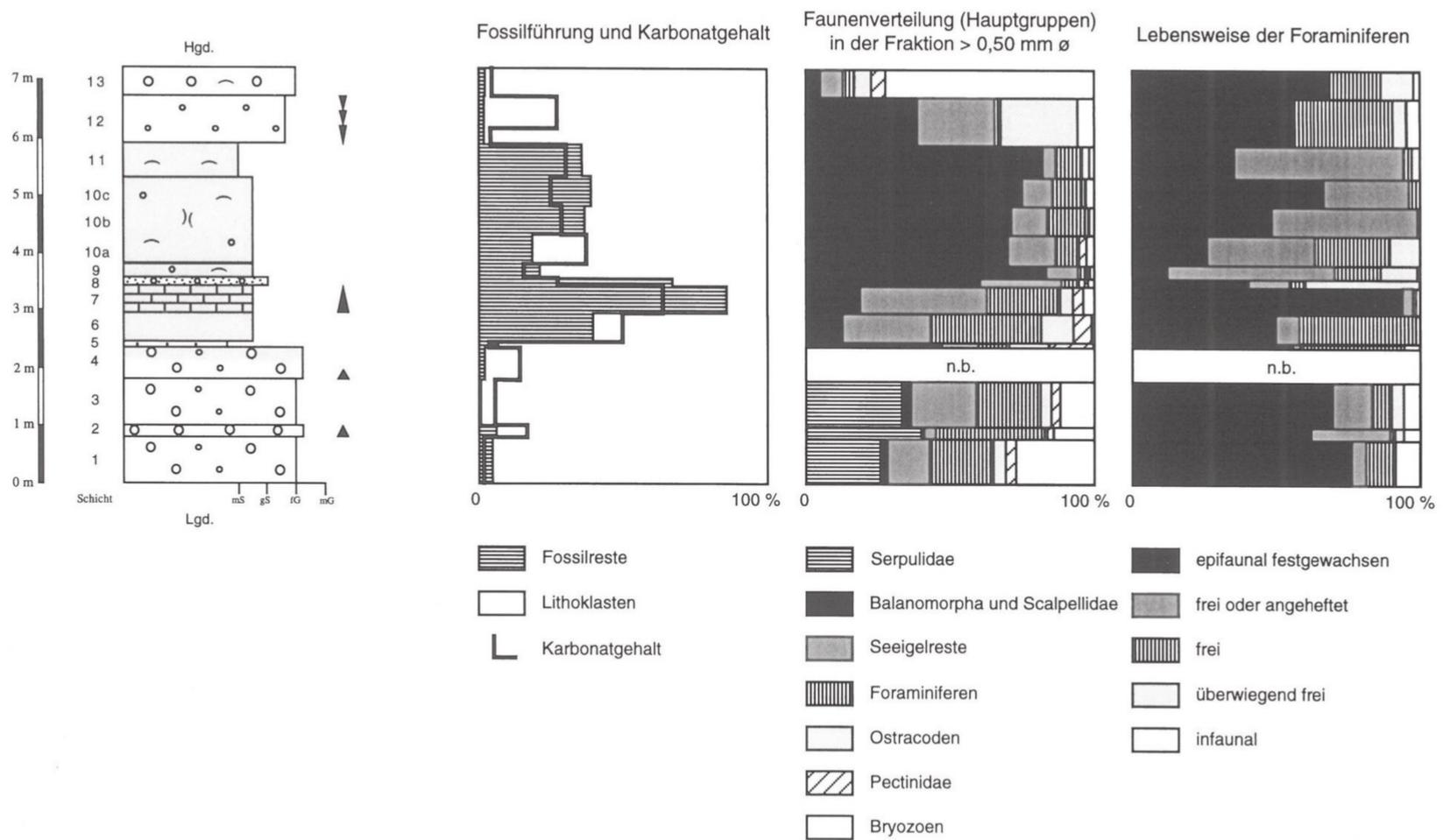


Abb. 2: Säulenprofil, Fossilführung und Karbonatgehalt, Faunenverteilung der Hauptgruppen und Foraminiferen-Morphogruppeneinteilung der Sandgrube „Faber“ bei Siefersheim (Symbole im Säulenprofil vgl. Abb. 3, Abkürzungen: mS = Mittelsand, gS = Grobsand, fG = Feinkies, mG = Mittelkies, n. b. = nicht bestimmt).

12)	Feinkonglomerat bis Feinbreccie, vereinzelt auch größere Bruchstücke, braun angewittert, enthält mehrere invers gradierte Kleinzyklen, frisch hellgelb bis weiß, karbonatisch gebunden	0,80 m
11)	Mittelsand, teilweise konkretionär verfestigt, mittelgrau	0,60 m
10)	Mittel- bis Grobsand, vereinzelt Feinkieskomponenten, teilweise verfestigt, hellgrau bis gelblichgrau, ab Mitte der Bank bis zum Top mäßig bioturbiert	1,50 m
9)	Mittel- bis Grobsand, ganz vereinzelt auch Feinkiesgerölle, mittelgrau	0,24 m
8)	Mittelsand, vereinzelt Feinkieskomponenten, gelblich bis gelblichgrau, im Liegenden Übergang in Schicht 7	0,15 m
7)	Stark mittel- bis grobsandiger Kalkstein, sehr porös, gradiert, hellgelblichgrau	0,47 m
6)	Mittel- bis Grobsand, grau, z. T. konkretionär verfestigt	0,50 m
5)	Mittelsand, stark feinsandig, schwach kiesig, ocker	0,10 m
4)	Mittelkonglomerat, im Topbereich sandig, Basis gradiert, karbonatisch gebunden, bräunlich verwittert, frisch hellgelbgrau	0,55 m
3)	Feinkies bis Grobsand, hellgrau	0,80 m
2)	Mittelkonglomerat, gradiert, karbonatisch gebunden, hellgrau bis gelblich	0,20 m
1)	Feinkies bis Grobsand, grau bis gelblich	0,80 m
Liegendes	Mittel- bis Feinkies, mittelgrau	

Nach der Korngröße lässt sich das Profil in drei Bereiche untergliedern: den unteren Kiesbereich (Schichten 1–4), den mittleren Sandbereich (Schichten 5–11) und den oberen Schotterbereich (Schichten 12–13).

Die Schichten fallen nach ENE ein, wobei im mittleren, sandigen Bereich (Schichten 5–11) mit  $65^\circ/15^\circ$  ein flacheres Einfallen vorherrscht als in den liegenden Kiesschichten ( $60^\circ/22^\circ$ ) und den hangenden Schotterlagen. Es handelt sich dabei um ein primäres Foreset-Anlagerungsgefüge. Abgesehen von den Korngrößenwechsel an den Bankgrenzen zeigen die Ablagerungen der Sandgrube Faber kaum Schichtungsstrukturen. Im unteren, kiesigen Profilteil ist lediglich in Schicht 2 bereichsweise eine schwache Dachziegellagerung der nur wenig abgeflachten Gerölle entwickelt. In den sandigen Partien wird die Schichtung teilweise auch durch die Einregelung von Fossilresten nachgezeichnet. Dabei treten kaum Bioturbationen auf; diese wurden nur ausnahmsweise in Schicht 10 beobachtet. Eine Entschichtung hat also nicht stattgefunden. Vielmehr ist das Fehlen der Schichtung auf eine durchweg schlechte Sortierung innerhalb der Bänke zurückzuführen (siehe unten). So konnten Sortierungseffekte, wie eine undeutliche Gradierung nur im Bereich weniger Bänke festgestellt werden. Normalgradierte Lagen wurden in Schicht 2, an der Basis der Schicht 4 und innerhalb von Schicht 7 bemerkt. Die Gradierungen in Schicht 2 und 4 entsprechen dabei dem Typ 1 nach PETTIJOHN (1957: Abnahme der Korngröße von der Basis zum Top ohne feinkörnige Matrix im Basisbereich). Im hangenden Schotterbereich treten in der Schicht 12 mehrere, invers gradierte Kleinzyklen auf, wie sie unter anderem für den nassen Strandbereich (REINECK & SINGH 1980) und gravitativ verlagerte Kiese und Sande typisch sind.

Das Profil wurde bankweise beprobt, lediglich Schicht 10 in drei Probenabschnitte unterteilt. Die entnommenen Proben der Schichten 1 bis 3 und 5 bis 13 wurden granulo-

metrisch untersucht (Nasssiebung, Korngrößenanalyse nach DIN 4022). Dafür sind aus den karbonatisch gebundenen Bänken 2, 7 und 12 Bereiche ausgewählt worden, die bereits durch die Verwitterung stark zersetzt waren. Die Ergebnisse der Nasssiebung wurden an Streupräparaten im Stereomikroskop überprüft, um eine Verschiebung zu größeren Korngrößen durch verkrustete Körner mathematisch zu korrigieren. Die Korngrößenermittlung der verfestigten Bank 4 erfolgte mittels der Punktzählmethode an einem Großanschliff. Aus den Korngrößenanalysen wurde die Sortierung und die Schiefe nach FOLK & WARD (1957) bestimmt als:

$$\sigma_1 = \frac{\Phi_3 - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6,6} \quad (\text{Sortierung})$$

$$sk_1 = \frac{\Phi_{84} + \Phi_{16} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_{95} + \Phi_5 - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)} \quad (\text{Schiefe})$$

Die Kornfraktionen des unteren Kiesbereiches werden zu über 80 Gew.-% aus Feinkies und Grobsand gebildet. Lediglich in den Bänken 2 und 4 treten neben Grobsand und Feinkies noch bis zu 20 Gew.-% Mittelkies hinzu. Die Sortierung nach FOLK & WARD (1957) ist mit Werten zwischen 1,37 und 1,54 schlecht, aber relativ wenig variabel (außer: Topbereich Schicht 4 = 1,97) und nimmt vom Liegenden (Schicht 1) zum Hangenden (Schicht 4) ab, wobei sich diese Tendenz noch in Schicht 5 fortsetzt. Gleichzeitig nimmt die mittlere Korngröße von Schicht 1 bis in Schicht 4 (und weiter bis in Schicht 6) ab. Die Kornverteilungskurven bleiben dabei zumindest in den Schichten 1 bis 4 fast symmetrisch (Schiefe = 0 bis 0,1). Der geringe Anteil an Feinkornmaterial (Mittelsand + Feinsand + Schluff < 7 Gew.-%) reicht in einigen Partien der Bänke z. T. nicht aus, um die Hohlräume zwischen den Kieskomponenten vollständig auszufüllen. Daher bilden die Kiese z. T. abgestützte Gefüge mit offenen Poren aus. Dies ist besonders deutlich bei der Bank 4. Allerdings ist hier im höheren Teil der Bank nach der partiellen Diagenese von oben Fein- und Mittelsand in die offenen Poren eingefüllt worden.

Im mittleren Sandbereich besteht das Sediment außer in Schicht 5 und 11 zu über 60 Gew.-% aus Mittelsand. Die Sortierung der Sande ist schlecht (Schicht 6 bis 11) bis sehr schlecht (Schicht 5). Sie entspricht weitgehend der Größenordnung der von HARTKOPF & STAPF (1984) mitgeteilten Sortierungswerte aus Sandlagen vom Steigerberg bei Eckelsheim. Während die Sortierung der Schichten 6 bis 11 sehr ähnlich ist (1,27–1,63), ist dies bei der Schiefe nicht der Fall. Schicht 10 zeigt mit Werten zwischen –0,09 und +0,09 eine nahezu symmetrische Korngrößenverteilung, die Schichten 6 bis 9 und 11 mit Werten zwischen 0,19 und 0,32 eine starke positive Schiefe und Schicht 5 eine schwach negative Schiefe (–0,12). Letzteres ist auf die schwach bimodale Korngrößenverteilung von Schicht 5 zurückzuführen, die genetisch eine Übergangsfazies zwischen den unteren Kiesschichten und der Sandabfolge darstellt (siehe auch oben). Eine Tendenz innerhalb der Sandabfolge ist nur bei der Beobachtung der mittleren Korngröße erkennbar. Diese nimmt nämlich von Schicht 6 bis in Schicht 10b stetig zu, bleibt aber im Mittelsandbereich.

Im oberen Schotterbereich besteht das Sediment zu mehr als 75 Gew.-% aus Komponenten der Feinkies- und Grobsandfraktion. Die Sortierung dieses Bereiches ist mit Werten zwischen 1,55 bis 1,74 etwas schlechter als bei den rein sandigen Schichten darunter (Schichten 6 bis 10) und deutlich schlechter als bei den unteren Kiesen (Schichten 1 bis 4). Die Schiefe ist stark positiv entwickelt (0,28–0,32), das heißt, dass der feinere Anteil der Kornpopulationen schlechter sortiert ist, als der gröbere Kiesanteil. Dies führt auch dazu, dass hier offene Poren aufgrund des höheren Feinkornanteils (Mittelsand + Feinsand +

Schluff = 13–16 Gew.-%) nicht so häufig auftreten, wie in den Schichten 1 bis 4.

In allen Schichten der Sandgrube „Faber“ treten nur zwei Arten von Komponenten auf: Lithoklasten aus dem Rhyolith und kalkige Bioklasten. Die Komponenten, die dem Rhyolith entstammen, bestehen überwiegend aus Rhyolithbruchstücken, nur untergeordnet (maximal 10 Vol.-%) treten in der Sandfraktion ehemalige Porphyroblasten des Rhyoliths auf, wie die leicht an ihrer Kristallform (hexagonale Bipyramide) erkennbaren ehemaligen Hochquarze (bis max. 6 Vol.-%), unverwitterte Feldspäte (bis max. 3 Vol.-%) und Biotitplättchen (< 2 Vol.-%). Die Rhyolithkomponenten liegen, je nachdem welcher Lage sie entstammen, in Sandkorn- bis Mittelkies Korngröße vor. Nur in wenigen Horizonten treten Komponenten auf, die etwas größer als 2 cm Durchmesser sind (Schicht 2 und 4). Die Komponenten in Sandkorngröße sind durchweg sehr schlecht bis nicht gerundet. Die Sandkörner bestehen aus kleinen Rhyolithsplintern oder ehemaligen Porphyroblasten. Selbst die Biotitplättchen sind noch idiomorph und nicht aufgeblättert und gebleicht. Neben diesen Sandkörnern treten in den unteren Kiesschichten (Schichten 1 bis 4) vollkommen bis mäßig gerundete Rhyolithkiesel auf, in den oberen Schotter-schichten (Schichten 12 und 13) dagegen sehr schlecht gerundete Komponenten. Die schlecht gerundeten Rhyolithkomponenten zeigen z. T. noch die gut erkennbaren Abdrücke der ausgebrochenen Feldspäte und scharfe Kanten. Anzeichen einer chemischen Alterung sind nur durch die Bleichung der rhyolithischen Grundmasse zu erkennen.

Die Abnahme der Rundung und Sortierung vom Liegenden zum Hangenden lässt sich durch eine Zunahme der Wassertiefe und der damit verbundenen Abnahme der Strömungsenergie erklären. Aufgrund der symmetrischen Kornverteilung (geringe Schiefe), dem weitgehenden Fehlen der Sandmatrix und von Sandzwischenlagen sowie dem gelegentlichen Auftreten von Dachziegellagerung können die unteren Kiesschichten als Ablagerungen eines steilen Kiesstrandes angesehen werden. Das Schutttaufkommen war hoch aber gleichmäßig. Plötzliche Grobschutteinlagerungen von ungerundetem Material, wie sie für ein Kollabieren von Kliffs typisch sind, fehlen. Der Siliziklastanteil des mittleren sandigen Profiltails besteht dagegen überwiegend aus völlig ungerundeten Rhyolithsplintern, die für eine durch Insolation und Salzsprengung verursachte Klifferosion und eine anschließende rasche Ablagerung bei geringen Umwälzraten spricht. In den oberen Schotter-schichten treten ebenfalls ungerundete Klasten auf, die jedoch in die Kiesfraktion gehören. Die geringe Rundung und die schlechte Sortierung der Komponenten spricht für eine geringe Wasserbewegung, einen raschen Abtransport vom Entstehungsort und eine Ablagerung unterhalb der Wellenbasis. Die steilen Anlagerungsgefüge und gelegentliche inverse Gradierungen sind Hinweise für eine gravitative Ablagerung.

Insgesamt ergibt sich somit das Bild einer raschen Transgression in einer von Kliffs eingerahmten Bucht. Die Kliffs waren zunächst schuttplombiert bzw. wurden noch nicht vom Meer erreicht (untere Kiesschichten), dann freigelegt (mittlerer sandiger Teil) und wurden schließlich stark erodiert und rückverlagert (obere Schotter-schichten). Letzteres steht wohl in Zusammenhang mit einer Strömungsänderung (z. B. durch Überfluten und Abrasion der heute 203 m hohen Martinsberginsel). Die oben angesprochenen Kliffs sind heute noch als morphologisch überprägte Erosionskante erhalten und bilden nur ca. 120 m WSW der Sandgrube einen Gehängeknick bei 220 m NN. Auf gleicher Höhenlage liegt auch die Abrasionsfläche der Steigerbergplatte.

### 3. Mikrofazies und Zementstratigraphie

Neben den Korngrößenanalysen wurde an Streupräparaten der Fraktionen > 0,50 mm Durchmesser das Verhältnis an detritischen Komponenten zu biogenen Karbonatkomponenten ermittelt. Ferner wurde der Gesamtkarbonatgehalt der Einzelproben durch Untersuchungen mit der Karbonatbombe nach MÜLLER & GASTNER (1971) bestimmt. Die ermittelten Rohdaten der Karbonatbombenbestimmung wurden durch Vergleichsmessungen mit 100 % CaCO<sub>3</sub> gangkorrigiert. Die Ergebnisse der Komponenten und Karbonatgehaltsbestimmungen sind in Abb. 2 dargestellt.

Das untersuchte Profil ist durchgehend karbonathaltig. Der Karbonatgehalt schwankt zwischen 2 und 63 Gew.-% und lässt sich, mit Ausnahme der karbonatisch verkitteten Bänke 2, 4 und 12 gut mit dem Auftreten von Bioklasten korrelieren. Als Karbonat tritt überwiegend nur Kalzit auf. Lediglich in den Schichten 3 und 4 konnten geringe Mengen (0,5–1 Gew.-%) Dolomit ermittelt werden. Dieser stammt wahrscheinlich aus homoachial in Echinidenresten eingestäubten Mikrodolomiten (RICHTER 1974), die während der späten Frühdiagenese bis frühen Spätdiagenese durch den Abbau des Hoch-Mg-Skelettkalzits im geschlossenen System entstanden sind (siehe unten). Seeigelreste sind gerade in den Schichten 3 und 4 sehr häufig und zeigen z. T. deutliche Rekristallisationserscheinungen.

Die untersuchten Schichten können nach ihrem Karbonatgehalt in Anlehnung an die Benennungsdreiecke für siliziklastisch-karbonatische Mischgesteine nach FÜCHTBAUER (1959) klassifiziert werden als:

- Sand oder Kies (weniger als 10 % Karbonat): Schichten 1, 3, 5, 13 und unverfestigte Partien von Schicht 12.
- Karbonatischer (kalkiger) Sand oder Kies (10–25 % Karbonat): Schichten 2, 4, 9 und 10c.
- Karbonatsand oder stark karbonatischer Sand und Kies (Schotter): Schichten 6, 8, 10a, 10b, 11 und verfestigte Bank 12 (= stark karbonatische Breccie).
- Stark sandiger Kalkstein: Schicht 7

Der für Sande z. T. hohe Karbonatgehalt geht auf karbonatische Bioklasten und karbonatische Zementbildungen zurück. Der Anteil der biogenen Komponenten ist im untersuchten Profilbereich sehr variabel. Insbesondere in den Kiesen, Schottern und Konglomeraten (Schichten 1 bis 4 und 12 bis 13) treten die losen, biogenen Komponenten stark zurück und machen nur noch unter 6 Vol.-% aus. Dies hängt mit zwei Faktoren zusammen: Erstens sind die größtenteils aragonitischen biogenen Komponenten (*Glycymeris*, *Arca*, *Hippochaeta* und die meisten Gastropoden) vor allem in den Schichten 1 bis 4 und 12 teilweise sekundär gelöst worden und die größeren Komponenten nur noch aufgrund von Hohlabdrücken erkennbar. Zweitens sind aber auch in den Kiesen mit gut erhaltener karbonatischer Fauna (z. B. in Bank 13) Bioklasten im Verhältnis eher selten, was auf eine größere Verdünnung der Fauna durch detritisches Material zurückzuführen ist. Auch wenn die Bänke nämlich durch eine sekundäre Lösung der größeren aragonitischen Fossilreste entkalkt scheinen, ist die wenige Matrix zwischen den größeren Komponenten doch durchgehend so kalkhaltig, dass hier Fossilreste wie Ostracoden, Foraminiferen und weitere im Bereich der Sandkorngröße auftretende Reste noch vorhanden sind. Zudem tritt in den liegenden Kiesschichten neben den biogenen „losen Körnern“ häufig auch eine karbonatische Umkrustung der Rhyolithkomponenten auf, die aus Corallinaceenbewüchsen (*Lithothamnion* und *Lithophyllum*) und aus Serpuliden-Bryozoen-Foraminiferenbewüchsen besteht (siehe Kap. 4.).

Im Bereich der sandigen Partien des untersuchten Profils (Schichten 5-11) ist der Gehalt an Biodetritus ebenfalls variabel und macht in einzelnen Bänken bis zu 86 Vol.-%

aus (Schicht 7). Solche Sande können als Bioklastsande (bzw. bei Karbonatgehalten > 50 % als Bioklastkalke) angesprochen werden und sind selbst für die im Meeressand häufig auftretenden tempestitischen Schilllagen (HARTKOPF & STAPF 1984) eher ungewöhnlich.

Im Meeressand von Siefersheim treten auch karbonatische Zemente auf. So ist in den unteren Kiesschichten, vor allem in den stärker verfestigten Bänken 2 und 4, ein Großteil der Komponenten von einem gelblichweißen bis hellgrauen kryptokristallinen Mikritzement überzogen (Hoch-Magnesium-Kalzit). Das Magnesium kann dabei aus der Rekristallisation von Echinoidenresten und Corallinaceen abgeleitet werden, die primär aus Hoch-Magnesium-Kalzit bestehen. Die Bildung von Mikritrindenzementen wird durch das weitgehende Fehlen von Feinpartikeln in den Poren begünstigt. Dabei verschmelzen die Mikritüberzüge bei der Berührung von zwei Körnern zu konkaven Zementbrücken, die man als Meniskuszemente bezeichnet (DUNHAM 1971). Sie entstehen durch Abscheidungen aus Wasserfilmen im vadosen Bereich. Sowohl Mikritzemente als auch die Meniskuszemente sind typische frühdiagenetische Bildungen (Zement A nach FLÜGEL 1978) im Strandbereich und charakteristisch für sogenannte Beachrocks. Mögliche Beachrocks wurden bisher nur aus dem Meeressand vom Steigerberg bei Eckelsheim genannt, aber nicht petrographisch untersucht (ROTHE & KOCH & SCHÄFER 1997).

Durch die frühdiagenetische Beachrock-Bildung entstehen zudem teilweise geschlossene Porensysteme. Dies kann bei einem weiteren Abbau von Hoch-Magnesium-Skelettkalzit zu Mikrodolomitbildungen innerhalb von Seeigelresten führen (siehe S. 14).

Neben den frühdiagenetischen Zementen treten im unteren Bereich der Schichten 1 bis 4 auch spätdiagenetische Zemente auf. In den verfestigten Bänken 2 und 4 bilden diese einzelne Kalzitrhomboeder, die in die Hohlräume zwischen den Körnern ragen, diese aber nur ausnahmsweise voll ausfüllen. In den unverfestigten Partien umgeben diese um 100 µm großen Kristalle Seeigelplatten, -stachel und -kieferfragmente durch einen hundezahnähnlichen Kristallrasen.

Im Gegensatz zu den oben genannten Zementtypen treten in der karbonatisch verfestigten Schicht 7 im höher gelegenen sandigen Bereich keine Mikritzemente auf, sondern teilweise rekristallisierte Faserzemente. Es handelt sich dabei ebenfalls um frühdiagenetischen Zement A, der im flachmarinen Bereich häufig ist (FLÜGEL 1978).

In der verfestigten Bank 12 der oberen Schotterschichten werden die Komponenten (auch erhaltene Biogene) nur durch einen gelblichbraunen, aus Eisen-Kalzit bestehenden drusigen Zement zusammengehalten, der Kristallgrößen bis über 0,1 mm erreicht. Er sitzt direkt den Komponenten auf, wobei auch hier die Hohlräume teilweise frei bleiben. Die gelblichbraune Färbung des Kalzits geht auf feinverteilter Fe<sup>3+</sup> zurück. Dieses ist durch spätere Oxidation aus dem zweiwertigen Eisen des Eisen-Kalzits entstanden. Dieser Zement ist nach FLÜGEL (1978) dem spätdiagenetischen Zement B zuzuordnen, dessen Kristalle im vorliegenden Fall im submarinen Bereich den vorhandenen Resthohlraum ausfüllten. Dass dies nicht vollkommen geschehen ist, kann auf das zu geringe Karbonatangebot der Diageneselösungen zurückgeführt werden.

#### 4. Paläontologie und Autökologie

In der Sandgrube „Faber“ bei Siefersheim konnten insgesamt 139 unterschiedliche Fossilreste nachgewiesen werden. Sie sind in den Tabellen 1 und 2 aufgelistet.

Wahrscheinlich sedimentbedingt konnten nur wenige Reste von Makroflora festgestellt werden (Hohlraumabdruck eines eingeschwemmten Holzstückes mit *Teredo anguinus*-Bohrgängen).

In den Schichten 1 bis 4 sind z. T. über 50 % der Mittelkieskomponenten von Corallinaceen vom Typ *Lithothamnion* und *Lithophyllum* umkrustet. Untergeordnet wurden diese Formen nochmals in den Schichten 10c und 11 gefunden. Rotalgen dieser Wuchsform treten an Felsküsten ab der Gezeitenzone bis in nur wenige Meter Wassertiefe auf.

Wesentlich seltener als die Corallinaceen sind Reste von Dasycladaceen. So konnten im sandigen Profilabschnitt mit zum Top hin abnehmender Häufigkeit in den Schichten 5 bis 9 Bruchstücke von *Neomeris kinkelli* nachgewiesen werden. *Neomeris* tritt rezent nur in Wassertiefen bis 10 m, meistens sogar oberhalb von nur 5 m auf, erträgt aber keine hohen Strömungsenergien (WRAY 1977).

Tab. 1: Liste der in der Sandgrube „Faber“ bei Siefersheim auftretenden Fossilreste (Foraminiferen siehe Abb. 3).

s = selten, m = mäßig häufig, h = häufig, sh = sehr häufig

Schicht	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10a	10b	10c	11	12	13
<b>Corallinacea:</b>															
<i>Lithothamnion</i> sp.	sh	sh	h	h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lithophyllum</i> sp.	m	m	m	m	-	-	-	-	-	-	s	s	-	-	-
<b>Dasycladacea:</b>															
<i>Neomeris kinkelini</i> (SPANDEL, 1909)	-	-	-	-	m	m	s	s	s	-	-	-	-	-	-
<b>Tintinnina:</b>															
<i>Pseudarcella rhumbleri</i> SPANDEL, 1909	-	s	-	-	s	-	-	s	-	s	s	s	s	-	-
<b>Porifera:</b>															
Monaxone	-	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	s	m
Geodiidae-Rhaxe	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Coelenterata:</b>															
<i>Graphularia brauni</i> BRANCO, 1885	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	s
<i>Balanophyllia inaequidens</i> REUSS, 1859	-	-	-	-	-	s	-	-	-	s	s	m	-	m	-
<i>Cariophyllia weinkauffi</i> REUSS, 1864	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Bryozoa:</b>															
<i>Crisia haueri</i> REUSS, 1847	sh	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	sh
<i>Hornera verrucosa</i> REUSS, 1864	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	h
<i>Hornera sparsa</i> REUSS, 1864	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	m
<i>Hornera</i> sp.	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	s
<i>Entalophora</i> sp.	s	s	-	-	-	-	s	s	s	s	-	-	-	-	s
<i>Filisarsa</i> sp.	s	-	s	-	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	m
<i>Defranciopora eckelsheimensis</i> VÁVRA, 1983	s	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lichenopora hispida</i> (FLEMING, 1828)	s	s	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tholopora neufferi</i> VÁVRA, 1983	-	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	m
<i>Tubulipora</i> gen. et spec. indet.	m	s	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lunulites subplenus</i> REUSS, 1855	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-
<i>Metradolium tuberosum</i> (REUSS, 1866)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-
<i>Escharina speyeri</i> (REUSS, 1866)	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Escharina</i> sp.	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Teichopora polymorpha</i> REUSS, 1864	-	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-
<i>Reptoporina</i> cf. <i>umbilicata</i> (ROEMER, 1863)	h	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Myriapora fungiformis</i> VÁVRA, 1983	-	-	-	-	-	-	s	s	s	-	-	s	-	-	-
Cheilostomata indet.	m	s	-	s	s	m	m	m	m	s	-	s	s	s	m

Der Meeressand (Rupelium, Oligozän) der Sandgrube „Faber“ bei Siefersheim in Rheinhessen

Tab. 1, Fortsetzung: Liste der in der Sandgrube „Faber“ bei Siefersheim auftretenden Fossilreste.

Schicht	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10a	10b	10c	11	12	13
Brachiopoda:															
<i>Discina</i> sp.	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Terebratula</i> sp.	s	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Terebratula grandis</i> BLUMENBACH, 1803	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	s	-	-	-
<i>Terebratulina fasciculata</i> SANDBERGER, 1862	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Argyrotheca subradiata</i> (SANDBERGER, 1862)	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Platidida megalcephala</i> (SANDBERGER, 1862)	-	-	-	-	-	-	-	m	s	-	-	s	-	-	-
Polyplacophora:															
<i>Lepidopleurus</i> sp.	-	-	-	-	?	?	-	-	s	-	-	-	s	s	-
Gastropoda:															
<i>Patella</i> sp.	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fissurella</i> sp.	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Naticidae indet.	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trochidae indet.	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gastropoda indet.	-	s	s	s	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lamellibranchiata:															
<i>Arca sandbergeri</i> DESHAYES, 1858	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Glycymeris planicostalis</i> LAMARCK, 1819	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	?	-	-	-
<i>Hippochaeta</i> gen. et spec. indet.	-	-	-	s	?	-	-	-	-	-	-	-	-	s	-
<i>Palliolum pictum</i> (GOLDFUSS, 1833)	-	s	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	s	-
<i>Palliolum compositum</i> (SANDBERGER, 1862)	s	s	s	-	s	m	s	s	-	-	-	-	-	m	s
<i>Palliolum permistum</i> (BEYRICH, 1848)	s	s	s	-	s	s	-	s	-	s	-	-	-	-	s
<i>Propeamussium pygmaeum</i> (MÜNSTER, 1835)	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pectinidae indet.	m	-	-	s	m	m	m	s	s	-	s	s	-	-	s
<i>Anomia irregulare</i> (MEYER, 1880)	-	-	-	-	-	s	s	s	s	s	-	-	-	-	-
<i>Limatula klipsteini</i> (COSSMANN & LAMBERT, 1884)	-	-	-	-	m	s	s	-	-	-	-	-	-	-	s
<i>Crassostrea cyathula</i> (LAMARCK, 1806)	-	-	-	-	s	-	s	s	-	-	-	-	-	s	s
<i>Pycnodonte callifera</i> (LAMARCK, 1819)	s	s	s	m	s	s	-	-	s	s	-	-	-	m	s
<i>Glossus</i> sp.	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cordiopsis incrassata</i> (NYST, 1836)	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lamellibranchiata indet.	s	s	s	s	m	m	m	s	s	s	m	s	s	m	m
Annelida:															
<i>Spirorbis</i> sp.	h	sh	sh	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Protula</i> sp.	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Serpulidae indet.	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	s	-	-	s	-
Ostracoda:															
<i>Bairdia</i> sp.	s	s	s	s	-	s	s	s	-	-	-	-	s	s	s
<i>Bythocypris</i> ? sp.	s	-	-	-	s	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cytherelloidea</i> ? sp.	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cytheretta</i> spp.	-	-	-	m	m	m	m	m	s	s	s	s	s	-	m
<i>Echinocythereis</i> sp. 1 (spinoser Typ)	-	-	-	s	s	s	s	-	s	-	-	-	-	-	-
<i>Echinocythereis</i> sp. 2 (retikulierter Typ)	-	-	-	s	s	s	-	-	-	-	-	-	s	s	-
<i>Eucytherura</i> sp.	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	s	s	-	-
<i>Hornibrookella macropora</i> (BOSQUET, 1852)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-
<i>Leguminocythereis</i> sp.	-	-	m	m	m	m	m	m	s	s	s	s	s	m	-
<i>Leptocythere</i> ( <i>Callistocythere</i> ) sp.	-	-	m	-	-	-	-	-	-	-	s	s	-	-	-
<i>Loxoconcha</i> spp.	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	s	s	s	s	-
<i>Neocytherideis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-

Tab. 1, Fortsetzung: Liste der in der Sandgrube „Faber“ bei Siefersheim auftretenden Fossilreste.  
s = selten, m = mäßig häufig, h = häufig, sh = sehr häufig

Schicht	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10a	10b	10c	11	12	13
<i>Pataviella (Alicella) alciensis</i> LIEBAU, 1991	-	-	-	-	-	-	s	-	-	-	s	s	-	-	-
<i>Pataviella (Alicella) gracilis</i> LIEBAU, 1991	-	-	-	-	s	s	s	-	-	-	s	-	s	-	s
<i>Pokornyella</i> ? spp.	m	m	m	m	-	s	s	-	s	s	s	s	s	m	s
<i>Schuleridea rauracica</i> OERTLI, 1956	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Xestoleberis</i> sp.	-	-	-	s	s	s	-	-	-	-	-	-	s	s	-
Ostracoda indet. (3 Arten)	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cirripedia:															
<i>Scalpellum</i> sp.	-	s	-	-	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	ss
<i>Balanus stellaris</i> (BROCCHI, 1843)	-	s	-	-	sh	m	m	sh	sh	sh	sh	sh	sh	h	s
<i>Balanidae</i> gen. et spec. indet.	s	-	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
Echinoidea:															
<i>Diadema</i> -Stacheln	-	-	s	s	h	h	m	m	s	s	s	-	-	-	-
<i>Arbacina</i> sp.	m	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bauerina</i> sp.	m	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Echinidenstachel	h	s	m	s	sh	sh	sh	sh	m	h	h	h	m	m	s
Spatangidenstachel	-	-	-	-	-	s	m	s	-	-	-	-	-	-	-
Seeigelreste indet.	h	m	h	m	-	h	s	m	s	s	-	s	-	-	s
Pisces															
<i>Notorhynchus primigenius</i> (AGASSIZ, 1835)	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Myliobatis</i> sp.	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Carcharias acutissima</i> (AGASSIZ, 1843)	s	-	-	-	s	m	-	-	-	-	-	-	-	-	s
<i>Carcharias denticulata</i> (AGASSIZ, 1843)	-	-	-	-	-	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Physogaleus latus</i> (STORMS, 1894)	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-
cf. <i>Chrysophris</i> sp. (Kugelzähne)	-	-	-	-	s	m	-	s	-	-	-	-	-	-	-
cf. <i>Dentex</i> sp. (Kegelzähne)	s	-	-	-	s	m	-	-	-	-	-	-	s	-	-
cf. <i>Scarus</i> sp. (Schneidezähne)	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Arius germanicus</i> KOKEN, 1891	-	-	-	-	-	s	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trachinoidei indet.	-	-	-	-	-	s	s	-	-	-	-	-	-	-	-
Knochenfische indet.	-	-	-	-	-	m	s	-	-	-	-	-	s	s	-

Tab. 2: Foraminiferenfauna der Sandgrube „Faber“ bei Siefersheim.

Gliederung	Planorbulina-Zone					Milioliden-Zone									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10a	10b	10c	11	12	13
<i>Spiroplectinella deperdita</i> (D'ORBIGNY, 1846)															
<i>Spiroloculina dorsata</i> REUSS, 1866															
<i>Cycloforina contorta</i> (D'ORBIGNY, 1846)															
<i>Cycloforina gracilis</i> (KARRER, 1867)															
<i>Quinqueloculina</i> spp.															
<i>Pseudotriloculina mayeriana</i> (D'ORB., 1846)															
<i>Dentalinoides consobrina</i> (D'ORBIGNY, 1846)															
<i>Nodosaria</i> sp.															
<i>Lenticulina tangentialis</i> (REUSS, 1866)															
<i>Lenticulina cultrata</i> (DEMONFORT, 1808)															
<i>Lenticulina</i> sp.															
<i>Lagena hexagona</i> (WILLIAMSON, 1848)															
<i>Pygmaeosestron hispidum</i> (REUSS, 1862)															
<i>Globulina spinosa</i> D'ORBIGNY, 1846															
<i>Globulina gibba</i> (D'ORBIGNY, 1826)															
<i>Guttulina problema</i> (D'ORBIGNY, 1826)															
<i>Guttulina</i> sp.															
<i>Pseudopolymorphina</i> sp.															
<i>Sigmomorphina</i> sp.															
<i>Pyrolina gutta</i> (D'ORBIGNY, 1826)															
<i>Pyrolina cylindroides</i> (ROEMER, 1838)															
<i>Glandulina</i> sp.															
<i>Ceratobulimina contraria</i> (REUSS, 1851)															
<i>Robertina declivis</i> (REUSS, 1863)															
<i>Laterostomella</i> sp.															
<i>Globigerina bulloides</i> (D'ORBIGNY, 1826)															
<i>Bolivina</i> spp.															
<i>Fursenkoina</i> sp.															
<i>Escornebovina trochiformis</i> (ANDREAE, 1884)															
<i>Discorbis</i> sp.															
<i>Trochulina</i> sp.															
<i>Discorbinoides patelliformis</i> (BRADY, 1884)															
<i>Discorbinoides</i> sp.															
<i>Rosalina globularis</i> D'ORBIGNY, 1826															
<i>Rosalina</i> sp.															
<i>Cibicides lobatulus</i> (WALKER&JACOB, 1798)															
<i>Cibicides</i> sp.															
<i>Planorbulia difformis</i> ROEMER, 1838															
<i>Nonion</i> sp.															
<i>Astrononion</i> sp.															
<i>Melonis affine</i> (REUSS, 1851)															
<i>Hanseniscasoldanii</i> (D'ORBIGNY, 1826)															
<i>Elphidium granosum</i> (D'ORBIGNY, 1846)															
<i>Elphidium</i> sp.															
Foraminifera indet.															

Selten wurde auch die neritische Tintinnide *Pseudarcella rhumbleri* nachgewiesen (K. GRIMM 1997). Die Invertebratenfauna der untersuchten Sandgrube zeigt insgesamt eine für Geröllstrände mediterraner Prägung typische Zusammensetzung (REINECK & DÖRJES 1976) und wird von nur wenigen „Hauptgruppen“ dominiert. Diese Hauptgruppen sind: Foraminiferen, pectinide Muscheln, Serpulidae, Ostracoden, Balanomorphe und Scalpellidae, Bryozoen und Seeigelreste. Die Verteilung dieser Faunengruppen wurde in der Abb. 2 dargestellt. Sie werden im folgenden kurz abgehandelt.

Die Foraminiferen wurden nach taxonomischen, ökologischen und biostratigraphischen Gesichtspunkten ausgewertet. Dabei wurde zunächst in Anlehnung an die Morphogruppeneinteilung von JONES & CHARNOCK (1985) eine Unterteilung der Foraminiferen nach ihrer wahrscheinlichen Lebensweise in fünf Ökogruppen vorgenommen (vgl. Abb. 2): Am häufigsten sind Foraminiferen, die epifaunal festgewachsen sind. Dazu wurden folgende Gattungen gezählt: *Planorbulina*, *Cibicides*, *Rosalina*, *Discorbinoides* und *Discorbis*. In einigen Fällen konnte das zugehörige Substrat dieser Formen beobachtet werden. So wurde im unteren Kiesbereich der Schichten 1 bis 4 wiederholt *Planorbulina difformis* in kleinen Vertiefungen (ausgebrochene Porphyroklasten) von Rhyolithkomponenten beobachtet. Diese Form tritt aber auch auf Bryozoen, Muschelresten, Korallen und sonstigen sekundären Hartgründen auf. Es handelt sich dabei also um eine wenig substratspezialisierte Art. Solche Formen werden im folgenden als Substratopportunisten bezeichnet. In der Sandgrube „Faber“ besteht der überwiegende Teil der festgewachsenen Foraminiferen aus solchen Substratopportunisten.

Neben den epifaunal festgewachsenen Foraminiferen treten als zweithäufigste Gruppe Foraminiferen, wie die Milioliden auf, die frei oder angeheftet leben. Im Gegensatz zur ersten Gruppe sind diese Arten auf dem Untergrund nicht durch eine Zementation oder sonstige Verkittung fixiert, sondern nur mit den Pseudopodien.

Eine weitere Gruppe an Foraminiferen sind freie vagile epibenthonische Arten, wie z. B. die Lenticulinen und *Ceratobulimina*. Die Polymorphiniden wurden ebenfalls als überwiegend frei eingestuft.

Nur ganz untergeordnet treten infaunale Foraminiferenarten auf. Darunter sind nicht unbedingt grabende Formen zu verstehen, sondern auch solche, die in den interstitiellen Räumen zwischen den Partikeln leben. Hierzu gehören *Bolivina* und *Spiroplectinella*. Sie treten außer in Schicht 9 (0,9 %) mit 2 bis 8 % relative Häufigkeit nur in den kiesigen Partien und in den Schotterlagen (Schicht 1 bis 5 und 12 bis 13) auf.

Bei den Foraminiferenökogruppen ist die Verteilung der festgehefteten Arten am aussagekräftigsten, da diese Arten teilweise in situ gefunden wurden und ihr Anteil an der Foraminiferenfauna mit der Entfernung zu einem Hartsubstrat zusammenhängt. Mit den o. g. Foraminiferenfaunengruppen lässt sich das Profil in 4 Teilbereiche untergliedern, die nicht alleine mit dem lithologischen Wechsel korrelieren. Der unterste Bereich umfasst die Schichten 1 bis 6 und somit den unteren Kiesbereich (Schicht 1 bis 4) und einen Teil des mittleren Sandbereichs (Schicht 5 bis 6). Der Anteil der festgewachsenen Foraminiferen nimmt von Schicht 1 im Liegenden (76 %) zu Schicht 6 im Hangenden auf 49 % ab. Dafür nehmen dort die festgehefteten und freien Arten bis auf 40 % zu. Der zweite Abschnitt beginnt mit der Bioklastkalkbank (Schicht 7) und reicht bis in Schicht 9. In Schicht 7 treten die festgewachsenen Foraminiferen mit insgesamt 94 % auf. Ihr Anteil nimmt anschließend bis auf 12 % in Schicht 9 ab. Die ersten beiden Zyklen unterscheiden sich von den beiden letzten dadurch, dass sie durch eine allmähliche Abnahme und rasche Zunahme der festgewachsenen Foraminiferen charakterisiert werden. Ab Schicht 9 werden die Abschnitte dagegen durch eine langsame Zunahme und eine rasche Abnahme dieser Gruppe gekennzeichnet (siehe Abb. 2).

Im Meeressand der Sandgrube „Faber“ treten makroskopisch häufig, statistisch betrachtet aber eher untergeordnet, Lamellibranchiaten auf (vgl. Tab. 1), deren häufigste Gruppe durch die Pectinidae gestellt wird. Innerhalb dieser Familie sind sowohl byssat festgeheftete Formen, als auch vagile, schwimmende Arten vorhanden. Beide lassen sich durch die Größe des Umbonalwinkels und der Aurikelasymmetrie leicht trennen (STANLEY 1970: Abb. 11). Demnach handelt es sich bei den im bearbeiteten Profil auftretenden *Palliolum*-Arten ausschließlich um byssate Formen. Sie sind in den Schichten 5 bis 7 am häufigsten und erreichen in Schicht 5 mit 15 % ein Maximum.

Vor allem im unteren kiesigen Profilmittelteil (Schichten 1 bis 4) wird bis zu 40 % der Fauna durch serpulidae Kalkröhrenwürmer der Gattung *Spirorbis* gebildet. Sie treten gehäuft gemeinsam mit Corallinaceen, Bryozoen und Foraminiferen als Bewuchs von Mittel- bis Feinkieskomponenten auf. Dabei bevorzugt *Spirorbis* etwas schlechter gerundete Komponenten, wächst auf diesen aber z. T. auf mehreren Seiten. Es ist davon auszugehen, dass die Röhrenwürmer in den oberflächennahen Zwischenräumen der Gerölle, wahrscheinlich auch auf deren Unterseite der Gerölle lebten (in der Adria treten *Spirorbis*-Kolonien an geschützten Stellen bereits ab wenigen Dezimetern Wassertiefe auf der Unterseite von größeren Steinen auf Kiesgründen auf). Weitere Kalkröhrenwürmer sind selten, es konnten jedoch vereinzelt *Serpula* und *Protula* gen. et spec. indet. nachgewiesen werden. Die Kalkröhrenwürmer gehören alle zu den epifaunalen Suspensionsfilterern.

Nicht sehr häufig, aber dennoch in allen Schichten, sind ab der Grobsandfraktion Ostrocoden vorhanden. Dabei dominieren, außer in Schicht 9 bis 11, mehr oder weniger glattschalige Formen aus der Gruppe der Cytheridae und Xestoleberidae. Daneben treten Bairdididae, Loxoconchidae und gehäuft *Leguminocythereis*, *Cytheretta* und *Pokornyella* auf. Solche Ostrocodenfaunen sind nach WHATLEY (1988) typisch für den Gezeitenbereich und das Eulitoral an Felsküsten. Sie leben dort als Herbivore auf Pflanzen (*Loxoconcha*) oder als vagile Detritusfresser auf oder in den obersten Zentimetern des Sediments und in den interstitiellen Räumen, werden meist aber schlecht überliefert.

Hauptsächlich im sandigen Profilmittelteil der Schichten 5 bis 11, aber auch in Schicht 13 treten im Sediment gehäuft Platten von Ballanomorphen („Seepocken“) und Scapellidae auf. Sie stellen in den Schichten 5 und 8 bis 12 den größten Teil der Faunenreste, treten aber auch in allen anderen Proben auf. Bei den Seepocken lassen sich dabei mindestens zwei Arten unterscheiden, die möglicherweise unterschiedliche Anpassungen zeigten. Ein Großteil der Seepockenreste ist stark angebohrt. Der hohe Anteil der Seepocken an der Gesamtf fauna von z. T. über 80 % weist darauf hin, dass zur Ablagerungszeit der Schichten 5 bis 13 eine wahrscheinlich monospezifische „Seepockenzone“ des obersten Spritzwasserbereiches vorhanden war, wie sie rezent für die meisten gemäßigten bis subtropischen Felsküsten typisch ist. Zusätzlich treten jedoch auch Bewüchse von größeren Geröllen und sekundären Hartgründen auf. Beides wurde in Siefersheim durch entsprechende Funde (besiedelte Austern und Gerölle) nachgewiesen.

In den Profilmitteln, in denen die Seepocken statistisch stark zurücktreten (Schichten 1 bis 4 und 13), wurden relativ häufig, in Schicht 13 mit etwa 72 % sogar dominant, Bryozoenreste in mehreren Arten und Wuchsformen gefunden. Sie treten zusätzlich auch in allen anderen Schichten hin und wieder auf. Häufig wurden die Bryozoen auch als Bewüchse auf Rhyolithkomponenten und sekundären Hartgründen (Austern) gefunden (in den Schichten 1 bis 4). In Schicht 1 und 13 tritt als häufigstes Bryozoenelement die von BOBIES (1958) aus dem Torton des Wiener Beckens beschriebene Art *Crisia haueri* REUSS, 1847 in dünnen Ästchen auf. Die Crisiidae bilden küstennah Aufwüchse hauptsächlich auf Makroalgen, sowie auf Steinen und anderen Hartsubstraten ab der unteren Gezeitenzone (VÁVRA 1988). Daneben dominieren in allen Schichten inkrustierende

Cheilostomate (*Escharina*, *Retiporina* und *Lunulites*), die charakteristisch für die Litoral- (= Gezeitenzone) und die Sublitoralzone (= Dauerflutzone) sind (STACH 1936) und teilweise in den Schichten 1 bis 4 und 12 bis 13 auch direkt als Aufwüchse auf Steinen und Kieseln nachgewiesen wurden. Nur vereinzelt treten dickstäbige (*Hornera* und andere) oder fungiforme Arten (*Myriapora*) hinzu. Letztere stellen im sandigen Profilverteil den häufigsten makroskopisch auftretenden Bryozoenrest dar und sind nach VÁVRA (1983) eigentlich eher typisch für tieferes ruhigeres Wasser. Eine Zuordnung dieser Arten zu tieferen oder gar Stillwasserbiotopen, wie dies für rezente Vertreter von *Hornera* und *Myriapora* zu fordern ist, wird von VÁVRA (1983, 1984) für das Fossilmaterial aber bezweifelt. Doch kann ihr Auftreten im mittleren bis höheren Profilverteil (Schichten 5 bis 13) auf eine Abnahme der Strömungsenergie im Vergleich zum tieferen Profilverteil (Schichten 1 bis 4) zurückgeführt werden.

Im Vergleich mit den bisher aus dem Rupelium des Mainzer Beckens vom Steigerberg bei Eckelsheim und vom Welschberg bei Waldböckelheim beschriebenen Bryozoenfaunen (REUSS 1864; VÁVRA 1983, 1984) kommt der Fauna von Siefersheim keine „Sonderstellung“ zu. So sind von den insgesamt etwa 20 hier festgestellten Bryozoenarten nur 3 auf das Mainzer Becken beschränkt. Diese stellen in den einzelnen Schichten nur 3 bis 13 % der Bryozoenfauna (Ausnahme Schicht 10 = 40 %).

Als letzte Hauptgruppe treten in der Sandgrube „Faber“ Seeigelreste auf. Insgesamt konnten Seeigelstachel, Seeigelkiefer, Plattenfragmente und Bruchstücke von Coronen gefunden werden. Die Reste stammen fast ausschließlich von regulären Seeigeln. Lediglich bei den Seeigelstacheln treten neben verticillaten *Diadema*-Stacheln und Echinidae-Stacheln (reguläre Seeigel) auch Stacheln auf, die von SPANDEL (1909) als Spatangiden-Stacheln bezeichnet wurden (irreguläre Seeigel). Sie sind untergeordnet in den Schichten 6 bis 8 zu finden. Die Platten und Coronafragmente gehen ebenfalls auf reguläre Seeigel zurück, sind aufgrund der Rekristallisation aber nur teilweise als Fragmente von *Arabacina* und *Bauerina* bestimmbar. Die Seeigel lebten wahrscheinlich als Weidegänger auf Hartgründen und in Gezeitentümpel.

Nicht zu den Hauptgruppen gehören die Schwämme und Korallen. Erstere wurden ganz vereinzelt durch das Auftreten von Spiculae (Monaxone und Sterraster) nachgewiesen. Bei den Korallen ist *Balanophyllia* die häufigste Art. Sie konnte makroskopisch bereits im Gelände in den Schichten 10 und 12 erkannt werden, tritt aber in den geschlammten Proben oft aufgrund der schlechten, kreidigen Erhaltung nicht mehr auf. Weiterhin konnten Reste von Seefedern der Gattung *Graphularia* (Octocorallia) festgestellt werden.

Neben den Pectiniden treten im Profil untergeordnet weitere Muscheln auf, bei denen nur die Austern (*Crassostrea*, *Pycnodonte*) und *Anomia* lageweise häufiger sind. Generell dominieren byssate und zementierte Formen (Austern, *Anomia*, *Arca*, *Limatula*) gegenüber infaunalen oder semiinfaunalen Bodenbewohnern (*Cordiopsis* und *Glossus*).

Außer den Muscheln treten als Mollusken im Meeressand der Sandgrube „Faber“ selten Polyplacophorenreste (Käferschnecken) der Gattung *Lepidopleurus* auf. Käferschnecken leben herbivor auf Felsgründen im Flachwasser. Gastropoden sind sehr selten und wurden nur im tieferen Profilverteil nachgewiesen (Schichten 2 bis 6). Es handelt sich dabei überwiegend um patelliforme (*Patella*, *Emarginula*) oder trochiforme (*Jujubinus*) Archaeogastropoden, die herbivor im Gezeitenbereich oder im Flachwasser leben. Sandbodenbewohner wie die räuberisch lebenden Naticiden wurden nur indirekt über ein Bohrloch an einer Ostracode für Schicht 5 nachgewiesen.

Eine im Tertiär des Mainzer Beckens sehr schlecht untersuchte Fossilgruppe sind die Brachiopoden. Diese sind in Siefersheim nicht häufig, treten aber trotzdem in vielen

Schichten (1 bis 3, 8, 9, 10c) auf. Es handelt sich dabei überwiegend um terebratulide stieltragende Arten. Sie wurden als sessile, epifaunale Suspensionsfilterer angesprochen.

HOCHT v. d. (1986) erwähnt aus der Sandgrube „Faber“ ohne weitere Erläuterungen das Auftreten von Haizähnen der Arten *Notorhynchus primigenius*, *Synodontaspis acutissima* und *S. denticulata* [Nach neuerer Nomenklatur (ICZN 1987) fällt *Synodontaspis* in die Synonymie von *Carcharias*, was bisher jedoch wenig bekannt ist]. Eigene Aufsammlungen der letzten 20 Jahre erbrachten im mittleren sandigen Bereich weitere Fischreste. Dabei dominieren *Carcharias*-Zähne bei weitem. Seltener sind Kauplatten des Adlerrochens *Myliobatis*. Weiterhin findet man Zähne des Hais *Physogaleus*. Neben den Knorpelfischen treten Reste von Knochenfischen auf. Häufig sind hier die Zähne von Brassern, seltener Otolithen des Kreuzwels *Arius* und Reste von Drachenfischen (Trachinoidei). Weitere Bruchstücke von Otolithen und Wirbel sind unbestimmbar.

Die Lebensweise der Fischarten ist unterschiedlich (BOY 1982, MÜLLER 1983). *Notorhynchus* und *Carcharias* (Sandhai) sind 2 bis 4 m lange räuberische Haie, die in Küstennähe, aber im tieferen Wasser jagen. *Physogaleus* ist deutlich kleiner und lebt mehr in Bodennähe. Adlerrochen sind auf das Knacken von Muscheln spezialisiert. Die Brassern leben in Küsten- bzw. Steilküstennähe, knabbern an Korallen und knacken Schalentiere. Kreuzwelse leben in Schwärmen in Bodennähe. Ihre genaue Nahrung ist nicht bekannt. Die Drachenfische besitzen einen aalförmig verlängerten Körper mit meist kräftigen Brustflossen, mit denen sie sich am Boden abstützen („laufen“) können. Sie leben in Bodennähe, z. T. vergraben, und jagen kleine Fische und Krebse.

## 5. Untersuchungen der Paleocommunities

Zur Erstellung paläoökologischer Analysen sind die statistischen Rohdaten (Strichlistenfassung der Fossilreste) der Einzelproben analog zu M. GRIMM (1998a, b) mathematisch weiterverarbeitet worden. Dabei wurde nur die benthonische Fauna berücksichtigt. Zunächst wurde eine Ermittlung der Individuenzahlen pro Art vorgenommen. Um keine Überrepräsentation von Faunenresten zu erhalten, die nach ihrem Tod stark fraktioniert wurden (z. B. Balaniden und Seeigel) sind die Rohdaten mit Korrekturkonstanten multipliziert worden. Für die unterschiedlichen Gruppen wurden unterschiedliche Korrekturkonstanten benutzt. Diese ergeben sich aus dem morphologisch begründeten möglichen Grad der Zerlegung von Fossilresten in kleinste ganze Teilstücke (z. B. in Einzelklappen, Einzelplatten, Seeigelstachel). Bei doppelklappigen Gruppen (Ostracoden, Muscheln, Brachiopoden) beträgt der Korrekturfaktor 1/2, bei Balaniden, die aus 6 Einzelplatten bestehen 1/6. Für Seeigelstachel ist eine Korrektur jedoch nur schwierig durchzuführen. Vergleichbare rezente Seeigel tragen zwischen etwa 60 und einigen 100 Stacheln, die nach Verlust teilweise nachwachsen können. Im vorliegenden Fall wurden die Anzahl der Seeigelstacheln und Plattenfragmente mit dem Faktor 1/100 multipliziert. Meistens ergeben sich dann pro Probe nur noch 1 bis 3 Seeigelreste. Bei den Bryozoen wurde dagegen jede Kolonie als 1 Individuum gerechnet.

Mit den so korrigierten Daten wurde zunächst die Diversität als „species richness“ nach WALKER & BAMBACH (1974) bestimmt:

$$\text{Diversität} = \frac{\text{Artenzahl}-1}{\log \text{Individuenzahl}}$$

Für die Diversität der untersuchten Proben ergeben sich dann Werte zwischen 7,9 (Schicht 11) und 14,8 (Schicht 1). Vergleichbare Diversitätsindizes für Hartschalenfaunen findet man gelegentlich auch an rezenter Kiesstränden und geschützte, sandigen Steil-

küstenbuchten. In der Regel sind die Faunen dieser Ablagerungsräume aber niedriger divers.

Die Ernährungsstrukturen der ermittelten Paleocommunities (siehe unten) wurden durch Untersuchungen des trophischen Kerns nach WALKER (1972) betrachtet. Bei den Schichten 1 bis 2, 8 bis 11 und 13 besteht der trophische Kern zu 100 % aus epifaunalen Suspensionsfilterern. In den Schichten 3 bis 7 und 12 treten zwischen 8,4 und 25,9 % vagile Detritusfresser hinzu. In Hochstressmilieus besteht der trophische Kern meist aus wenigen Arten, von denen mehrere in dieselbe Nische fallen. Bei den untersuchten Proben kann mit Ausnahme von Schicht 13 jedoch nicht von einer Dominanz einzelner Arten gesprochen werden. So bestehen die trophischen Kerne der untersuchten Proben aus 6 bis 13 Arten, von denen aber dennoch viele die gleiche oder zumindest sehr ähnliche Nischen als Konkurrenten besiedeln. So wurden beispielsweise die Foraminifere *Planorbulina*, der Röhrenwurm *Spirorbis* und die Bryozoe *Escharina* (und auch andere Bryozoen) gemeinsam mit Corallinaceen auf einer Komponente beobachtet. Alle drei Faunenreste besitzen als Nahrungs- und Substratkonkurrenten identische Ernährungsweisen als sessile Suspensionsfresser und besiedeln auf den Komponenten z. T. kleine Vertiefungen und Hohlräume. Allerdings ist die Dichte der Individuen nie so hoch, dass sich diese berühren. Vermutlich hängt dies mit einem hohen Feinddruck durch Weidgänger (v. a. Seeigel) zusammen. Dadurch wird verhindert, dass eine Art an Dominanz gewinnt. Die Diversität wird somit erhöht (CREMONA 1988).

Zur Ermittlung von Paleocommunities im Sinne von SCOTT (1976) wurden aus den individuenkorrigierten Faunenlisten Rangfolgelisten nach WALKER & BAMBACH (1974) erstellt. Die drei Arten oder Artgruppen mit der höchsten Rangfolge sind dabei namensgebend. Aufgrund der hohen Diversität im trophischen Kern mit vielen Nahrungs- und Substratspezialisten konnten mit Ausnahme von Schicht 13 keine Paleocommunities auf Artniveau gebildet werden, sondern auf höherem systematischen Niveau. Es handelt sich dabei um Paleocommunities 3. Ordnung (M. GRIMM 1998a, S. 118).

Insgesamt kann die untersuchte Fauna in 5 unterschiedliche Paleocommunities untergliedert werden, deren Charakterisierung vom Liegenden zum Hangenden im folgenden vorgenommen wird:

1. Die Foraminiferen-*Spirorbis*-Bryozoen (Corallinaceen)-Paleocommunity (Tab. 3) umfasst den unteren, kiesigen Profiltail der Schichten 1 bis 3 (wahrscheinlich auch Schicht 4). Die Fauna ist mit Werten zwischen 12,3 und 14,8 (Mittelwert 13,3) durchschnittlich höher divers, als in den hangenden Schichten und weist die höchsten Artenzahlen im gesamten untersuchten Profilbereich auf. Im trophischen Kern dominieren sessile epifaunale Suspensionsfilterer, nur in Schicht 3 treten vagile Detritusfresser hinzu. Bei den Foraminiferen überwiegen festgewachsene und festgeheftete Arten, aber es treten auch Formen auf, die der interstitiellen Fauna zuzuschreiben sind. Die gesamte Fauna ist sehr gut an den durch Corallinaceenaufwüchse und Beachrock-Bildungen teilweise stabilisierten Kiesboden angepasst und wird durch das Abgrasen von Seeigeln kontrolliert. Die gute Zurundung der Gerölle zeigt, dass die Komponenten zumindest vor der Besiedlung stark bewegt wurden. Aufgrund der Bryozoenfauna, der Beachrock-Bildungen und dem gehäuften Auftreten der Corallinaceen kann eine Wassertiefe von nur wenigen Metern (0 bis 3 m) angenommen werden. Als Ablagerungsmilieu wird ein geschützter Kiesstrand im Intertidalbereich bis flachen Subtidalbereich angenommen. Auf das Vorhandensein einer nahen Klippe oder Steilküste gibt es noch keine Hinweise, vermutlich ist diese noch schuttplombiert.

Tab. 3: Rangfolge der Foraminiferen-*Spirorbis*-Bryozoen-Paleocommunity. Probennummern = Schichtnummern; kursiv geschriebene Zahlen bedeuten, dass die Gattung (Gruppe) in dieser Probe nicht vorkommt.

Taxa	1	2	3	Mittlere Rangfolge	Absolute/relative Rangfolge [%]
Foraminiferen	2	1	1	1,3	112 / 3,833 = 29,22
<i>Spirorbis</i>	2	1	3	2,0	107 / 3,833 = 27,92
Bryozoen	1	3	2	2,0	103 / 3,833 = 26,87
Ostracoden	4	5	4	4,3	18,5/ 3,833 = 4,83
Muscheln	5	4	6	5,0	15,5/ 3,833 = 4,04
Seeigel	6	6	5	5,7	12 / 3,833 = 3,13
Brachiopoden	7	8	8	7,7	6 / 3,833 = 1,57
Gastropoden	9	8	6	7,7	5 / 3,833 = 1,30
Balaniden	8	7	9	8,0	4,3/ 3,833 = 1,12
					383,3/ 3,833 =100

2. Die Foraminiferen-Ostracoden-Balaniden-Paleocommunity (Tab. 4) umfasst den Übergangsbereich von den unteren Kiesschichten in den sandigen Profilmittelteil bis zur sandigen Kalksteinbank (Schichten 5 bis 7). Die Diversität liegt zwischen 10,7 und 12,3 (Mittelwert 11,7) und somit niedriger als in den liegenden Kiesschichten. Im trophischen Kern treten neben epifaunalen Suspensionsfilterern zwischen 13,2 und 21,5 % vagile Detritusfresser auf. Die Foraminiferenfauna ist variabel mit z. T. hohen Anteilen an freien Arten, in Schicht 7 dominieren jedoch festgeheftete Arten. Die Zunahme der Balaniden deutet auf das Vorhandensein einer benachbarten Klippe hin, die jetzt freigelegt ist. Das Fehlen von Beachrock-Zementen und inkrustierenden Bryozoen, das Auftreten von Grünalgen (*Neomeris*), *Myriapora* und von Spatangiden weist auf eine geringere Wasserbewegung bei Wassertiefen von etwa 3 bis 7 m hin.

Tab. 4: Rangfolge der Foraminiferen-Ostracoden-Balaniden-Paleocommunity. Probennummern = Schichtnummern, kursiv geschriebene Zahlen bedeuten, dass die Gattung (Gruppe) in dieser Probe nicht vorkommt.

Taxa	5	6	7	Mittlere Rangfolge	Absolute/relative Rangfolge [%]
Foraminiferen	1	1	1	1,0	416 / 6,021 = 69,09
Ostracoden	2	2	2	2,0	79 / 6,021 = 13,12
Balaniden	3	4	4	3,7	34,1/ 6,021 = 5,66
Muscheln	4	3	5	4,0	33 / 6,021 = 5,48
Bryozoen	7	5	3	5,0	20 / 6,021 = 3,32
Seeigel	5	6	6	5,7	10 / 6,021 = 1,66
Gastropoden	5	6	8	6,3	6 / 6,021 = 1,00
<i>Lepidopleurus</i>	7	8	8	7,7	2 / 6,021 = 0,33
Porifera	7	9	8	8,0	1 / 6,021 = 0,17
<i>Cariophyllia</i>	10	9	7	8,7	1 / 6,021 = 0,17
					602,1/ 6,021 =100

3. Die Balaniden-Foraminiferen-Bryozoen-Paleocommunity (Tab. 5) umfasst die sandigen Schichten 8 bis 11. Die Diversität in den Einzelproben schwankt zwischen 7,9 und 13,4, ist aber im Mittel (Mittelwert 9,9) niedriger als im Liegenden. Im trophischen Kern treten ausschließlich epifaunale Suspensionsfilterer auf. Die Foraminiferenfauna zeigt hohe Anteile an festgewachsenen und festgehefteten Arten, eine interstitielle Fauna tritt praktisch nicht auf. Außerdem fehlen herbivore Arten (Gastropoden, Käferschnecken) weitgehend und Grünalgen kommen nur noch untergeordnet vor. Der hohe Anteil an

Balaniden und das Auftreten inkrustierender cheilostomater Bryozoen weist auf die Nähe zu einer gut entwickelten Klippe mit zonaren Aufbau hin. Die Wasserbewegung ist nicht sehr hoch, eine Sedimentumlagerung am Boden findet in der Regel nicht statt, die Wassertiefe dürfte jedoch nur geringfügig über der der Foraminiferen-Ostracoden-Balaniden-Paleocommunity liegen (bei etwa 5 bis 8 m).

Tab. 5: Rangfolge der Balaniden-Foraminiferen-Bryozoen-Paleocommunity. Probennummern = Schichtnummern, kursiv geschriebene Zahlen bedeuten, dass die Gattung (Gruppe) in dieser Probe nicht vorkommt.

Taxa	8	9	10a	10b	10c	11	Mittlere Rangfolge	Absolute/relative Rangfolge [%]
Balaniden	1	1	1	2	1	1	1,2	238,6/ 4,976 = 47,96
Foraminiferen	2	2	2	1	2	2	1,8	142 / 4,976 = 28,54
Bryozoen	3	3	4	3	3	3	3,2	44 / 4,976 = 8,84
Ostracoden	4	8	6	4	6	4	5,3	25,5/ 4,976 = 5,12
Muscheln	5	3	3	4	4	5	4,0	22 / 4,976 = 4,42
Seeigel	6	5	5	4	7	5	5,3	15 / 4,976 = 3,01
Brachiopoden	7	6	7	8	5	8	6,8	5,5/ 4,976 = 1,11
<i>Lepidopleurus</i>	9	6	7	8	9	5	7,3	2 / 4,976 = 0,40
<i>Balanophyllia</i>	9	9	7	8	7	8	8,0	1 / 4,976 = 0,20
Porifera	8	9	7	8	9	8	8,2	1 / 4,976 = 0,20
Serpulidae	9	9	7	7	9	8	8,2	1 / 4,976 = 0,20
								497,6/ 4,976 =100

4. Die *Palliolum-Balanophyllia*-Austern-Paleocommunity wird nur durch die Schicht 12 repräsentiert. Die Fauna ist relativ divers (Diversität 12,0), wobei jedoch keine deutliche Dominanz einzelner Arten oder Gruppen vorherrscht. Im trophischen Kern sind neben epifaunalen Suspensionsfilterern 25,9 % vagile Detritusfresser vorhanden. Balaniden treten stark zurück, bei den Foraminiferen sind hohe Anteile an frei beweglichen Arten zu finden. Eine interstitielle Fauna ist vorhanden. Das Sediment besteht aus nahezu ungerundeten Rhyolithklasten, die bei starker Hangneigung wahrscheinlich gravitativ verfrachtet wurden. Das Sediment war insgesamt sehr instabil, die Fauna ist stark verdünnt mit Pioniercharakter. Die Rhyolithklippe ist stark rückverlagert oder erodiert worden. Die Wassertiefe ist kaum abschätzbar, dürfte jedoch tiefer sein als bei den obigen Paleocommunities.

5. Die *Crisia-Hornera-Tholopora-Filisparsa*-Paleocommunity, die nur in Schicht 13 nachgewiesen wurde, ist die einzige Lebensgemeinschaft 1. Ordnung (vgl. M. GRIMM 1998b). Die vier namensgebenden Faunenelemente sind alle Bryozoen und machen gemeinsam über 70 % der gefundenen Fauna aus. Die restliche Fauna besteht aus Foraminiferen, *Balanophyllia*, Poriferenresten, Muscheln, Ostracoden, Balaniden und Seeigeln. Insgesamt ist die Fauna mäßig divers (10,1), stark verdünnt und besteht im trophischen Kern zu 100 % aus epifaunalen Suspensionsfilterern. Aufgrund des Substratangebotes herrschen bei den Foraminiferen wieder festgewachsene Arten vor, daneben gibt es viele freie und wenige infaunale Arten (interstitielle Fauna). Aufgrund der sedimentologischen Kriterien, der Bryozoenfauna und des Fehlens von Kalkalgen trotz entsprechendem Substratangebot ist von einer Wassertiefe von über 10 bis 15 m auszugehen. Die Wasserbewegung am Boden war entsprechend gering. Das Siliziklastmaterial aus ungerundeten, schlecht sortierten Feinschottern wurde wahrscheinlich gravitativ geliefert. Der Einfluss einer Klippe ist praktisch nicht mehr erkennbar.

Die unterschiedlichen Paleocommunities dokumentieren eine Transgression in einer geschützten Bucht mit einer kurzen turbulenten Anfangsphase und der Aufarbeitung präoligozänen Hangschutts (Paleocommunity 1), einem langsamen allmählichen Anstieg unter dem Einfluss einer nahen freigelegten Rhyolithklippe (Paleocommunities 2–3) und einem starken Rückversatz der Klippe infolge einer Strömungszunahme bei hohem Schutttaufkommen und starker Foreset-Neigung (Paleocommunities 4–5). Letzteres geschah möglicherweise durch das Überfluten der Martinsberginsel und eine damit verbundene Strömungsänderung. Der in der Sandgrube „Faber“ dokumentierte Meeresspiegelanstieg betrug nach Schätzungen etwa 25 bis 35 m (inklusive der Ablagerungsmächtigkeit und Versatz bei der Profilnahme im Aufschluss). Rechnet man zur höchsten beprobten Bank 13, die bei etwa 200 m NN liegt, eine Wassertiefe von ca. 15 bis 20 m (siehe oben, Paleocommunity 5) hinzu, dann sollte der zugehörige Paläowasserspiegel auf einem heutigen Hangniveau von 215 bis 220 m NN liegen. Er liegt somit im Bereich der erwähnten Erosionskante.

## 6. Biostratigraphie und Korrelation mit anderen Meeressandaufschlüssen

Die Foraminiferenfauna im untersuchten Profil ist mit 16 bis 24 Arten pro Probe mäßig hoch divers. Im gesamten Profil treten *Planorbulina difformis* und Milioliden auf (Tab. 2). Beide Gruppen werden in K. GRIMM (1998) zur Untergliederung des Meeressandes herangezogen. Aufgrund des massenhaften Auftretens der Milioliden in den Schichten 6 bis 11 und dem relativ häufigen Auftreten von *Planorbulina difformis* in den Schichten 1 bis 6 kann die Grenze einer abundance zone nach SALVADOR (1994) an die Untergrenze der Schicht 6 gelegt werden. Die Schichten 1 bis 5 werden demnach in die *Planorbulina*-Zone eingestuft, die Schichten 6 bis 11 in die Milioliden-Zone. Die Schichten 12 und 13 enthalten eine rupelische Foraminiferenfauna, die ausschließlich aus Durchläuferformen ohne Häufigkeitsmaxima einzelner Arten besteht.

*Planorbulina* besiedelt als Substratopportunist mit anderen Foraminiferen alle möglichen Untergründe (siehe S. 20), von Steinen angefangen über Hartteile von Organismen (Muschelschalen, Bryozoen, Korallen) bis zu Wasserpflanzen (Tange etc.) und ist daher sowohl in kiesigen Partien als auch in sandigen Lagen (z. B. in Wöllstein und am Steigerberg) verbreitet. Die Art ist in allen Meeressandvorkommen mit erhaltener Foraminiferenfauna zu finden und tritt auch im Fischschiefer FS 2 auf (K. GRIMM 1994). Zudem sind in der Sandgrube „Faber“ auch in den höhergelegenen sandigen Schichten Häufigkeitsmaxima bei anderen festgewachsenen Foraminiferen vorhanden. Das Substratangebot für *Planorbulina* war also oft ausreichend. Das häufige Auftreten von *Planorbulina difformis* im Basisbereich des Meeressandes ist daher nicht nur durch ein vermehrtes Angebot an besiedelbarem Hartsubstrat zu erklären.

Die *Planorbulina*- und Milioliden-Zone sind sicher nicht überregional verwendbar, können aber im Mainzer Becken zur Korrelation der Meeressandvorkommen benutzt werden und sind auch mit dem Rupelton (K. GRIMM 1998) korrelierbar. Die Grenze der *Planorbulina*-Zone zur Milioliden-Zone im Meeressand wird durch K. GRIMM (1998) mit der Grenze Fischschiefer A/B (= FS 3/4) im Rupelton korreliert. Demnach ist das Meeressandvorkommen in Siefersheim dem Mittleren Rupelton (Fischschiefer A und B) gleichzusetzen.

Über die biostratigraphische Einstufung auf der Grundlage von Foraminiferen kann die Sandgrube „Faber“ bei Siefersheim mit anderen bekannten Meeressandvorkommen korreliert werden (vgl. Abb. 3). Aufgrund der paläogeographischen Lage werden als Vergleichsprofile ein 2,75 km im ESE gelegenes Profil in der Sandgrube am Steigerberg bei Eckelsheim und ein 1,5 km nordwestlich gelegenes Profil in der Sandgrube „Müller

Milioliden-Zone

Planorbulina-Zone

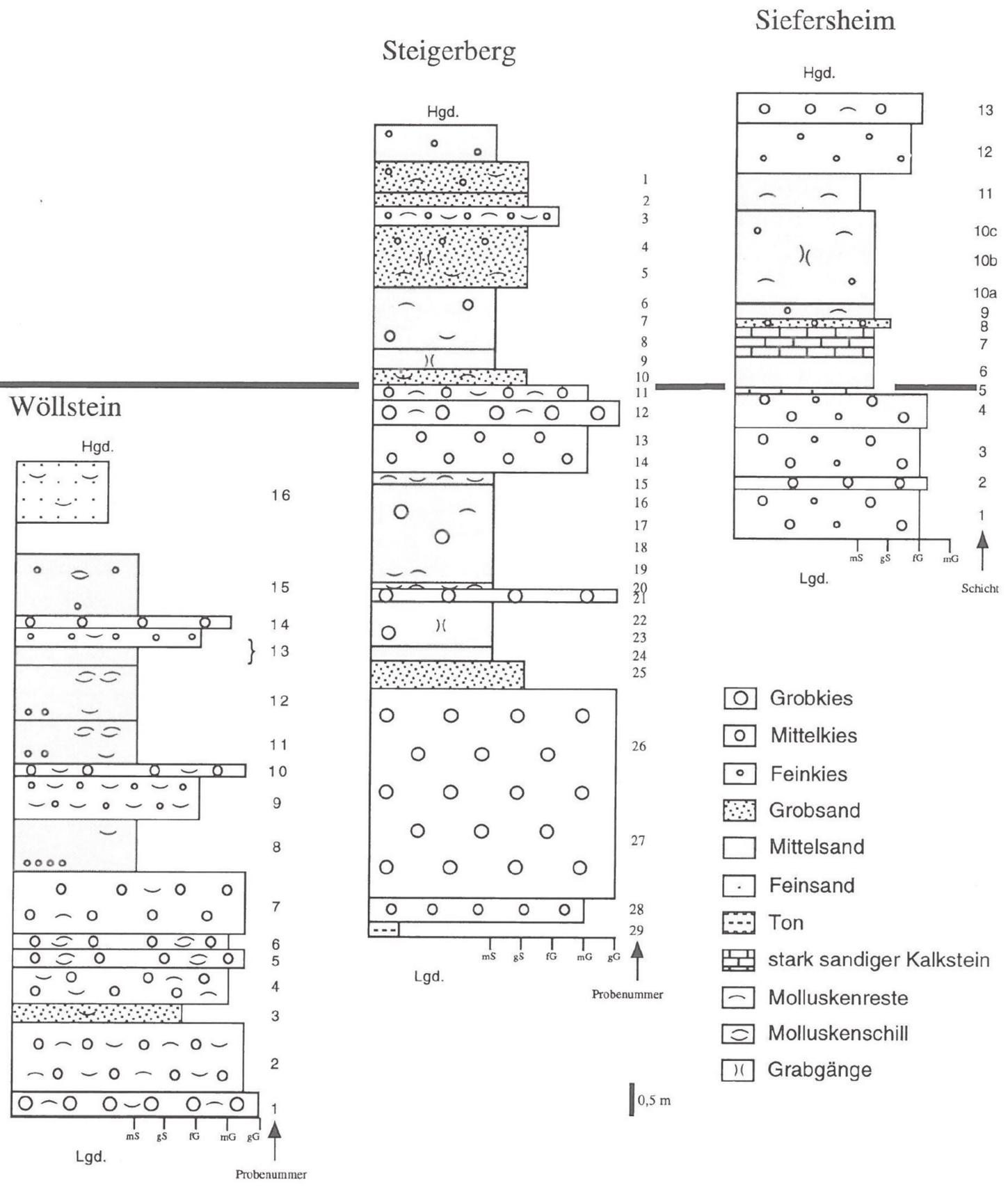


Abb. 3: Biostratigraphische Korrelation der Sandgrube „Faber“ bei Siefersheim mit den benachbarten Sandgruben „Müller & Schmidt“ bei Wöllstein und Steigerberg bei Eckelsheim (Abkürzungen wie bei Abb. 2).

& Schmidt“ in Wöllstein ausgewählt (Abb. 1). Die Wöllsteiner Sandgrube liegt, wie die Sandgrube „Faber“, an der Horn-Insel, aber an deren Nordende, die Sandgrube am Steigerberg auf der Ostseite der benachbarten Wonsheimer Bucht. Am Steigerberg liegt das Meeressandvorkommen in Höhenlagen zwischen 155 und ca. 210 m NN. Das dort ausgewählte Vergleichsprofil liegt bei etwa 175 bis 192 m NN, also in etwa in gleicher Hangposition wie die Sandgrube „Faber“ in Siefersheim. Die Grenze *Planorbulina*-Zone/Miloiden-Zone kommt dort in einer Höhenlage von etwa 182 m NN zu liegen. In der Sandgrube „Faber“ liegt sie bei etwa 193 m NN und somit nur unwesentlich höher (dort war die Wassertiefe auch geringer). Die Annahme von K. GRIMM (1991), dass sich zwischen dem Steigerberg und der Martinsberginsel und der Sandgrube Siefersheim keine posttrupelische Störung befindet, wird damit bestätigt. Berücksichtigt man die Lage der Grenze Fischechiefer A/B (bzw. FS 3/4) in den innerhalb der Wonsheimer Bucht gelegenen Bohrungen KF 5 und KF 16 und den davor gelegenen Bohrungen KH 14 und EH 1 nach K. GRIMM (1991, 1994, vgl. Abb. 1), so ergeben sich für die Wassertiefe in der Wonsheimer Bucht Werte von 55 bis 56 m, nördlich der Bucht fiel der Meeresboden jedoch auf Tiefen von 83 bis 116 m ab. Die in K. GRIMM (1991, Abb. 15) angenommenen Wassertiefen können somit bestätigt werden.

Das Meeressandvorkommen der Sandgrube „Müller & Schmidt“ in Wöllstein liegt auf einer Höhe zwischen etwa 146 und 156 m NN und somit rund 50 m tiefer als das der Sandgrube „Faber“ und sollte somit auch ältere Teile des Meeressandes aufschließen. Aufgrund der biostratigraphischen Korrelation ist der Meeressand der Sandgrube „Müller & Schmidt“ tatsächlich älter und gehört vollständig in die *Planorbulina*-Zone.

### Schriften

- BOBIES, C. A. (1958): Bryozoenstudien III/1. Die Crisiidae (Bryozoa) des Torton im Wiener Becken. – Jb. Geol. Bundesanstalt, **101** (1), S. 147–165, Taf. 13–15, Wien.
- BOY, J. A. (1982): Kurzführer durch die Erdgeschichtliche Sammlung des Museums Alzey. 12 S., Alzey – [unveröff.]
- CREMONA, J. (1988): A field atlas of the seashore. 100 S., 21 Abb., Cambridge.
- DOEBL, F. & SONNE, V. (1973): Mikrofauna und -flora des Unteren Meeressandes (Rupel), 1. Sandgrube am Steigerberg bei Wendelsheim (Mainzer Becken), a) Aufschluss und Fossilinhalt. – Mainzer geowiss. Mitt., **2**, S. 27–33, 1 Abb., Mainz.
- DOEBL, F. & SONNE, V. (1974): Mikrofauna und -flora des Unteren Meeressandes (Rupel), 1. Sandgrube am Steigerberg bei Wendelsheim (Mainzer Becken), b) Foraminiferen und Nannoplankton. – Mainzer geowiss. Mitt., **3**, S. 13–67, 2 Tab., 10 Taf., Mainz.
- DOEBL, F. & SONNE, V. (1975): Mikrofauna und -flora des Unteren Meeressandes (Rupel), 1. Sandgrube am Steigerberg bei Wendelsheim (Mainzer Becken) c. Ostrakoden. – Mainzer geowiss. Mitt., **4**, S. 139–157, 1 Tab., 3 Taf., Mainz.
- DOEBL, F. & MARTINI, E. & SONNE, V. & WEILER, H. (1980): Mikrofauna und -flora des Unteren Meeressandes (Rupel), 2. Sandgrube am „Zeilstück“ bei Alzey-Weinheim (Mainzer Becken). – Mainzer geowiss. Mitt., **8**, S. 31–71, 14 Abb., 6 Tab., Mainz.
- DUNHAM, R. J. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture. – In: HAM, W. E. (ed.): Classification of carbonate rocks. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem., **1**, S. 108–121, 7 Taf., 1 Tab., Tulsa.
- FLÜGEL, E. (1978): Mikrofazielle Untersuchungsmethoden von Kalken. 454 S., 68 Abb., 57 Tab., 33 Taf., (Springer) Berlin, Heidelberg, New York.
- FOLK, R. L. & WARD, W. C. (1957): Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. – J. sediment. Petrol., **27** (1), S. 3–26, 19 Abb., Tulsa.

- FÜCHTBAUER, H. (1959): Zur Nomenklatur der Sedimentgesteine. – Erdöl u. Kohle, **12**, S. 605–613, 7 Abb., 2 Taf., Hamburg.
- GRIMM, K. I. (1991): Biostratigraphie, Paläogeographie und Paläoökologie des Fischeschiefers (Mittlerer Rupelton/Mitteloligozän) im Mainzer Becken. – Mainzer geowiss. Mitt., **20**, S. 249–278, 15 Abb., 2 Taf., Mainz.
- (1994): Paläoökologie, Paläogeographie und Stratigraphie im Mainzer Becken, im Oberrheingraben, in der Hessischen Senke und in der Leipziger Bucht während des Mittleren Rupeltons (Fischeschiefer / Rupelium / Unteroligozän). – Mitt. Pollichia, **81**, S. 7–193, 32 Abb., 2 Tab., 5 Taf., 36 Anlagen, Bad Dürkheim.
- (1997): *Pseudarcella rhumbleri* SPANDEL, 1909 (Tintinnina) aus dem Rupelium (Oligozän) des Mainzer Beckens. – Mitt. Bayer. Staatslg. Paläont. hist. Geol., **37**, S. 3–7., 1 Abb., München.
- (1998): Correlation of Rupelian coastal and basin facies in the Mainz Basin (Oligocene, Germany). – N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1998** (3), S. 146–156, 4 Abb., Stuttgart.
- GRIMM, M. C. (1998a): Systematik und Paläoökologie der Buchiolinae nov. subfam. (Cardiolidae, Arcoida, Lamellibranchiata, Devon). – Schweiz. Paäont. Abh., **118**, 135 S., 32 Abb., 15 Tab., 9 Taf., 24 Anlagen, Basel.
- (1998b): Frasnian inarticulate Brachiopoda of the Budesheim Syncline (Eifel/Germany), of the Saxony Vogtland (Germany) and the Ardennes (Belgium and Northern France). – Senck. leth., **77** (1/2), S. 73–85, 5 Abb., 1 Tab., 1 Taf., Frankfurt a. M.
- HARTKOPF, C. & STAPF, K. R. G. (1983): Sedimentologie des Unteren Meeressandes (Rupelium, Tertiär) an Inselstränden im W-Teil des Mainzer Beckens (SW-Deutschland). – Mitt. Pollichia, **71**, S. 5–106, 53 Abb., 6 Tab., Bad Dürkheim.
- HOCHT, F. von der (1986): Bestandsaufnahme der Brachiopoden, Amphineuren, Cirripedier, Dekapoden, Echinodermen und Chondrichthyes im „prä-aquitanen“ Tertiär des Mainzer Beckens. – Mainzer geowiss. Mitt., **15**, S. 207–214, 5 Tab., Mainz.
- ICZN (1987): Opinion 1459. *Carcharias* RAFINESQUE 1810 (Chondrichthyes, Lamniformes): conserved. – Bull. Zool. Nomencl., **44**, S. 216–217, London.
- JONES, R. W. & CHARNOCK, M. A. (1985): „Morphogroups“ of agglutinating foraminifera. Their life positions and feeding habits and potential applicability in (paleo)ecological studies. – Rev. Paléobiol., **4**, 2, S. 311–320, 3 Abb., 1 Tab., Genève.
- KUSTER-WENDENBURG, E. (1974): Fazielle, biostratonomische und feinstratigraphische Untersuchungen dreier Meeressandvorkommen (Rupelium) im Mainzer Tertiärbecken. – Geol. Jb., **A 22**, S. 107 S., 65 Abb., 16 Tab., Hannover.
- LORENZ, V. (1973): Zur Altersfrage des Kreuznacher Rhyolithes unter besonderer Berücksichtigung der Stratigraphie und Überschiebungstektonik in seiner südlichen Umrandung (Saar-Nahe-Gebiet, SW-Deutschland). – N. Jb. Geol., Paläont. Abh., **142** (2), S. 139–164, 8 Abb., (Schweizerbart) Stuttgart.
- MÜLLER, G. & GASTNER, M. (1971): The „Karbonat-Bombe“, a simple device for the carbonate content in sediments, soils, and other materials. – N. Jb. Mineral. Mh., **1971** (10), S. 466–469, 1 Abb., (Schweizerbart) Stuttgart.
- MÜLLER, H. (1983): Fische Europas. 320 S., 781 Abb. (Enke), Stuttgart.
- PETTIJOHN, F.J. (1957): Sedimentary rocks. 2. Auflage, 718 S., 173 Abb., 119 Tab., 40 Taf., (Harper & Row) New York.
- REINECK, H.-E. & DÖRJES, J. (1976): Geologisch-biologische Untersuchung an Geröllstränden und -vorstränden der Costa Brava, Mittelmeer. – Senck. marit., **8** (1/3), S. 111–153, 7 Abb., 4 Tab., 7 Taf., Frankfurt a. M.
- REINECK, H.-E. & SINGH, I. B. (1980): Depositional sedimentary environments. 2. Auflage, 549 S., 683 Abb., 38 Tab., (Springer) Berlin, Heidelberg, New York.

- REUSS, A. E. (1864): Über Anthozoen und Bryozoen des Mainzer Tertiärbeckens. – Sitz.-Ber. k. Akad. Wiss. Wien, Math. naturwiss. Cl. (1), **50**, S. 197–210, 3 Taf., Wien.
- RICHTER, D. K. (1974): Entstehung und Diagenese der devonischen und permotriassischen Dolomite in der Eifel. – *Contr. Sedimentology*, **2**, 101 S., 48 Abb., 3 Tab., (Schweizerbart) Stuttgart.
- ROTHER, P. & KOCH, R. & SCHÄFER, P. (1997): Tertiary carbonate deposits in the northwestern Rhinegraben (Mainz Basin): biostratigraphy, facies and diagenesis. – 18th IAS Regional European Meeting of Sedimentology, Heidelberg September 2–4th, 1997, Excursion B 8, *Gaea heidelbergensis*, **4**, S. 169–182, 9 Abb., Heidelberg.
- SALVADOR, A. (1994): *International Stratigraphic Guide*. 214 S., 15 Abb., Boulder, Colorado.
- SCHOPP, H. (1888): Der Meeressand zwischen Alzey und Kreuznach. – *Abh. hess. geol. Landesamt*, **1888**, S. 341–392, 2 Taf., Darmstadt.
- (1913): Erläuterungen zur geologischen Karte des Großherzogtums Hessen 1:25 000, Blatt Fürfeld. 69 S., Darmstadt.
- SCOTT, R. W. (1976): Trophic classification of benthic communities. – In: SCOTT, R. W. & WEST, R. R. [eds.]: *Structure and classification of paleocommunities*. S. 29–66, 10 Abb., 2 Tab. (Dowden, Hutchinson & Ross), Stroudsburg.
- SONNE, V. (1958): Obermitteloligozäne Ablagerungen im Küstenraum des nordwestlichen Mainzer Beckens (mit besonderer Würdigung des „Zeilstücks“ bei Weinheim/Rhh.). – *Notizbl. hess. Landesamt Bodenforsch.*, **86**, S. 281–315, 9 Abb., Wiesbaden.
- (1967): Die erdgeschichtlichen Naturdenkmäler des Kreises Alzey. II. Steinbruch an der Neumühle bei Weinheim. – *Alzeier Geschichtsbl.*, **4**, S. 132–137, 1 Abb., Alzey.
- (1970): Das nördliche Mainzer Becken im Alttertiär; Betrachtungen zur Paläogeographie, Paläogeographie und Tektonik. – *Oberrhein. geol. Abh.*, **19**, S. 1–28, 12 Abb., 1 Tab., Karlsruhe.
- SPANDEL, E. (1909): Der Rupelton des Mainzer Beckens, seine Abteilungen und deren Foraminiferenfauna, sowie einige weitere geologisch-paläontologische Mitteilungen über das Mainzer Becken. – *Jb. Verein Naturkde. Offenbach*, **50**, S. 1–174, Offenbach a. M.
- STACH, L. W. (1936): Correlation of zoarial form and habitat. – *J. Geol.*, **44** (1), S. 60–65, 1 Abb., Chicago.
- STANLEY, S. M. (1970): Relations of shell form to life habits of the Bivalvia (Mollusca). – *Geol. Soc. America, Mem.*, **125**, 296 S., 48 Abb., 7 Tab., 40 Taf., Boulder, Colorado.
- VÁVRA, N. (1983): Bryozoen aus dem Unteren Meeressand (Mitteloligozän) von Eckelsheim (Mainzer Becken, Bundesrepublik Deutschland). – *Mainzer naturw. Archiv.*, **21**, S. 67–123, 2 Abb., 1 Tab., 8 Taf., Mainz.
- (1984): Bryozoen im „prä-aquitane“ Tertiär des Mainzer Beckens. – *Mainzer geowiss. Mitt.*, **13**, S. 233–236, Mainz.
- (1988): *Filicrisia geniculata* (MILNE-EDWARDS, 1838) – Crisiidae, Cyclostomata, Bryozoa – aus dem Kalktertiär (Oberoligozän – Untermiozän) des Mainzer Beckens. – *Geol. Jb.*, **A 110**, S. 359–369, 1 Tab., 1 Taf., Hannover.
- WALKER, K. R. (1972): Trophic analysis: a method for studying the function on ancient communities. – *J. Paleont.*, **46** (1), S. 82–93, 11 Tab., Tulsa.
- WALKER, K. R. & BAMBACH, R. K. (1974): Analysis of communities. – In: ZIEGLER, A. M. & WALKER, K. R. & ANDERSON, E. J. & KAUFFMAN, E. G. & GINSBURG, R. N. & JAMES, N. P. (eds.): *Principles of benthic community analysis*. *Sedimenta*, **4**, S. 2.1–2.20, 11 Abb., 3 Tab., Miami.
- WHATLEY, R. C. (1988): Ostracoda and palaeogeography. – In: DE DECKKER, P. & COLIN, J.-P. & PEYPOUQUET, J.-P. (1988) (eds): *Ostracoda in earth Sciences*. S. 103–123, 2 Abb., (Elsevier) Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo.

WRAY, J. L. (1977): Calcareous algae. – *Developments in Palaeontology and Stratigraphy*, 4, S. 1–185, 170 Abb., (Elsevier) Amsterdam, Oxford, New York.

Anschriften der Autoren:

Dr. KIRSTEN I. GRIMM, Johannes Gutenberg-Universität, Institut für Geowissenschaften, Lehrereinheit Paläontologie, D-55099 Mainz; e-mail: kgrimm@mail.uni-mainz.de.

Dr. MATTHIAS C. GRIMM, Eduard-Frank-Straße 12, D-55122 Mainz.

Diplom-Geologe THOMAS SCHINDLER, Paläontologisches Institut der Universität Bonn, Nußallee 8, D-53115 Bonn.

Manuskript eingegangen am 21. 12. 1998