

## Ein Grünsandvorkommen im Verzahnungsbereich Meeressand/Rupelton am Südost-Rand des Kreuznacher Rhyolithmassivs bei Fürfeld (Rupelium, Unteroligozän, Mainzer Becken)

MATTHIAS C. GRIMM & THOMAS SCHINDLER

**Kurzfassung:** Im Westen von Fürfeld wird ein 2,35 m mächtiges Profil mit Grünsanden beschrieben und sedimentpetrographisch sowie paläoökologisch untersucht. Innerhalb des Grünsands ist ein pelitischer Bereich eingeschaltet, in dem eine fossilführende Mergelsteinlage auftritt. Das Profil schließt rupelische Meeressande in Verzahnung mit Peliten auf. Es ist mit dem Grenzbereich Fischschiefer (= Mittlerer Rupelton) zu Oberem Rupelton korrelierbar. Die Küste lag ca. 800 m weiter nördlich. Der pelitische Bereich repräsentiert stabile Küstenbedingungen während einer Stillstandsphase der Rupeltransgression zur Ablagerungszeit des höheren Fischschiefer. Dabei stellten sich in der flachen Fürfelder Bucht dysaerobe Bodenverhältnisse ein, die zu einer eingeschränkten mixotrophen Lucinidenfauna führten. Die Überlagerung durch Grünsand erfolgte durch Sedimentaufarbeitung zu Beginn der Transgression des Oberen Rupelton-Meeres.

**Abstract:** In the southwestern part of the Mainz basin near Fürfeld a small outcrop of Palaeogene sediments was exposed during road works. It is situated in the so called Fürfeld bay and contains an alternation of greensand with pelitic sediment. Within the pelitic sediment an intercalated marlstone layer bears bivalves and fish remains. The sequence represents the transition between the marine coastal sand and the basin clay of the Rupelian. The Fischschiefer (= M.Rupelton)/Upper Rupelton boundary is situated within the section. At depositional time the coast was situated 800 m to the north. The pelitic sediment is formed under stable coastal environment during sedimentation of the late Fischschiefer. Dysaerobic soupground led to a mixotrophic lucinid shell fauna. The overlying greensand represents reworking of sediment during the beginning of the Upper Rupelton transgression.

### 1. Einleitung

Beim Ausbau der Bundesstraße 420 wurde im Herbst 1995 im Nordwesten von Fürfeld auf etwa 300 m Länge ein geringmächtiges Vorkommen von horizontal gelagertem rupelischem Meeressand in Verzahnung mit Rupelton aufgeschlossen. Es unterscheidet sich durch seine grünliche Färbung und eine im tieferen Teil eingeschaltete karbonatische Siltsteinlage deutlich von den bisher bekannten Vorkommen des „Unteren Meeressandes“ am Westrand des Mainzer Beckens. Dieses „Grünsand“-Vorkommen liegt am Südost-Rand des Kreuznacher Rhyolithmassivs, in einer Höhe von 235 m NN in einer flachen Bucht zwischen den Rhyolithkuppen des Eichelbergs im Nordosten, des Otterberges im Norden und der Streng im Nordwesten. Im Westen, Süden, und Osten wird die Bucht durch Arkosen und Andesitdecken der Donnersberg Formation begrenzt (SCHOPP 1913, REIS 1925). Im Bereich des Straßenanschnitts besteht das Liegende der

Sande ebenfalls aus verwitterten Arkosen der Donnersberg-Formation (SCHOPP 1894, 1913; REIS 1925; LORENZ 1973). Nur ca. 100 m südwestlich verläuft der Ausbiss eines Andesitvorkommens. Südlich davon steigt das Gelände allmählich an. Es besteht hier aus Sedimenten des unteren und oberen Rotliegend und wird im Bereich des Kreuzgrund von mächtigem Meeressand bedeckt. Die „Fürfelder Bucht“ kann als westlichster Ausläufer der Wonsheimer Bucht nach GRIMM (1991) betrachtet werden. Zur Ablagezeit des untersuchten Profils bestand keine Verbindung nach Westen (Hochstättenstraße nach SONNE 1958). Nach Nordosten bestand ein schmaler, tiefer Durchlass zur Kreuznacher Bucht, nach Osten ein breiter und ebenfalls tiefer Übergang zum Zentrum der Wonsheimer Bucht (Abb. 1).

Wir danken Frau Dr. K. I. GRIMM und Frau Dr. K. SCHINDLER für die Hilfe bei den Geländearbeiten und Herrn Prof. Dr. W. HOFMEISTER (alle Institut für Geowissenschaften der Universität Mainz) für die Durchführung von Röntgendiffraktometeranalysen.

## 2. Petrographie des Grünsandvorkommens und seiner Umgebungsgesteine

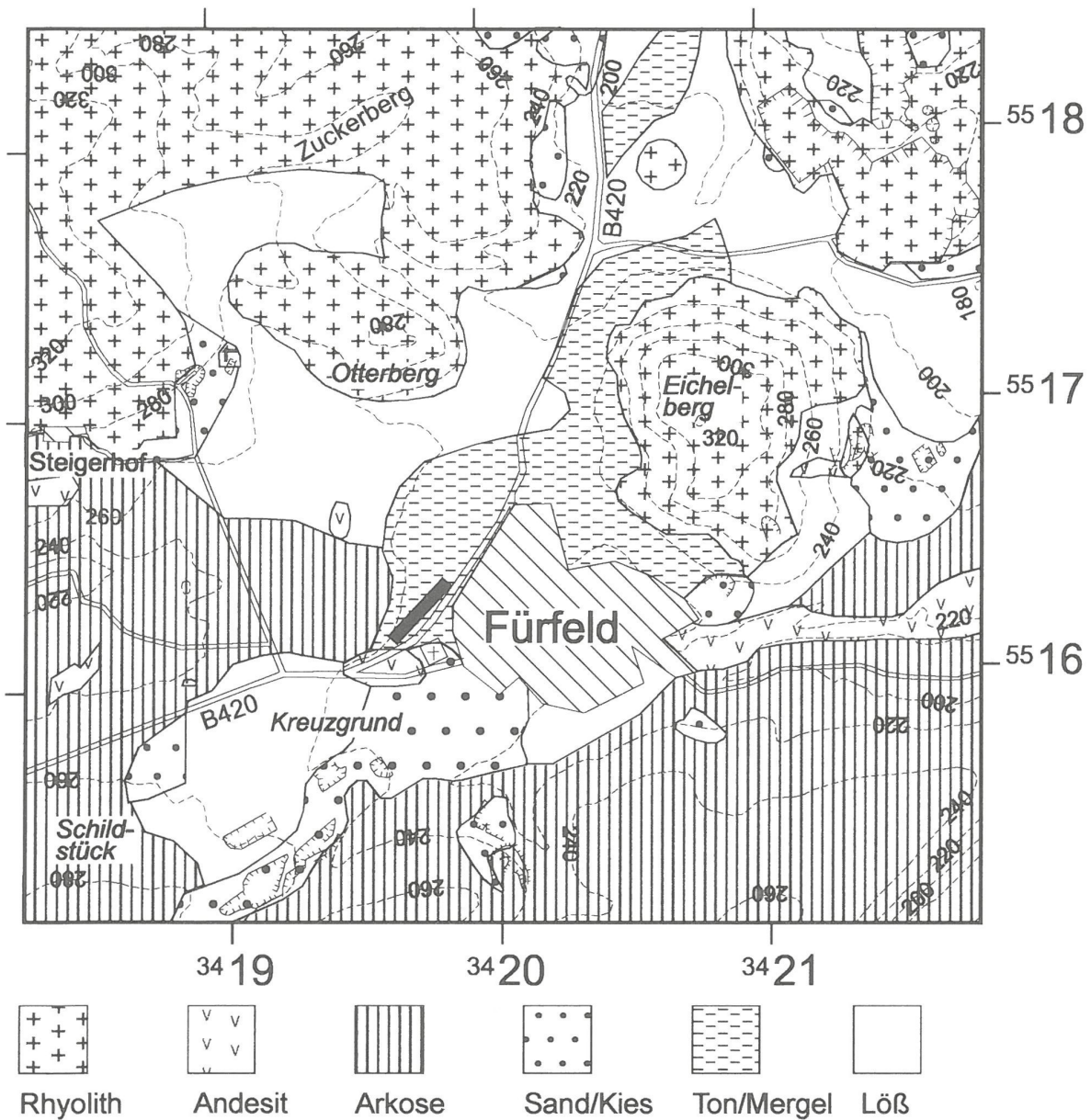
Das Grünsandvorkommen ist genetisch an die umgebenden Gesteine des Rotliegend geknüpft. Das Liegende des untersuchten Vorkommens besteht im Aufschluss der Straßenböschung an der B 420 bei Fürfeld aus einer mittel- bis grobsandigen Arkose der Donnersberg-Formation. Der Kornverband der rosabraunen bis graubraunen Arkose ist durch die Verwitterung so stark gelöst, dass das Gestein stark absandet und leicht auseinanderfällt. Dennoch enthält die Arkose – neben ungerundeten Quarz-, Quarzit-, Kiesel-schiefer- und Grünschieferbruchstücken sowie wenig Hellglimmerplättchen – reichlich unverwitterten, detritischen, rosafarbenen Kalifeldspat und farblosen bis weißen Albit sowie Plagioklase (mit z.T. erkennbarer polysynthetischer Verzwilligung). Man kann davon ausgehen, dass die Arkose keiner intensiven, tiefgründigen, chemischen, präoligozänen Verwitterung ausgesetzt war. Der nur 100 m entfernt anstehende Andesit ist als Mandelstein ausgebildet. Die Blasen Hohlräume sind überwiegend mit Kalzit, Quarz und Achat verfüllt. Die Einsprenglinge in der Grundmasse sind noch gut erkennbar, jedoch ist das Gestein relativ mürbe. Das nächste Rhyolithvorkommen (am Otterberg) ist ca. 800 m entfernt. Am benachbarten Steigerheck besteht das Gestein aus einem rosagrauen Rhyolith mit dichter Grundmasse und zahlreichen Einsprenglingen von Orthoklas, Biotit und Hochquarz. Die Gesteine des Otter- und des Eichelberges sind geringfügig anders zusammengesetzt, da es sich bereits um den effusiven Anteil des Kreuznacher Rhyoliths handelt (LORENZ 1973).

Die Sedimente des Straßenprofils besitzen eine maximale Mächtigkeit von ca. 3,5 m. Die lichtgrüne bis olivgrüne Färbung des Sandes geht auf feinverteilten Glaukonit und grüne Gesteinsbruchstücke zurück. Der Sand kann als Grünsand bezeichnet werden.

An der aufgeschlossenen Böschung der Straßenbaustelle wurde das folgende 2,35 m mächtige Profil aufgenommen und schichtweise beprobt (vgl. Abb. 2):

Hangendes	Bodenbildung mit Wurzelröhren
1,10 m	Mittelsand, oliv, mit vereinzelt fingerdicken Grabgängen (F6-F8)
0,36 m	toniger Mittelsand, oliv- bis lichtgrün, mit wenigen fingerdicken Grabgängen, Sandgehalt zum Top hin zunehmend (F5)
0,36 m	stark sandiger Ton, oliv- bis lichtgrün, mit fingerdicken Grabgängen, die mit ockerfarbenem Mittelsand verfüllt sind, in dünn-schichtiger Wechsellagerung mit olivfarbenem Mittelsand (F4)
0,18 m	mergeliger Siltstein bis stark siltiger Mergelstein, fein geschichtet, ockerfarben, hart, riecht beim Anschlagen teilweise nach H <sub>2</sub> S, mit Schleifmarken, Pflanzenresten, fingerdicken Grabgängen, Muschelabdrücken

- und Fischresten, stark verwitterte Partien gehen in hellbraunen Silt über (F3)
- 0,05 m siltiger Ton, lichtgrün, mit fingerdicken Grabgängen; die Grabgänge sind partiell verkalkt und mit rotbraunem Sand verfüllt (F2)
- 0,30 m Mittelsand, helloliv (F1)
- Liegendes zersetzte Arkose der Donnersberg-Formation



Perm: Autunium/Saxonium      Paläogen: Rupelium      Quartär

Abb. 1: Geologische Karte von Fürfeld und Umgebung (Topographie nach TK 25, Blatt 6213 Kriegsfeld, Geologie nach SCHOPP 1913, REIS 1925 und LORENZ 1973). Der schwarze Balken markiert die Lage des Straßenanschnitts von 1995.

Die entnommenen Proben F1 bis F8 wurden granulometrisch untersucht (Nasssiebung, Kornanalyse nach DIN 4022). Von der Kies- und Sandfraktion wurden Streupräparate angefertigt und am Stereomikroskop petrographisch ausgewertet. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Abb. 2 dargestellt. Weiterhin wurden die Pelitfraktionen von zwei ausgewählte Proben (F2 und F8) röntgendiffraktometrisch untersucht.

Der Grünsand enthält außer Glaukonit keine authigenen Komponenten. Der detritische Anteil des Sandes besteht aus Quarz, Feldspat, sehr wenig Hellglimmer und diversen Lithoklasten. Der Quarzanteil des Sandes beträgt zwischen 64 und 88 Vol.-%. Bereits durch HARTKOPF & STAPF (1983) wurde durch Bestrahlungsmethoden festgestellt, dass im Meeressand von Wöllstein und vom Steigerberg bei Eckelsheim neben Gangquarzen und anderen Niedrigquarzkomponenten Quarze auftreten, die auf Hochquarzeinsprenglinge aus den Rhyolithen zurückgehen. Im Grünsand des untersuchten Profils treten ebenfalls Hochquarzkomponenten auf. Sie sind leicht an der charakteristischen Kristallform der hexagonalen Bipyramide zu erkennen, die häufig rissig-trüb und leicht abgerundet sind. Sie unterscheiden sich damit deutlich von den schlecht- bis ungerundeten Milchquarzen und wasserklaren Quarzen, die den überwiegenden Anteil der Komponenten im Grünsand bilden. Der Anteil des Rhyolithquarzes gegenüber den übrigen Komponenten wurde in Abb.2 dargestellt. Er ist am niedrigsten in den Proben F1 und F2 (0,33-0,48 Vol.-%) und am höchsten in der Probe F7 (23,57 Vol.-%). Ausser den Tiefquarz- und Hochquarzkomponenten treten in den Proben F5 und F7 als akzessorische Gemengteile Achat-Chalzedonstückchen auf. Neben Quarz bilden detritische Feldspäte eine weitere charakteristische Komponente. Bei den Feldspäten sind fleischfarbene Spaltstücke von Kalifeldspäten am häufigsten, seltener treten auch idiomorphe und hypidiomorphe Kalifeldspatkristalle auf. Sie sind z.T. gut gerundet, dann aber wieder zerbrochen. Neben den fleischfarbenen Feldspäten treten wenige weiße Plagioklase mit polysynthetischer Verzwilligung auf. Die Feldspäte erreichen, außer in den Grabgängen in der mergeligen Siltsteinbank (F3= 2,4 Vol.-%), einen Anteil von 4,5 bis 10,3 Vol.-%. Hellglimmerplättchen treten in den untersuchten Proben ganz vereinzelt in der Feinsandfraktion auf. Wahrscheinlich handelt es sich um gebleichte Biotite.

Bei den Korngrößenuntersuchungen fiel auf, dass die im Gelände als Mittelsande angesprochenen Grünsandlagen (Proben F1 und F5 bis F8) mit 25 bis 46 Gew.-% einen sehr hohen Grobton- und Schluffanteil besitzen. Die röntgendiffraktometrische Untersuchung der Pelitfraktionen der Proben F2 und F6 ergab, dass diese zwischen 60 und 80 Gew.-% Quarz und an Tonmineralen nur Kaolinit (10-30 Gew.-%) und Illit (5-15 Gew.-%) enthalten. Dabei ist in der Probe F2 der Tonmineralegehalt höher als in der Probe F6. Der Kaolinit geht sicherlich auf die Verwitterung der Rhyolithe zurück. Der Illit dagegen ist sehr wahrscheinlich kein degenerierter Glimmer, sondern ein unter Kaliumzufuhr illitisierter Smektit. Smektite wiederum bilden sich z.B. bei der Verwitterung aus intermediären Vulkaniten (HEIM 1990), die ja im unmittelbaren Umfeld anstehen.

Bei den petrographischen Untersuchungen wurde festgestellt, dass ein hoher Anteil der Lithoklasten im Profil aus weißen bis ockerbeigen Siltsteinklasten in der Sand- bis Feinkiesfraktion bestand. Diese Lithoklasten werden als intraformationelle Gerölle gedeutet und in Abb.2 als Mudpebbles bezeichnet. Ihr Anteil an den Lithoklasten ist besonders hoch im Bereich der Proben F2 und F4. Ein Großteil des Pelitanteil in den Grünsandlagen geht wahrscheinlich auf solche aufgelösten unverfestigten Mudpebbles zurück. In Abb. 2 sind lediglich die Anteile der noch erhaltenen Mudpebbles in der Sandfraktion eingetragen.

Neben den Mudpebbles treten bei den Lithoklasten ausschließlich Extraklasten auf, die überwiegend durch Aufarbeitung aus der unterlagernden Arkose hervorgehen.

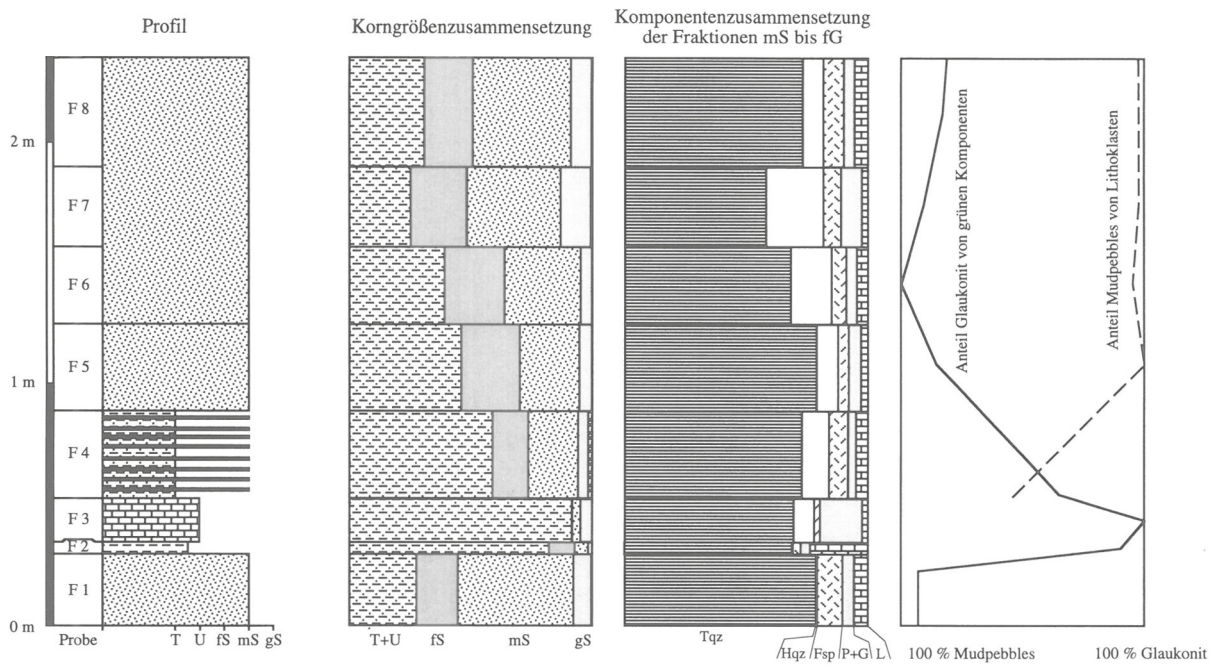


Abb. 2: Profil des Straßenanschnitts im Westen von Fürfeld (Abkürzungen T = Ton, U = Silt, fS = Feinsand, mS = Mittelsand, gS = Grobsand, fG = Feinkies, Tqz = Tiefquarz, Hqz = Hochquarz, Fsp = Feldspat, P+G = Phyllit und Glaukonit, L = Lithoklasten).

Es handelt sich dabei um gut gerundete Quarzit- und Lyditkomponenten, um mäßig gerundete bis ungerundete Phyllit- und Grünschieferkomponenten und vereinzelt um mäßig gerundete Granitkomponenten. In nahezu allen Proben treten ungerundete Rhyolithsplitter auf, die jedoch nur maximal 1 Vol.-% des Gesteins ausmachen.

Im unteren Profilmeter ist innerhalb des Grünsandes ein ca. 0,6 m mächtiger stark tonig-siltiger Bereich eingeschaltet. Innerhalb der pelitischen Einschaltung liegt eine feste 0,18 m mächtige ockerfarbene karbonatische Siltsteinbank, die horizontbeständig über die gesamte Aufschlusslänge verfolgbar war. Sie besteht zu 25 % aus Kalzit und enthält keinen Dolomit oder andere Karbonate (Bestimmung mit Karbonatbombe nach MÜLLER & GASTNER 1971). Die gesamte Einschaltung innerhalb des Grünsandes ist mäßig stark bioturbiert. Die Grabgänge sind mit Mittelsand gefüllt, der petrographisch den überlagernden Grünsandlagen ähnelt. Sie sind besonders reich an Glaukonit. In der karbonatischen Siltsteinbank treten in den sandgefüllten Grabgängen bis maximal 17,5 Vol.-% Glaukonit auf. In den unterlagernden und überlagernden Grünsanden beträgt der Glaukonitgehalt dagegen nur max. 2 Vol.-%. Zusätzlich sind jedoch bis zu 7,8 Vol.-% grüne Gesteinsbruchstücke vorhanden (Phyllite bis Grünschiefer). Diese Gesteinsbruchstücke gleichen in ihrer Form, Größe und petrographischen Zusammensetzung den grünen Gesteinsbruchstücken in der liegenden Arkose und unterscheiden sich durch ihre Schieferung und ihren Metamorphosegrad von dem durch SCHINDLER & GRIMM (1993) beschriebenen Phyllitblock aus dem Unteren Meeressand vom Steigerberg bei Eckelsheim. Der Glaukonit in dem Grünsand bildet kleine Butzen und Aggregate, die aufgrund ihrer Form eventuell teilweise auf Kammerausfüllungen von Foraminiferen zurückzuführen sind. Nach HELING (1988) entsteht Glaukonit dann, wenn drei Grundbedingungen erfüllt sind: Vorhandensein eines degenerierten 2:1 Schichtsilikats (z.B. Muskovit, Illit) als Ausgangsmineral, reichliche Zufuhr von Eisen und Kalium und ein schwach negatives Redoxpotential. Nach HEIM (1990) kann Glaukonit aufgrund von Spurenelementuntersuchungen und der Kristallchemie dagegen nicht auf detritische Illite zurückgeführt werden. Im untersuchten Grünsand ist auch in den Proben mit wenig Glaukonit kaum detritischer Hellglimmer festzustellen. Weiterhin fehlt dieser weitgehend auch in den unterlagernden Arkosen. Allenfalls aus dem Rhyolith können gebleichte Biotite hergeleitet werden. Aufgrund der Kristallchemie kommen sie jedoch nicht als Ausgangsminerale für die Glaukonitbildung in Frage. Die Zufuhr von Kalium kann auf kaliumhaltige Verwitterungslösungen aus dem Rhyolith (Kaolinitisierung der Matrix und von Orthoklaseinsprenglingen) zurückgeführt werden. Dies ist wahrscheinlich auch der Grund warum die Kalifeldspäte im Grünsand weder bei der präoligozänen Verwitterung noch später chemisch angegriffen wurden, obwohl in der Pelitfraktion Kaolinit auftritt. Weiterhin kann damit auch der Illitgehalt in der Pelitfraktion durch die Illitisierung von Smektit erklärt werden (siehe vorne). Das Auftreten von eisenhaltigen Lösungen ist aus der Verwitterung der in der Nähe anstehenden Andesitlava herzuleiten. Da bei der Glaukonitbildung sowohl zweiwertige als auch dreiwertige Eisenionen vorhanden sein müssen, ist eine Bildung des Minerals unter dysaeroben Bedingungen anzunehmen (schwach negatives Redoxpotential, siehe vorne), die sich auch aus faunistischen Überlegungen für den Grünsand von Fürfeld herleiten lassen.

Die Zusammensetzung der grünen Komponenten wurde in Abb. 2 dargestellt. Innerhalb der pelitischen Einschaltung (F2 bis F4) tritt in den Grabgängen hauptsächlich Glaukonit auf. Möglicherweise ist dieser Glaukonit z.T. auch auf die Umwandlung ehemaliger Pellets zurückzuführen. In den sandigen Profiltteilen (F1, F5 bis F8) sind hauptsächlich grüne Gesteinsbruchstücke zu finden.

### 3. Sedimentologie

Bereits aufgrund der heterogenen Zusammensetzung kann der untersuchte Grünsand als sehr unreifes Sediment betrachtet werden. Dies kommt auch in den unterschiedlichen sedimentologischen Parametern, wie der Rundung und der Sortierung zum Ausdruck.

Auf die allgemein schlechte Kornrundung wurde bereits oben eingegangen. Vereinzelt auftretende Körner mit besserer Rundung (z.B. die Quarzit- und Lyditkomponenten) besitzen bereits im Ausgangsgestein für die Sandbildung – nämlich der Arkose der Donnersberg-Formation – die gleiche gute Rundung und zeigen keine morphologische Überprägung. Die schlechte Rundung ist ein weiterer Hinweis auf einen geringen Transport der Komponenten vom Liefergebiet zum Abtragungsgebiet. In einem marinen Strandmilieu werden Kornkomponenten innerhalb des Welleneinflussbereichs gewöhnlich innerhalb weniger Monate bis zu einigen Jahren gut gerundet und poliert. Deshalb enthalten marine Sande, die durch Aufarbeitung an der Küste entstehen, überwiegend gerundete Komponenten. Dies trifft jedoch nicht für sehr niedrig energetische Bereiche, bei sehr hohem Anfall von Detritus, bei einem raschen Meeresspiegelanstieg oder für turbiditische Ablagerungen zu.

Neben der Rundung wurde auch die Sortierung untersucht. Um die Grünsande mit den von HARTKOPF & STAPF (1983) untersuchten Meeressandvorkommen vergleichen zu können, wurde die Sortierung nach FOLK & WARD (1957) bestimmt als:

$$\sigma_1 = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6,6}$$

Danach liegt die Sortierung der untersuchten Grünsandproben nach den Korngrößenanalysen zwischen 1,9 (F7) und 3,3 (F5) (Mittelwert 2,7). In Anlehnung an FOLK & WARD (1957) werden Ablagerungen mit vergleichbaren Zahlenwerten als schlecht (F7) bis sehr schlecht sortiert (F1, F5, F6 und F8) bezeichnet. Marine Küstensande sind im allgemeinen besser sortiert, so auch die Meeressande von Eckelsheim und Wöllstein, die überwiegend mäßig bis schlecht sortiert sind (HARTKOPF & STAPF 1983). Dabei ist jedoch zu beachten, dass durch das Vorhandensein von auflösbaren Mudpebbles eine schlechtere Sortierung vorgetäuscht wird, als sie tatsächlich vorhanden ist.

Die einzelnen Grünsandlagen weisen intern keine Schichtung auf. Das Fehlen der Schichtung in den der Proben F1 und F5 bis F8 geht nicht auf eine Entschichtung durch Bioturbation zurück, sondern war primär nicht erkennbar angelegt. Infolge der durchweg schlechten Sortierung des Grünsands bei einer weitgehend gleich starken Hintergrundsedimentation konnte sich eine Schichtung nicht ausbilden, bzw. ist nicht erkennbar, da diese auf geringe Änderungen der Korngröße, Sortierungseffekte, Materialwechsel oder Farbwechsel zurückgeht. Das Entstehen von Schichtung wird wahrscheinlich auch durch die Anwesenheit von ungerundeten Körnern im Grobsand- und Feinkiesbereich gehemmt. Auch gibt es keine Fossilagen und plattige oder stengelige Gerölle oder Minerale, die durch eine Einregelung oder Imbrikation eine Schichtung nachzeichnen könnten. Lediglich die pelitische Einschaltung ist z.T. geschichtet. So besitzt die siltige Mergelsteinlage der Probe F3 eine undeutliche Feinschichtung, die durch einen Wechsel der Porosität, einen schwachen Korngrößen- und Farbwechsel und auch durch einzelne Muschelpflaster mit Fischresten gebildet wird. Die Sand-Ton-Wechselfolge der Probe F4 ist zudem durch die Wechsellagerung bedingt eben geschichtet. Es handelt sich dabei wahrscheinlich um Sturmsandlagen, die in ein ansonsten eher stilles Milieu eingriffen.

Die Muschelpflaster in der Mergelsteinlage sind dünne Schilllagen mit einer mäßigen Bruchrate von nur 35% und einem hohen Anteil an doppelklappigen Individuen (35%). Dabei können doppelklappig geschlossen eingebettete Individuen (85%) von doppelklappig geöffnet eingebetteten (15%) unterschieden werden. Erstere sind immer durch die Setzung zerquetscht, wobei eine über der anderen Klappe zu liegen kommt. Offensichtlich war der Körperraum zwischen den Klappen nicht mit Sediment verfüllt, sondern der Organismus saß bei der Einbettung noch zwischen den Klappen (es handelt sich dabei um Formen, die aufgrund ihres Schlossbaus und Ligaments normalerweise auseinanderklappen, wenn sie nicht mehr vom Weichkörper erfüllt sind). Erst nach der Einbettung wurde der Weichkörper noch vor der ersten diagenetischen Zementbildung durch Mikroorganismen zersetzt, worauf hin der Hohlraum bei der späteren Kompaktion des Sediments kollabierte und die Schalen zerbrachen. Im Gegensatz dazu sind die aufgeklappten Individuen und die Einzelklappen zumindest in der Wirbelregion unbeschädigt, da sie durch unterlagerndes Sediment gestützt wurden. Nach Ansicht der Autoren handelt es sich bei den Schillen um Parautochthon- bis Autochthonschille. Die geringe Transportweite der Muscheln ergibt sich unter anderem aus der oben genannten nur mäßigen Bruchrate, der Anwesenheit von noch körpererfüllten doppelklappigen, aber bereits verendeten Individuen, der statistischen Verteilung der Muschelgrößen und der paläogeographischen Situation in der Fürfelder Bucht. Als Entstehungsmechanismus für die Schilllagen können wahrscheinlich Bodenströmungen nach Sturmereignisse herangezogen werden. Durch diese Bodenströmungen kam es zu einer flächigen Erosion des noch weichen Schlammes und damit zu einem Freilegen der grabenden Muscheln (siehe hinten). Dabei wurden ganze Populationen freigelegt. Daher zeigt eine statistische Auswertung der Höhen der Muschelklappen auch eine asymmetrische Populationskurve und keine Gausssche Normalverteilung, wie dies bei Frachtsonderungen zu erwarten ist (vgl. Abb. 3).

Die Muschelschalen sind mit einigen Ausnahmen weggelöst und daher als Prägesteinkerne und als Innensteinkerne (Innenabdruck) in Außenhohlform mit Aufprägung der Außenskulptur erhalten. Die durch die Lösung entstandenen Schalenhöhlräume sind weitestgehend unverfüllt. Die oben genannten mit Sand gefüllten Grabgänge (keine Stopfgänge) zeigen eine bereits früh vorhandene Standfestigkeit des Sediments an. Da die im Weg liegenden Muscheln durch den grabenden Organismus z.T. zerbrochen wurden, hat zu diesem Zeitpunkt die Muschelschalenlösung noch nicht stattgefunden. Daher ist die vollständige Schalenlösung nach der ersten frühen Kompaktion des Sediments, also in die späte Frühdiagenese zu stellen. Wahrscheinlich ging die fortschreitende Schalenlösung mit der Bildung von frühdiagenetischen Mikritzementen einher (Zement A nach FLÜGEL 1978 sowie FÜCHTBAUER & RICHTER 1988).

#### **4. Fossilinhalt und Paläoökologie**

Fossilreste treten im untersuchten Profil hauptsächlich in der siltigen Mergelsteinlage auf. Im Grünsand, der vollständig entkalkt ist, konnten nur Grabgänge und in der Probe F7 zusätzlich eine rekristallisierte „Rhaxe“ (= Geodiidae-Mikrosklere nach GRIMM 1993) gefunden werden.

Die Grabgänge treten im gesamten Profil auf. Sie bestehen aus einem unverzweigten Teil, der bis zu 20 cm lang wird, bei einer Dicke von bis zu ca. 1,5 cm, ohne jegliche erkennbaren Interngefüge. Verzweigungen sind selten und hauptsächlich am Ende der Röhre angelegt. Wahrscheinlich handelt es sich bei dem Spurenfossil um *Ophiomorpha* LUNDGREN. Dieses Spurenfossil ist auch von anderen Fundstellen des Meeressandes bekannt (MARTINI & MENTZEL 1971).



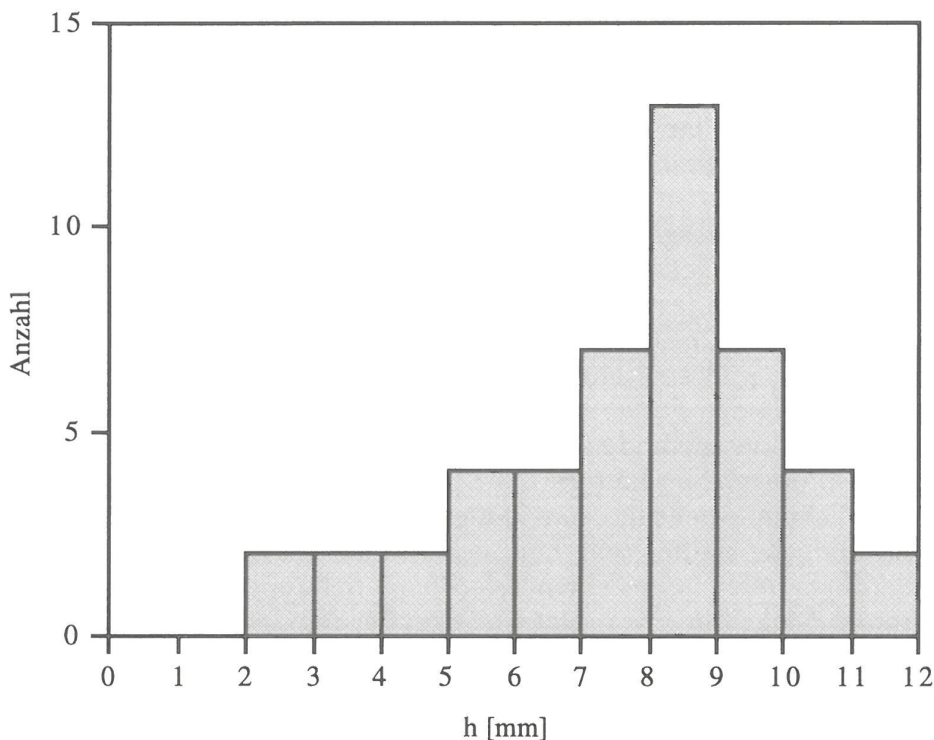


Abb. 3: Histogramm der Höhen von 47 Lucinidenklappen aus der Mergelsteinlage (Probe F3) des Profils Fürfeld.

In der siltigen Mergelsteinlage sind Fossilreste weitaus häufiger. Die ehemals kalkigen Reste sind nur in Abdrücken erhalten (siehe vorne), während die Fischreste sowohl in Abdrücken als auch in phosphatischer Erhaltung vorliegen. Zudem treten gelegentlich auch Abdrücke von Pflanzen auf. Bei den Pflanzenresten handelt es sich um verschiedene Blattreste und unbestimmbare Holzstücke.

Die häufigsten Fossilreste in der Mergelsteinlage sind Lamellibranchiaten aus der Familie der Lucinidae FLEMING. Insgesamt konnten vier unterschiedliche Arten bestimmt werden, nämlich *Codalucina tenuistria* (HÉBERT, 1849), *Saxolucina omaliusi* (DESHAYES, 1857), *Callucina thierensi* (HÉBERT, 1849) und *Paralucinella conferta* (BRAUN, 1850). Neben weiteren unbestimmbaren Luciniden und juvenilen Lamellibranchiaten treten selten fragliche Reste von *Varicorbula subpisum* (D'ORBIGNY, 1852) auf. Auffällig ist das völlige Fehlen von Bohrlöchern räuberischer Gastropoden, die z.B. am Steigerberg bei Eckelsheim häufig vorkommen.

Die Luciniden sind tiefgrabende Suspensionsfilterer mit sehr niedrigen Eingrabschwindigkeiten (STANLEY 1970). Sie treten sowohl in gut sortierten Küstensanden, als auch in eher schlammigen Böden auf. Viele Luciniden leben in Symbiose mit chemoautotrophen Bakterien (CAVANAUGH 1983, BOTTJER et al. 1995). Sie sind mixotroph und können somit unter eingeschränkten Sauerstoffverhältnissen (dysaerobes Milieu) überleben. Wenn diese Arten einmal freigelegt sind, kann es bis zu mehreren Stunden dauern, bis sie wieder eingegraben sind und bis zu mehreren Tagen, bis die Individuen wieder ihre Eingrabetiefe von 5 bis 10 cm erreichen. Eine Freilegung dieser tiefgrabenden Arten bedeutet dann aber auch, dass möglicherweise eine völlig andere Substratkonsistenz vorherrscht als vorher. Zwar besteht bei den einzelnen Arten der Luciniden meist keine artbezogene Substratspezialisierung (STANLEY 1970), jedoch kann eine bereits ein-

setzende Verfestigung im tieferen Teil einer Bank nach dem „Abschwemmen“ des aufliegenden Schlamms ein Wiedereingraben von freigelegten Weichbodengräbern unmöglich machen.

Neben Muscheln treten nur wenig andere Invertebratenreste auf. So sind nur vereinzelt Abdrücke von unbestimmbaren Ostracoden gefunden und ein verzweigter Bryozoenast erkannt worden.

Fischreste sind in der Mergelsteinlage die zweithäufigsten Fossilreste. Es handelt sich um isolierte Schuppen, Flossen- und andere Stachel sowie einen Wirbel. Bei den Schuppen sind drei Typen feststellbar. Bei dem ersten und auffälligsten Typ handelt es sich um gerundet rechteckige Ctenoidschuppen von Teleosteen. Sie weisen eine Länge von 0,25 bis 0,80 cm und eine Höhe von 0,2 bis 1,1 cm auf und besitzen eine feine Anwachsstreifung. Bei den größeren Schuppen findet man vom Zentrum ausgehende, nach hinten strahlig divergierende Skulpturleisten, die am Hinterrand der Schuppen als gerundete Spitzen überstehen können. Nur bei sehr großen Schuppen kann zusätzlich ein Schlitz vom Schuppenzentrum zum Hinterrand festgestellt werden, der die Schuppe in zwei spiegelbildliche Hälften teilt. Eine sichere Zuordnung dieser Schuppen ist nicht möglich. Allerdings treten bei rezenten Teleosteen Schuppen der großen Form nur bei den Scombroidei (Makrelenverwandte), und dort bei der Gattung *Thunnus* SOUTH, 1845 auf. Eine Zuordnung zu großen Vertretern der Makrelenverwandten scheint am ehesten vertretbar zu sein. Nur bei spiegelndem Licht sind unter dem Binokular weitere Schuppen erkennbar. Es handelt sich dabei um kleine Schuppen von 0,10 bis 0,15 cm Größe, die zudem sehr dünn sind. Sie weisen ebenfalls eine – wenn auch gröber wirkende – Anwachsstreifung auf. Eventuell stammen sie von im damaligen Mainzer Becken in Schwärmen auftretenden Heringsartigen (BOY O.J., MICKLICH & PARIN 1996), was aber sehr spekulativ ist. Eine Mittelstellung zwischen den beiden bisher beschriebenen Schuppen nimmt ein seltener Typ ein. Es handelt sich um mittelgroße ovale oder annähernd quadratische Schuppen von 0,7 x 0,7 cm Größe, die grobe Zuwachsrippen besitzen und keine Zähnelung am Hinterrand aufweisen. Sie sind bisher nicht bestimmbar.

Die Flossenstachel gehören zu nicht näher bestimmbar barschartigen Teleosteen. Andere sehr kleine Stachelfragmente könnten Neuralfortsätze von Teleosteerwirbeln sein. Der isolierte Wirbel stammt eventuell von einem Selachier, kann aber nicht näher zugeordnet werden. Es ist ein monospondyles Wirbelzentrum mit einem Durchmesser von 0,3 cm erhalten. Die Fischreste sind trotz geringer Probenmenge mit mindestens vier Arten relativ reich vertreten. Es sind sowohl räuberische Formen (Thunfischartige) als auch deren potentielle Beute (Heringsartige) vorhanden. Dies deutet darauf hin, dass die Fische in der Fürfelder Bucht und den angrenzenden Bereichen auch gelebt haben. Die Fischreste gelangten aus verwesenden Kadavern im Küstenbereich durch anschließende Strömungsereignisse in das Sediment.

Die artenarme benthonische Fauna mit einer Dominanz von Luciniden und das völlige Fehlen von Gastropoden, Scaphopoden u.a. weist auf ein zwar vollmarines aber eingeschränktes Milieu hin. Der Meeresboden war wahrscheinlich schlammig mit einer suppiggen Wasser-Sedimentgrenze und nicht begehbar (Fehlen von vagilen Epibenthonten). Im Schlamm herrschten eingeschränkte Sauerstoffbedingungen vor. Hin und wieder wurde der Schlamm bis auf den bereits verfestigten tieferen Teil abgeweht und die darin lebende Infauna freigelegt. Sie verendete anschließend, da die Substratkonsistenz des freigelegten tieferen Bankteils für die an Schlammgründe gewöhnte Fauna zu fest war. Erst nach Überlagerung der Mergellage durch Sand und eine gewisse Stabilisierung des Schlamms wurde dieser durch *Ophiomorpha* durchwühlt. Dabei drang von oben Sand in die Grabgänge ein.

## 5. Stratigraphie und Paläogeographie

Der Bereich der Fundstelle weist heute eine sehr flache Morphologie auf, die zwischen 235 und 245 m NN liegt. Aufgrund der Tatsache, dass die Grünsande unmittelbar auf den Rotliegend-Arkosen auflagen und wegen der Sedimentologie der Basissandlage kann man davon ausgehen, dass westlich und nördlich von Fürfeld eine flach geneigte Brandungsplattform vorlag. Durch SONNE (1958) wurden bei Fürfeld mehrere fossile Brandungsterrassen nachgewiesen. Er unterscheidet nördlich von Fürfeld eine tiefere Terrasse in 240 bis 245 m NN und eine Höhere in 270 bis 280 m NN. Die nur 0 bis 10 m über dem Fundniveau liegende untere Terrasse dürfte zeitlich mit der Basissandlage des Grünsandvorkommens zu parallelisieren sein. SONNE (1958) ordnet diese Terrasse dem „Unteren Meeressand“ zu, der nach GRIMM (1998) größtenteils in der Zeit des sogenannten Fischschiefers (= Mittlerer Rupelton) zur Ablagerung kam.

Die pelitische Einschaltung in den Grünsanden dokumentiert eine Stillwasserphase bei der eine stabile Küstenlinie des Meeres vorhanden war. Dies bedeutet eine Stillstandsphase der Rupeltransgression, während der nur wenig Sediment umgelagert wurde. Diese lässt sich mit den anaeroben Verhältnissen des Fischschiefers B (GRIMM 1991, 1994) korrelieren. Erst mit einem erneuten Meeresspiegelanstieg wurde wieder Rotliegendmaterial erodiert und transportiert. Jetzt macht sich auch der verstärkte Einfluss von Rhyolithkomponenten bemerkbar. Dieser erneute Meeresspiegelanstieg ist mit der Transgression zur Zeit des Oberen Rupeltons zu korrelieren.

Östlich von Fürfeld in Richtung auf die Wonsheimer Bucht reichen die rupelischen sandigen Sedimente bis in eine Höhenlage von 190 m NN herunter. Es handelt sich dabei um geringmächtige Reliktorkommen, die unmittelbar auf Rotliegend-Arkosen liegen. Sie können als ein älteres rupelisches Transgressionssediment aufgefasst werden.

## Schriften

- BOTTJER, D.J. & CAMPBELL, K.A. & SCHUBERT, J.K. & DROSER, M.L. (1995): Palaeoecological models, non-uniformitarianism, and tracking the changing ecology of the past. — In: ALLISON, P.A. & BOSENCE, D.W.J. [eds.]: Marine Palaeoenvironmental analysis from fossils. Geol. Soc. Spec. Publ., **83**, S. 7-26, 9 Abb., London.
- BOY, J.A. (o.J., ca. 1982): Kurzführer durch die Erdgeschichtliche Sammlung des Museums Alzey. Manuskript, 12 S., Alzey.
- CAVANAUGH, C.M. (1983): Symbiotic chemoautotrophic bacteria in marine invertebrates from sulphide-rich habitats. — Nature, **302**, S. 58-61, 3 Abb., 1 Tab., (MacMillan) London.
- FLÜGEL, E. (1978): Mikrofazielle Untersuchungsmethoden von Kalken. — 454 S., 68 Abb., 57 Tab., 33 Taf., Berlin-Heidelberg-New York (Springer).
- 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, Oklahoma.
- FÜCHTBAUER, H. & RICHTER, D.K. (1988): 6: Karbonatgesteine. — In: FÜCHTBAUER, H. [ed.]: Sediment-Petrologie, Teil II, Sedimente und Sedimentgesteine. S. 233-434, 158 Abb., (Schweizerbart) Stuttgart.
- GRIMM, K.I. (1991): Biostratigraphie, Paläogeographie und Paläoökologie des Fischschiefers (Mittlerer Rupelton / Mitteloligozän) im Mainzer Becken. — Mainzer geowiss. Mitt., **20**, S. 249-278, 15 Abb., 2 Taf., Mainz.
- (1993): Mikroskleren aus der Familie der Geodiidae GRAY 1867 (Demospongea, Choeristida) aus dem Oligozän der Leipziger Bucht und des Mainzer Beckens. — Mainzer geowiss. Mitt., **22**, S. 141-144, 2 Abb., Mainz.

- (1994): Paläoökologie, Paläogeographie und Stratigraphie im Mainzer Becken, im Oberrheingraben, in der Hessischen Senke und in der Leipziger Bucht während des Mittleren Rupeltons (Fischschiefer / Rupelium / Unteroligozän). – Mitt. Pollichia, **81**, S. 7-193, 32 Abb., 2 Tab., Bad Dürkheim.
- (1998): Correlation of Rupelian coastal and basin facies in the Mainz Basin (Oligocene, Germany). – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1998**, S. 146–156, 4 Abb., Stuttgart.
- 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.
- HEIM, D. (1990): Tone und Tonminerale. 157 S., 31 Abb., 9 Tab., (Enke) Stuttgart.
- HELING, D. (1988): 5: Ton- und Siltgesteine. – In: FÜCHTBAUER, H. [ed.]: Sediment-Petrologie, Teil II, Sedimente und Sedimentgesteine. S. 185-231, 19 Abb., 3 Tab., (Schweizerbart) Stuttgart.
- LORENZ, V. (1973): Zur Altersfrage des Kreuzbacher 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.
- MARTINI, E. & MENTZEL, R. (1971): Lebensspuren und Nannoplankton aus dem Alzeier Meeressand (Mittel-Oligozän). – Notizbl. hess. Landesamt Bodenforsch., **99**, S. 54-61, 1 Tab., Taf. 6-7, Wiesbaden.
- MICKLICH, N. & PARIN, N. (1996): The fishfauna of Frauenweiler (Middle Oligocene, Rupelian; Germany): First results of a review. – Publ. Espec. Inst. Esp. Oceanogr., **21**, S. 129-148, 19 Abb., 4 Tab., Madrid.
- 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.
- REIS, O.M. (1925): Zur Geologie der Gegend zwischen der unteren Alsenz (Hochstätten-Ebernburg) und dem Wiesbach (Nack-Wendelsheim). – Geognost. Jahreshfte, **37** (für 1924), S. 73-110, 3 Abb., 1 Taf., 1 Kte., München.
- SCHINDLER, T. & GRIMM, M.C. (1993): Der Fund eines Phyllitblockes aus dem östlichen Taunus im Unteren Meeressand (Oligozän) von Wendelsheim (Mainzer Becken, Südwestdeutschland). – Geol. Jb. Hessen, **121**, S. 83-90, 5 Abb., Wiesbaden.
- SCHOPP, H. (1894): Das Rotliegende in der Umgebung von Fürfeld in Rheinhessen. – Programm des Großherzogl. Ludwig-Georgs-Gymnasiums, **630**, 14 S., 1 Abb., 1 Kte., (C.F.Winter) Darmstadt.
- (1913): Erläuterungen zur geologischen Karte des Großherzogtums Hessen: Blatt Fürfeld. – 69 S., 1 Abb., Darmstadt.
- 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.
- 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.

Anschrift der Autoren:

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

Diplom-Geologe THOMAS SCHINDLER, Landesamt für Denkmalpflege, Referat Erdgeschichtliche Denkmalpflege, Am Obstmarkt 13, D-55126 Mainz.

Manuskript eingegangen am 4. Februar 1998