Fachinformationsdienst Biodiversitätsforschung
UB Universitäts Bibliothek Frankfurt am Main
DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

FID Biodiversitätsforschung

Mitteilungen der Pollichia

Die Fossilgemeinschaften des Buntsandsteins und des basalen Muschelkalks in der Pfalz - Abbilder einer stufenweisen Floren-/Faunen-Erholung nach der Perm-Trias-Krise?

Schindler, Thomas
Uhl, Dieter
Schoch, Rainer R.
Wuttke, Michael

2009

Digitalisiert durch die *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main* im Rahmen des DFG-geförderten Projekts *FID Biodiversitätsforschung (BIOfid)*

Weitere Informationen
Nähere Informationen zu diesem Werk finden Sie im:
Suchportal der Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main.

Bitte benutzen Sie beim Zitieren des vorliegenden Digitalisats den folgenden persistenten Identifikator:

urn:nbn:de:hebis:30:4-127346

Visual Library

Mitt. POLLICHIA	**94** (für 2008/2009)	11 – 37	15 Abb.	2 Tab.	Bad Dürkheim 2009

ISSN 0341-9665 (Druckausgabe) ISSN 1866-9891 (CD-ROM)

Thomas **SCHINDLER**, Dieter **UHL**, Rainer **SCHOCH** & Michael **WUTTKE**

Die Fossilgemeinschaften des Buntsandsteins und des basalen Muschelkalks in der Pfalz – Abbilder einer stufenweisen Floren-/Faunen-Erholung nach der Perm-Trias-Krise?

Kurzfassung

SCHINDLER, T., UHL, D., SCHOCH, R. & WUTTKE, M. (2009): Die Fossilgemeinschaften des Buntsandsteins und des basalen Muschelkalks in der Pfalz – Abbilder einer stufenweisen Floren-/Faunen-Erholung nach der Perm-Trias-Krise?— Mitt. POLLICHIA, **94**: 11 – 37, 15 Abb., 2 Tab., Bad Dürkheim

Der Obere Buntsandstein des Pfälzerwaldes zeigt einen Übergang von fluviatilen braided river-Ablagerungen zu alluvialen Küstenebenen. Die anschließende Transgression des Muschelkalk-Meeres fand in mindestens drei Phasen statt. Nach zwei bis drei kurzzeitigen regionalen Meeresvorstößen über alluvialen Küstenebenen-Ablagerungen im Voltziensandstein folgte eine überregionale Flutung des südwestlichen Germanischen Beckens mit sandig-dolomitischen Ablagerungen („Grenzgelbkalk", Muschelsandstein) mit marinen Faunen. Die Ökosysteme änderten sich von teilweise hygrophilen Flussauen-Pflanzengesellschaften mit limnischen Arthropoden und Fischen (Zwischenschichten) über hygrophile bis mesophile Küstenebenen-Pflanzengesellschaften mit limnischen Arthropoden und euryhalinen Haien (Voltziensandstein) zu randmarinen Flachwasser-Gesellschaften (Muscheln, Inarticulata und Crinoidea als Suspensionsfilterer, Knochenfische, Haie und marine Reptilien als Prädatoren) im Muschelsandstein. Die Fossilarmut der Zwischenschichten (und des älteren Buntsandstein insgesamt) und der Fossilreichtum des Voltziensandsteins und des Muschelsandsteins der Pfalz sind taphonomisch bedingt. Unter diesen Voraussetzungen ist eine stufenweise Floren-/Faunen-Erholung nach der Perm-Trias-Krise im pfälzisch-elsässischen Raum nicht beweisbar.

Abstract

SCHINDLER, T., UHL, D., SCHOCH, R. & WUTTKE, M. (2009): Die Fossilgemeinschaften des Buntsandsteins und des basalen Muschelkalks in der Pfalz – Abbilder einer stufenweisen Floren-/Faunen-Erholung nach der Perm-Trias-Krise? [The fossil communities of the Buntsandstein and the Muschelkalk in the Palatinate – images of a stepwise floral/faunal recovery after the Permian-Triassic crisis?]— Mitt. POLLICHIA, **94**: 11 – 37, 15 Abb., 2 Tab., Bad Duerkheim

The Upper Buntsandstein of the Palatinate shows a transition from fluvial braided river sediments to alluvial coastal plain deposits. The following transgression of the Muschelkalk sea occurs in at least three phases. After two to three shorttime regional transgressions over alluvial coastal plain sediments an overregional flooding of the southwestern Germanic Basin takes place. Sandy dolomitic Sediments („Grenzgelbkalk" of the Muschelsandstein) with a marine fauna have been deposited. The ecosystems changed several times: the Zwischenschichten show partly hygrophilous riverside meadows with limnic arthropods and fish; the Voltziensandstein contains hygrophilous to mesophilous coastal plain plant communities with limnic arthropods and euryhaline sharks; the Muschelsandstein bears coastal shallow water communities with bivalves, inarticulates and crinoids as suspension feeders and sharks, bony fishes and marine reptiles as predators. The poor fossil content from the Lower Buntsandstein to the Zwischenschichten and in contrast the rich fossil content of the Voltziensandstein and the Muschelsandstein are most likely explained by taphonomic reasons. In the Palatinate and the Alsace a stepwise floral/faunal recovery after the Permian-Triassic crisis is not supported by the data at hand.

Résumé

SCHINDLER, T., UHL, D., SCHOCH, R. & WUTTKE, M. (2009): Die Fossilgemeinschaften des Buntsandsteins und des basalen Muschelkalks in der Pfalz – Abbilder einer stufenweisen Floren-/Faunen-Erholung nach der Perm-Trias-Krise? [Les communautés fossiles du Buntsandstein et du Muschelkalk basal dans le Palatinat. Image d'une régénération par étapes de la flore et de la faune après la crise du Permien – Trias?]— Mitt. POLLICHIA, **94**: 11 – 37, 15 Abb., 2 Tab., Bad Durkheim

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Le Buntsandstein supérieur de la forêt du Palatinat témoigne du passage de dépôts provenant de fleuves tressés fluviatiles à des plaines côtières alluviales. La transgression de la mer de Muschelkalk qui a suivi, a eu lieu en au moins trois phases: Deux à trois avancées de la mer de Muschelkalk de courte durée, sur les dépôts alluviens des plaines côtières ont été suivies d'une inondation surrégionale de la partie du sud - ouest du bassin germanique avec des dépôts sableux et dolomitiques (dit „Grenzgelbkalk", grès coquilier) et d'une faune marine. Un changement des écosystèmes a eu lieu, partant des communautés de plantes hygrophyles des zones alluviennes en partie contenant des arthropodes limniques et des poissons (couches intermédiaires), en passant par des communautés de plantes incluant des plantes hygrophyles à mésophile des plaines côtières, avec des arthropodes limniques et requins euryhalins (grès Voltzien) pour en arriver à des communautés d'eaux peu profondes du milieu marin côtier (coquillages, inarticulés, crinoides, en tant qu'éléments filtrant les particules en suspension, osteichthyés, requins et reptiles marins en tant que prédateurs) dans le grès coquilier. La pauvreté en fossiles des couches intermédiaires (et du Buntsandstein plus ancien dans son ensemble) d'une part et la richesse en fossiles du grès Voltzien et du grès coquilier du Palatinat d'autre part sont d'origine taphonomique. Dans ces conditions une régénération par étapes de la flore et la faune après la crise du Permien – Trias ne peut être démontrée dans la zone palatino-alsacienne.

1 Einleitung

Der Übergang vom terrestrischen Buntsandstein zum marinen Muschelkalk wird im Pfälzerwald und im Elsass durch den Voltziensandstein und den Muschelsandstein gebildet. Der Voltziensandstein ist in diesem Raum durch seine Fossilführung und ausgezeichnete Fossilerhaltung bekannt geworden (BRONGNIART 1828-38, SCHIMPER & MOUGEOT 1844, GALL 1971). Neben Pflanzen treten verschiedene Bivalven, Arthropoden, Fische und Tetrapoden auf (GALL 1971). Vor allem die teilweise in Weichteilerhaltung vorliegenden Funde aus dem Elsass machten den Voltziensandstein bekannt (GALL & KRUMBEIN 1992). Im pfälzischen Teil ist die reiche Flora und Fauna des ehemaligen Steinbruchs Zweibrücken-Bubenhausen zu nennen (GÜMBEL 1865, AMMON & REIS 1903, FRENTZEN 1932, SPUHLER 1957).

Zwischen Februar 2001 und November 2004 wurde in Pirmasens eine Umgehungsstraße gebaut (L600). Die Bautrasse liegt geografisch am Übergang von Pfälzerwald zur Sickinger Höhe. Der Grenzbereich Buntsandstein/Muschelkalk wurde mehrfach durchfahren. 29 Profile wurden sedimentologisch und paläontologisch ausgewertet (zur Lage der Aufschlüsse siehe Tab. 1). Zusammen mit ergänzenden Literaturdaten zur Litho- und Biofazies des pfälzischen Buntsandsteins soll ein Beitrag zum Konzept der stufenweise Floren-/Faunen-Erholung nach der Perm-Trias-Krise geleistet werden.

2 Paläogeografie und Stratigrafie

Der Pfälzerwald gehört paläogeographisch zum Germanischen Becken und damit zu den nördlich der Tethys gelegenen Peri-Tethys-Becken. Das Germanische Becken erstreckt sich von Südostpolen im Osten bis Großbritannien im Westen und von der Schweiz im Süden bis Skandinavien im Norden. Eine wichtige Rolle für die Beckensubsidenz spielte das Arktisch-Nordatlantische Riftsystem, das sich in der Trias nach Süden bis zur heutigen Nordsee ausdehnte und sich u. a. bis zur Hessischen Senke fortsetzt (KEDZIERSKI 2000).

Das Alter der Einheiten Zwischenschichten, Voltziensandstein und Muschelsandstein wird von LUCAS & SCHOCH (2002) mit Anisium angegeben. Die Grenze Olenekium/Anisium liegt aber wahrscheinlich in den höheren Zwischenschichten, nur der Voltziensandstein gehört, basierend auf makrofaunistischen und palynologischen Befunden, vollständig ins Anisium (DURAND & JURAIN 1969, GALL 1971).

3 Lithologische Abfolge und Faziesbild

Bei den im Untersuchungsgebiet anstehenden Sedimenten handelt es sich um teils marin beeinflusste terrestrisch-fluviatile Klastika des Mittleren und Oberen Buntsandsteins sowie um marine Klastika und Karbonate des Unteren Muschelkalks. KONRAD (1975, 1979) hat sie kartiert und ausführlich beschrieben (Abb. 1). Neuere stratigrafische und lithofazielle Ergebnisse für den pfälzischen Raum brachten DACHROTH (1988) (Abb. 2), BINDIG & BACKHAUS (1995) sowie HEITELE (2001). Bedingt durch die großflächigen frischen Anschnitte auf der Neubaustrecke können die bisherigen Bearbeitungen durch detaillierte Profilaufnahmen (Abb. 3 bis 6) und umfassende Beprobungen lithologisch und vor allem paläontologisch ergänzt werden.

Die Obere Felszone und das Hauptkonglomerat des Pfälzerwaldes gehören zum Mittleren Buntsandstein. Die Grenzziehung zwischen Mittlerem und Oberem Buntsandstein ist im Pfälzerwald nicht überall einheitlich gehandhabt worden (DITTRICH 2003); in der neuesten Übersicht (LGB 2005: Tab. 24b) werden die Zwischenschichten in engeren Sinne (soZ) und der Voltziensandstein (soV) vollständig zum Oberen Buntsandstein gezogen.

Obere Felszone (smOF)

Lithologie: Ablagerungen der Oberen Felszone wurden nur in der Inklinometer-Bohrung IK1 der Blümeltal-Brücke vorgefunden (Teufe 31,5 bis 14,6 m; Abb. 3). Es handelt sich um rotbraune und graubraune Mittel- und Grobsandsteine, die Schräg- oder Rippelschichtung aufweisen. Teilweise sind mulmiges Manganoxid, in einer

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

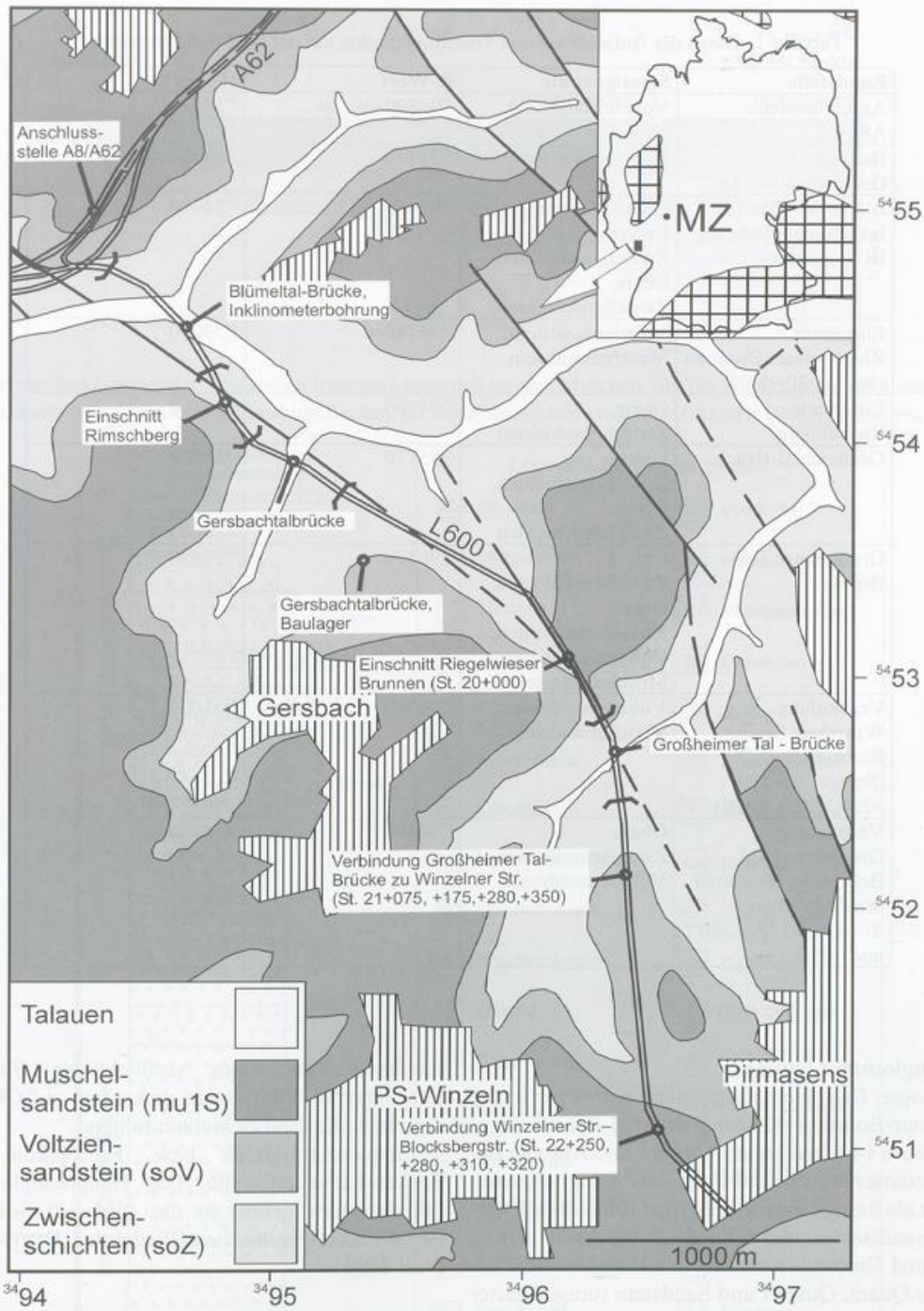


Abb. 1: Geologische Karte (nach KONRAD 1975, 1979) mit der Trasse der L600 sowie den Fundstellen; oben rechts: Paläogeografie des Buntsandsteins (nach MADER 1984b).

Lage auch umgelagerte siltige manganhaltige Dolomit?-Klasten enthalten. Die Mächtigkeit beträgt 17 m.

Fossilführung: Fossilien konnten keine gefunden werden.

Litho-und biofazielle Deutung: Ablagerungen eines verflochtenen Flusses (DACHROTH 1988) mit aufgearbeitetem Bodenhorizont (Dolomit?-Klasten) (ORTLAM 1967). Sequenzstratigrafie bzw. Korrelation mit der Becken-Lithostratigrafie: Die Obere Felszone könnte der Detfurth- und Hardegsen-Folge (s4 und s5) der rechtsrheinischen Gliederung entsprechen (DITTRICH 2003, LGB 2005).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Tabelle 1: Daten der Aufschlüsse und Fossilfundpunkte auf der L600 bei Pirmasens.

Fundstelle	Stratigraphie	R-Wert	H-Wert
Anschlussstelle A8/A62	Voltziensandstein, Muschelsandstein	^{34}94290	^{54}54960
Baulager S' Gersbachtalbrücke	Voltziensandstein	^{34}95340	^{54}53500
Blümeltal-Brücke, Inklinometerbohrung IK-1	Obere Felszone, Untere Zwischenschichten, Obere Zwischenschichten	^{34}94650	^{54}54470
Einschnitt Riegelwieser Brunnen (Station 20+000)	Voltziensandstein, Muschelsandstein	^{34}96180	^{54}53090
Einschnitt Rimschberg	Obere Zwischenschichten	^{34}94800	^{54}54160
Gersbachtal-Brücke	Untere Zwischenschichten, Obere Zwischenschichten	^{34}95170	^{54}53890
Großheimer Tal - Brücke	Untere Zwischenschichten, Obere Zwischenschichten, Voltziensandstein, Muschelsandstein	^{34}96370	^{54}52650
Verbindung Winzelner Straße - Blocksbergstraße (Station 22+250, +280, +310, +320)	Voltziensandstein, Muschelsandstein	^{34}96540	^{54}51090
Verbindung Großheimer Tal - Brücke zu Winzelner Straße (Station 21+075, +175, +280 und +350	Obere Zwischenschichten, Voltziensandstein	^{34}96400	^{54}52130

Hauptkonglomerat (smHK)

Lithologie: Das Hauptkonglomerat wurde nur in der Inklinometer-Bohrung IK1 der Blümeltal-Brücke angetroffen (Teufe 14,6 bis 7,6 m; Abb. 3). Die Abfolge beginnt als coarsening upward-Folge aus Konglomeraten und klingt als fining upward-Folge aus rotbraunen kiesigen Grobsandsteinen und schließlich Wechsellagerung von Silt- und Grobsandstein aus. Die Konglomerate bestehen aus Quarz, Quarzit und Sandstein (umgelagerter tieferer Mittlerer Buntsandstein, DACHROTH 1988). Die Grobsandsteine weisen teils Schrägschichtung auf. Lagenweise ist Bioturbation festzustellen. Die Mächtigkeit beträgt 7 m und kann nach KONRAD (1975) maximal 10 m erreichen.

Fossilführung: Körperfossilien konnten keine gefunden werden; die Erzeuger der Bioturbation sind unbekannt.

Litho- und biofazielle Deutung: Rinnenrückstandssedimente eines verflochtenen Flusssystems (DACHROTH 1988), leicht diskordant auf Oberer Felszone bzw. Karlstal-Schichten folgend.

Sequenzstratigrafie bzw. Korrelation mit der Becken-Lithostratigrafie: Das Hauptkonglomerat des Pfälzerwaldes gehört in die (tiefere?) Solling-Folge (s6) der rechtsrheinischen Gliederung (DITTRICH 2003, LGB 2005).

Violette Grenzzone (smV)

Die Violette Grenzzone ist linksrheinisch nur lokal vorhanden (KONRAD 1975, DACHROTH 1988). Bei Pirmasens fehlt eine durchhaltende Violette Grenzzone, lediglich nördlich des Untersuchungsgebietes ist sie streckenweise vorhanden (KONRAD 1975). Deshalb ziehen wir hier die Schichten oberhalb des Hauptkonglomerates bereits zu den Zwischenschichten.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

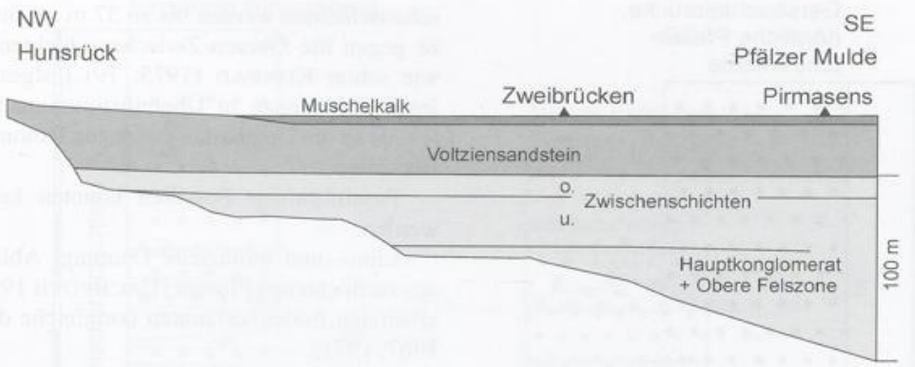


Abb. 2: Sukzessives Übergreifen des Oberen Buntsandsteins und basalen Muschelkalks der Südwestpfalz auf ältere Sedimente in einem Querschnitt vom Beckenzentrum zum Beckenrand der Pfälzer Mulde (nach DACHROTH 1988); Signaturen wie Abb. 1.

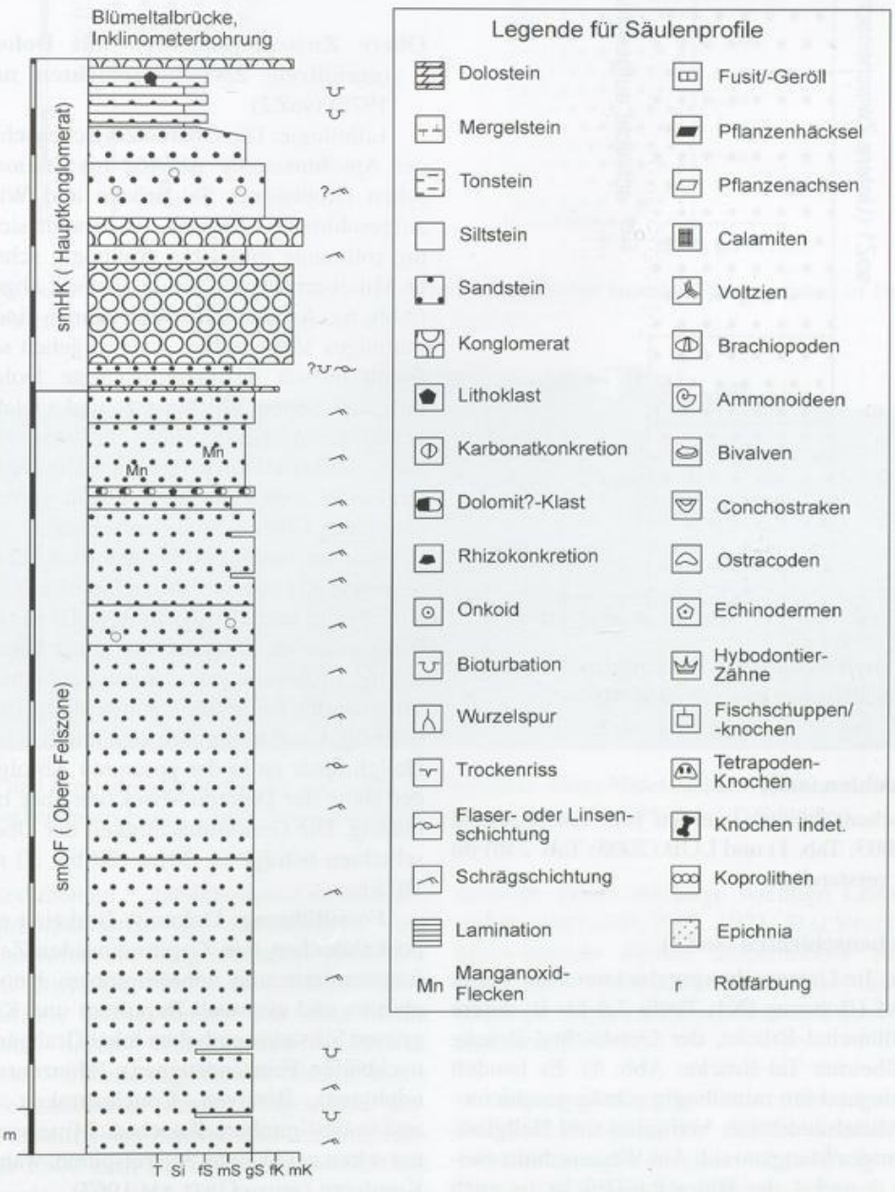


Abb. 3: Profil der Oberen Felszone und des Hauptkonglomerats bei Pirmasens (L600, Inklinometerbohrung Blümeltalbrücke) mit Legende für Abb. 3 bis 6.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

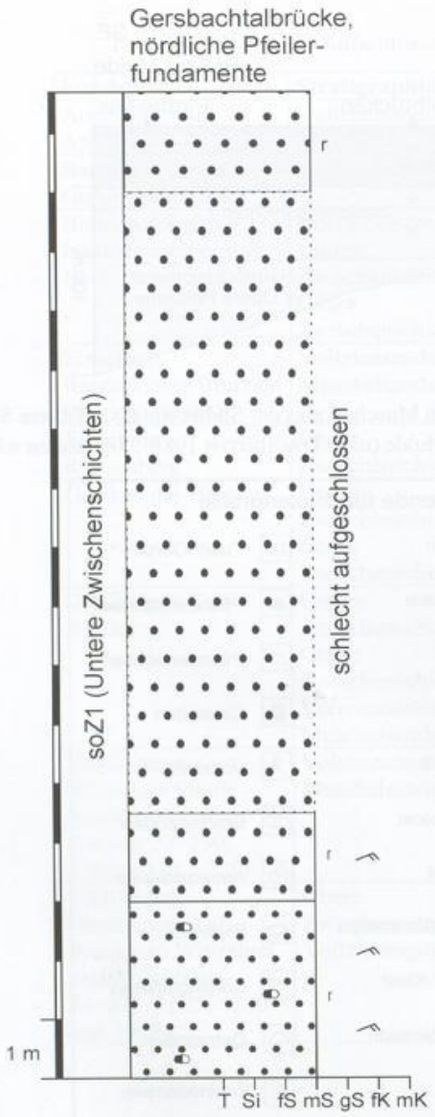


Abb. 4: Profil der Unteren Zwischenschichten in Pirmasens (L600, Gersbachtalbrücke); Legende siehe Abb. 3.

Zwischenschichten (soZ)

Die Zwischenschichten werden hier entsprechend DITTRICH (2003: Tab. 1) und LGB (2005: Tab. 24b) im engeren Sinn verstanden.

Untere Zwischenschichten (soZ1)

Lithologie: Im Untersuchungsgebiet treten sie nur in den Tälern auf (Bohrung IK1, Teufe 7,6 bis 0; tiefere Pfeiler der Blümeltal-Brücke, der Gersbachtal-Brücke und der Großheimer Tal-Brücke; Abb. 4). Es handelt es sich überwiegend um mittelbogig schräg geschichtete rotbraune Mittelsandsteine. Verbreitet sind Hellglimmer und mulmiges Manganoxid. Am Weganschnitt zwischen Pfeiler 3 und 4 der Blümeltal-Brücke ist auch ein dünner sandiger violetter Horizont mit verwitterten Karbonatklasten eingeschaltet. Die Unteren Zwischenschichten werden bis zu 37 m mächtig. Die Grenze gegen die Oberen Zwischenschichten ist unscharf, wie schon KONRAD (1975: 19) festgestellt hat. Wir legen die Grenze in Übereinstimmung mit KONRAD (1975) an die Unterkante des ersten Dolomit?-Brekzien-Horizontes.

Fossilführung: Fossilien konnten keine gefunden werden.

Litho- und biofazielle Deutung: Ablagerungen eines verflochtenen Flusses (DACHROTH 1988) mit aufgearbeiteten Bodenhorizonten (vergleiche dazu ORTLAM 1967, 1971).

Sequenzstratigrafie bzw. Korrelation mit der Becken-Lithostratigrafie: siehe Obere Zwischenschichten und Voltziensandstein.

Obere Zwischenschichten mit Dolomit?-Brekzien (geröllfreie Zwischenschichten nach KONRAD 1975) (soZ2)

Lithologie: Die Oberen Zwischenschichten sind von der Anschlussstelle A8/A62 bis Station 21+175 zwischen Großheimer Tal-Brücke und Winzelner Straße aufgeschlossen (Abb. 5). Es handelt sich überwiegend um rotbraune mittel bis großbogig schräg geschichtete Mittelsandsteine, die in Rinnen abgelagert wurden (Abb. 6). An der Basis der Rinnen findet man häufig mulmiges Manganoxid. Lateral gehen solche Lagen in fossilführende dezimetermächtige Dolomit?-Brekzien mit Silt-, selten Milchquarz- und vielen manganhaltigen Dolomit?-Klasten über. Teilweise sind Hohlräume mit Calcitkristallen ausgebildet. Die Brekzien halten lateral nicht weit aus. Sie treten in verschiedensten Niveaus der Oberen Zwischenschichten auf. Örtlich findet man in mulmiges Manganoxid führendem Mittelsandstein verzweigte Wurzelspuren (Großheimer Tal-Bücke). Im oberen Abschnitt (z.B. Einschnitt Rimschberg) treten auch Serien rotbrauner Feinsandsteine auf, die fossilführende grüne Siltsteine enthalten. Der obere Siltstein des Einschnitts Rimschberg ist bis zu 0,25 m mächtig, basal bioturbiert und am Top fein geschichtet. Hellglimmer ist in der gesamten Abfolge verbreitet, in der Nähe der Dolomit?-Brekzien aber besonders großblättrig. Die Gesamtmächtigkeit der Oberen Zwischenschichten beträgt ca. 30 m (20 bis 30 m nach Konrad 1975).

Fossilführung: Dolomit?-Brekzien enthalten Tetrapodenknochen (ein Capitosauroiden-Zahn sowie stark fragmentierte und unbestimmbare Knochen von Amphibien und eventuell Reptilien) und Koprolithen. Die grünen Siltsteine enthalten lokal Grabgänge (auch in benachbarten Feinsandsteinen), Pflanzenreste (u.a. Sphenophyten), Bivalven, Conchostraken, Fischschuppen und unbestimmbare Knochen. Mittelsandsteine enthalten selten verzweigte Wurzelspuren, wahrscheinlich von Koniferen (sensu ORTLAM 1967).

Litho- und biofazielle Deutung: Ablagerungen mäandrierender Flüsse (DACHROTH 1988) mit Rin-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

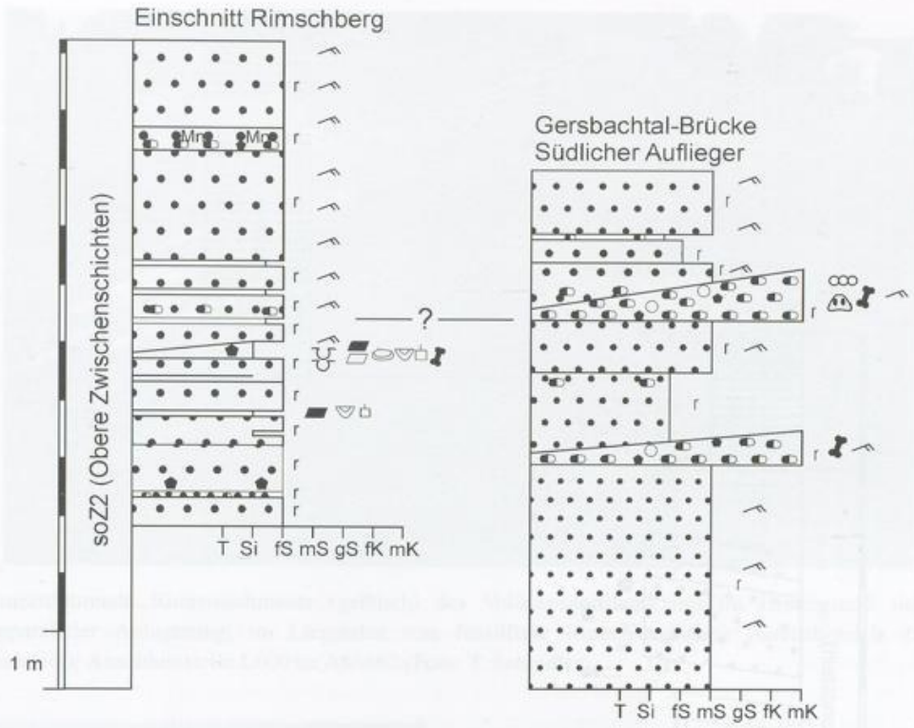


Abb. 5: Versuchsweise korrelierte Profile der Oberen Zwischenschichten mit lateraler Faziesvariation in Pirmasens (L600, Einschnitt Rimschberg und Gersbachtalbrücke); Legende siehe Abb. 3.



Abb. 6: Lateral und vertikal versetzte Rinnen aus schräg geschichtetem rotem Mittelsandstein (planare Leeblätter) in rotem Siltstein der Zwischenrinnen-Fazies, Obere Zwischenschichten; L600, Station 21+075 (Foto: T. Schindler).

nenrückstandssedimenten (Milchquarz-Extraklasten, Silt- und Karbonatklasten als Intraklasten). Die Intraklasten resultieren aus aufgearbeiteten Bodenhorizonten (sensu ORTLAM 1967 und GÓMEZ-GRAS & ALONSO-ZARZA 2003). Selten sind autochthone Pflanzenstandorte durch Wurzelspuren dokumentiert, weiterhin Überflutungsebenen-Ablagerungen (bioturbierte Feinsandsteine mit überlagerndem fossilführendem Siltstein eines Auentümpels). Interessant ist, dass auf der L600 kein Bodenhorizont autochthon angetroffen wurde, während im Bereich Mettlach (Saar) sowie Schwarzwald/Odenwald diese Böden teils mehrere Meter mächtige wichtige Leithorizonte darstellen (ORTLAM 1967, 1971; DACHROTH 1988). Das überwiegende Fehlen autochthoner Bodenhorizonte hängt nach DACHROTH (1988) mit der Position der Sickinger Höhe im Erosionsbereich aktiver Flussrinnen zusammen.

Sequenzstratigrafie bzw. Korrelation mit der Becken-Lithostratigrafie: Die Zwischenschichten fallen vollständig in die Sequenz B5 (nach BOURQUIN et al. 2006). Die Zwischenschichten gehören an die Basis der Röt-Folge (s7) der rechtsrheinischen Gliederung (DITTRICH 2003, LGB 2005).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

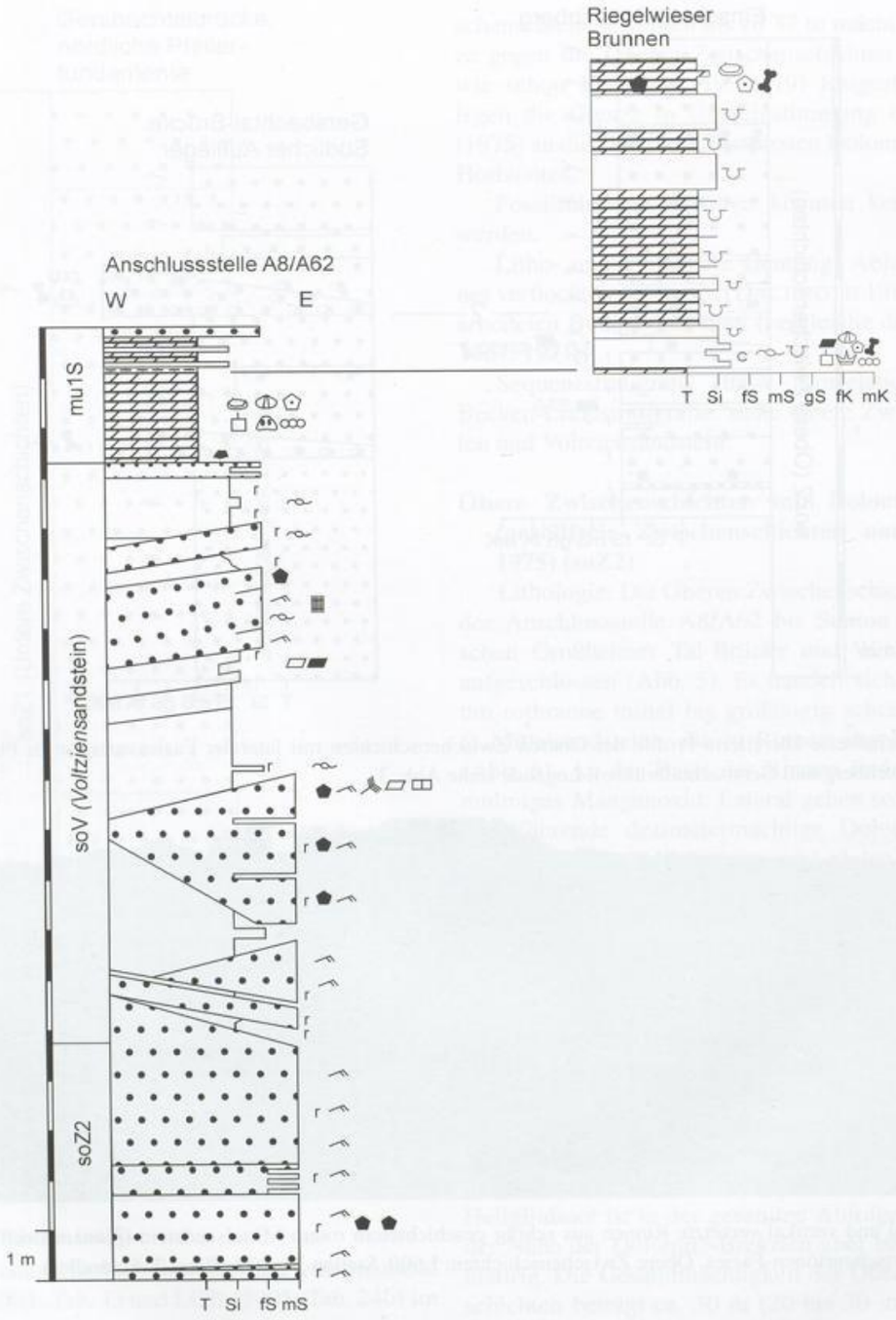


Abb. 7: Profile des Voltziensandsteins und des basalen Muschelsandsteins (Anschlussstelle der L600 an die A8/A62 sowie Einschnitt Riegelwieser Brunnen); Legende siehe Abb. 3.

Voltziensandstein (soV)

Der Voltziensandstein entwickelt nahezu kontinuierlich aus den Oberen Zwischenschichten. Lokal (Anschlussstelle A8/A62) findet ein Farbwechsel von Rotbraun zu Gelbgrau statt (Abb. 7, 8). In der Mitte und im Süden des Untersuchungsgebietes (ab Station 21+350 bis Verbindung Winzelner Straße/Blocksbergstraße) sind die Sedimente des Voltziensandsteins überwiegend rot gefärbt. Die charakteristischen mächtigen (hier gelbgrauen) sandigen Rinnensedimente treten im Bereich der Feldwegbrücke an der Anschlussstelle A8/A62 auf (Abb. 8). Die Sandsteine weisen Leeblattschichtung und Rippelschichtung auf. Hellglimmer sind verbreitet. Teilweise sind Wurzelspuren, einmal auch ein autochthoner Wurzelstock zu finden. Lagenweise sind dort Pflanzenreste häufig. Grüngraue sandige Siltsteine enthalten örtlich ebenfalls Fossilien. Rote Mittelsandsteine an der Rinnenbasis weisen auf der Unterseite Fließmar-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main



Abb. 8: Pflanzenführende Rinnensedimente (gelblich) des Voltziensandsteins mit im Hintergrund sichtbarer deutlicher gleithangparalleler Anlagerung; im Liegenden rote fossilfreie Rinnensandsteine (Grenzbereich Zwischenschichten/Voltziensandstein); Anschlussstelle L600 an A8/A62 (Foto: T. Schindler).

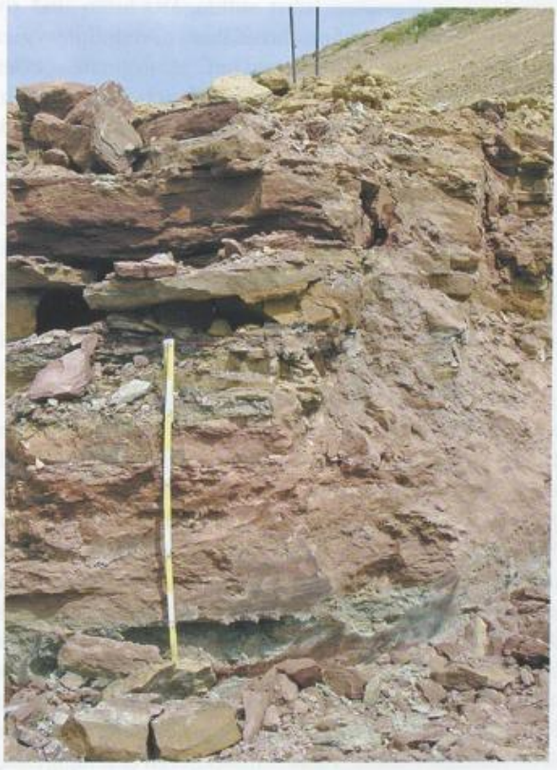


Abb. 9: Rote Silt- und Sandsteine des Voltziensandsteins (Alluvialebene) mit zwei dünnen marinen gelben dolomitischen Silt- bis Feinsandsteinen (Unter- und Oberkante des Meters); im Hangenden gelbe dolomitische Sedimente des Muschelsandsteins; L600, Verbindung Winzelner Straße-Blocksbergstraße, Station 22+310 (Foto: T. Schindler).

ken, Schleifmarken und Lebensspuren auf. Wo pflanzenführende Rinnensandsteine fehlen, liegen dicht unter der Obergrenze des Voltziensandsteins plattige rotbraune Feinsandsteine mit ein bis zwei Lagen aus teils fossilführendem grünlich und gelblich gefärbten teils dolomitischem Silt- bis Feinsandstein (Profil bei Station 22+250). Am besten ist dies im Straßenanschnitt Winzelner Straße/Blocksbergstraße (Station 22+080) sichtbar (Abb. 9). Ein Kleinprofil von 1,5 m Mächtigkeit zeigt rotbraunen teils siltigen Feinsandstein mit flacher Rinnenschichtung, in den zwei Lagen von 5 bis 8 cm mächtigem grüngrauen tonigen Siltstein mit gelben Dolomitkonkretionen eingelagert sind.

Der Voltziensandstein endet meistens scharf an gelben sandigen Dolosteinbänken („Grenzgelbbänke"). An der Großheimer Tal-Brücke verzahnt sich der Dolostein mit einem gelben dolomitischen Sandstein, der Pflanzenreste führt. Sowohl an der Anschlussstelle A8/A62 als auch am Riegelwieser Brunnen liegen am Top des Voltziensandsteins, noch unter dem Dolostein, gelbe und graue Siltsteine in wechselnder Mächtigkeit (Lettenregion oder Grenzletten des höchsten Voltziensandsteins, DACHROTH 1988).

Die Gesamtmächtigkeit beträgt im Nordteil ca. 12 m. KONRAD (1975) gibt 13 bis 17 m an. Im Südteil des Untersuchungsgebietes fehlen vollständige Profile, es kann keine Angabe zur Mächtigkeit gemacht werden.

Fossilführung: Die gelbgrauen Rinnensandsteine führen Algenreste, Häcksel, Zweige von *Voltzia* sp. und anderen Koniferen sowie Koniferenzapfen, Sphenophyten-Achsen und Farnwedel der Gattung *Neuropteridium*. Grüngraue sandige Siltsteine führen Grabgänge (u.a. ?*Scoyenia* sp.), Pflanzenreste, Concho-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

straken, ?Triopsiden-Tergite und ein Haiei-Gelege. Die gelben dolomitischen Siltsteine führen Pflanzenreste, ?Bivalven (Station 21+280), Knochenbruchstücke und eine Rippe (Station 22+320). KONRAD (1975) fand in einer solchen Lage Crinoidenreste. Verbreitet sind außerdem Grabgänge in grüngrauen und roten Silt- und Feinsandsteinen.

Litho- und Biofazies: Der Voltziensandstein ist eine fluviatile Ablagerung der Küstenebene mit marinen Einflüssen. Mäanderförmige Flussrinnen-Ablagerungen wie in den Profilen an der Anschlussstelle an die A8/A62 sind typisch, aber nicht immer angeschnitten. Aktive Uferdämme boten Lebensraum für Sphenophyten, auf erhöhten, trocken gefallenen Sandablagerungen wuchsen Koniferen. Dazwischen und im Hangenden davon sind feinkörnige Ablagerungen der Alluvialebene verbreitet. Vereinzelt gibt es dort grün gefärbte Schlickablagerungen, die Pflanzenreste, Crustaceen und Haieier überlieferten. Das Relief war so flach, dass ein- bis zweimal marine Ablagerungen auf die Alluvialebene übergriffen (gelbe dolomitische Silt- bis Feinsandsteine). Die erweiterte Deutung des Voltziensandsteins im Elsass und Pfälzer Wald als Alluvialebene mit Marschlandschaften und als potentielle Eindampfungsphasen gedeutete dolomitische Sandlagen (BINDIG & BACKHAUS 1995) kann für Pirmasens ebensowenig nachvollzogen werden, wie die Deutung als Deltaablagerung (GALL 1971, GALL & GRAUVOGEL-STAMM 2005). Es sind botanisch weder in Pirmasens noch im Elsass Marschlandschaften belegbar. Die dolomitischen Sandlagen enthalten marine Fossilien, die - wie die Crinoiden - eine längere Wachstumsphase unter normal marinen Bedingungen benötigen. Eine Deltaablagerung würde - wie BINDIG & BACKHAUS (1995) darlegen - eine Kornvergröberung zum Top aufweisen, der Voltziensandstein wird aber nach oben hin feinkörniger.

Sequenzstratigrafie bzw. Korrelation mit der Becken-Lithostratigrafie: Zwischenschichten und Voltziensandstein entsprechen zusammen der Röt-Folge (s7) der Beckengliederung. BOURQUIN et al. (2006) lassen ihre Sequenz B6 in den oberen „Couches intermédiaires" beginnen; innerhalb des „Grès à Voltzia" sehen sie den Beginn der Sequenz B7, die noch bis zum Top des Unteren Muschelkalks reicht. Die Sequenzgrenze B5/B6 sowie B6/B7 ist in unseren Aufschlüssen nicht erkennbar. Der Voltziensandstein gehört zum transgressiven Teil des Anisium-Carnium-Großzyklus' (BOURQUIN et al. 2006: Abb. 1A).

Unterer Muschelkalk (Muschelsandstein, mu1S)

Ablagerungen des Unteren Muschelkalks folgen im Untersuchungsgebiet mit scharfer lithologischer und farblicher Grenze über dem Voltziensandstein. Im Norden (AnschlussstelleA8/A62) liegt basal eine fossilreiche Dolosteinbank von ca. 0,5 m Mächtigkeit (Grenzdolomit, SPUHLER 1957, bzw. „Grenzgelbkalk", HAGDORN 1991). In der Mitte (Großheimer Tal-Brücke) und im Süden (Station 22+280) verzahnt sich ein pflanzenführender gelbgrauer dolomitischer Sandstein mit einer fossilreichen gelben Dolosteinbank. Am Riegelwieser Brunnen (Profil bei Station 20+000) und in der Verbindung zwischen Winzelner Straße und Blocksbergstraße sind noch mehrere Meter Muschelsandstein (mu1S) erhalten, Mergelige Schichten (mu1Me) werden nicht erreicht. Oberhalb der basalen Dolosteinbank folgen bioturbierte olivfarbene Mergelbänke mit unterschiedlichem Siltgehalt und weitere, aber feinplattige Dolosteinbänke. Sie sind teilweise fossilreich. Nur am Riegelwieser Brunnen liegt über der basalen Dolosteinbank ein blaugrauer bioturbierter bis fein geschichteter fossilreicher Siltstein mit Karbonatknöllchen (Abb. 7). Dort wird mit ca. 6 m die größte aufgeschlossener Mächtigkeit des Muschelsandsteins im Untersuchungsgebiet erreicht. KONRAD (1975) gibt insgesamt 7 bis 8 m an.

Fossilführung: Der basale Dolostein führt Bivalven (u.a. *Myophoria*), viele phosphatische *Lingula*-Schalen, *Acrodus*-Zähne, Actinopterygier-Schuppen und -Zähne, Wirbel und Rippen von Meeresreptilien sowie einen *Placodus*-Pflasterzahn. Der blaugraue Siltstein vom Riegelwieser Brunnen führt selten Trochiten und pyritisierte ?*Lingula*, *Acrodus*-Zähne, Actinopterygier-Schuppen, einen Kiefer von cf. *Colobodus*, einen *Placodus*-Pflasterzahn, Knochen/-bruch (wahrscheinlich von Tetrapoden) sowie Koprolithen. Die olivfarbenen Mergel in der Verbindung Winzelner Straße/Blocksbergstraße führen Grabgänge (viele einfach gebaute, selten aff. *Chondrites*), Pflanzenreste (auch Fusit), Linguliden, Bivalven (u.a. Pectinide), Ceratiten (plattgedrückt und überwiegend fragmentiert), Trochiten, Actinopterygier-Schuppen und -Knochen, selten Tetrapodenreste sowie Koprolithen.

Litho- und Biofazies: Es handelt sich um flachmarine Ablagerungen. Basal bezeugen schräg geschichtete dolomitische Sandsteine rand- oder flachmarine Rinnensedimente (Gezeitenrinnen?), die sich mit flachmarinen sandigen Dolosteinen verzahnen. Der hohe Magnesiumgehalt spricht für die flache Randmeer-Position der Westpfalz, nach Osten zum Beckenzentrum hin (Haardt und Schwarzwald) sind bereits calciumreichere Karbonate gebildet worden (LGB 2005: 164). Der darüber liegende blaugraue karbonatische Siltstein des Riegelwieser Brunnens sowie die gelbgrauen fossilführenden sandigen Mergel mit Ceratiten zwischen Winzelner Straße und Blocksbergstraße belegen tieferes bzw. stilleres Wasser. Pflanzenhäcksel in den hangenden olivfarbenen Sedimente in der Verbindung zwischen Winzelner Straße und Blocksbergstraße weisen auf anhaltenden Festlandseinfluss und damit randmarine Verhältnisse hin. Die Tierwelt ist vollmarin. Bivalven, Brachiopoden, Echinodermen, Haie, Knochenfische und marine Tetrapoden belegen ein artenreiches und sicher nährstoffreiches Flachmeer.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Sequenzstratigrafie bzw. Korrelation mit der Becken-Lithostratigrafie: Der gelbe Dolostein an der Basis des mu1 entspricht mutmaßlich dem „Grenzgelbkalk" der Beckengliederung; nach KEDZIERSKI (2000) repräsentiert jener bereits wieder den LST der mu1-Sequenz. Der Muschelsandstein gehört nach BOURQUIN et al. (2006) in den transgressiven Teil des Anisium-Carnium-Großzyklus'.

4 Sequenzstratigrafie

Die großflächigen Aufschlüsse beim Neubau der L600 gestatteten einen detaillierten Einblick in die jüngste „Sequenz" des Buntsandsteins (sensu DACHROTH 1988) und den basalen Muschelkalk. Der Übergang und die Korngrößenabnahme des mittleren Flussabschnitts verflochtener Flusssysteme (Zwischenschichten) zu mäandrierenden Flussläufen der Küstenebene (Voltziensandstein) und schließlich randmarinen Flachwasserablagerungen (Muschelkalk) ist sehr gut aufgeschlossen und komplett lithologisch und biofaziell dokumentiert.

Im späten Olenekium transgredierte das Meer langsam von Polen in das Germanische Becken (HAGDORN 1991). Der größte Teil des Oberen Buntsandsteins ist in Südwestdeutschland paralisch ausgebildet (Rötton). Ihnen entspricht im Pfälzerwald der Voltziensandstein (STD 2002) bzw. in den Vogesen der „Grès à Voltzia" (DURAND 1998). Nach BOURQUIN et al. (2006: Abb. 9) sind dabei die lithostratigrafischen Einheiten des Buntsandsteins über größere Entfernungen nicht zeitgleich, sondern laufen schräg durch die Zeit (nichtisochrone Fazieseinheiten) und dokumentieren damit die schrittweise Transgression des Meeres von Ost nach West.

Der Anstieg des Meeresspiegels ist im Pfälzerwald an der Änderung des fluviatilen Milieus abzulesen. Das Hauptkonglomerat markiert eine Erosion des Hinterlandes (DACHROTH 1988), interpretiert als Meerestiefstand (LST). In den Zwischenschichten dominieren Ablagerungen verflochtener Flüsse mit Extra- und Intraklasten. Im Voltziensandstein dominieren Alluvial-Ablagerungen mit Intraklasten, abgelagert in mäandrierenden Rinnen. Beide zusammen zeigen steigenden Meeresspiegel an (TST). Zwei bis drei kurzfristige marine Überflutungen der Alluvialebene am Top des Voltziensandsteins sowie schließlich die Überlagerung durch marine Flachwasser-Sedimente des basalen Muschelsandsteins belegen einen vorläufigen Meereshöchststand (HST). Der „Grenzgelbkalk" repräsentiert nach KEDZIERSKI (2000) eine kleine Regression (LST). Die maximal flooding surface (mfs) des Anisium-Carnium-Großzyklus' wird nach BOURQUIN et al. (2006: Abb. 1A) erst im hier nicht mehr behandelten Oberen Muschelkalk erreicht.

5 Fossilfunde im Oberen Buntsandstein und Unteren Muschelkalk des Pfälzerwaldes

Es werden getrennt nach Literaturhinweisen und Neuaufsammlungen die Funde aus dem Oberen Buntsandstein und Muschelkalk des Pfälzerwaldes zusammengefasst.

5.1 Bisherige Funde

Zwischenschichten

Bisher wurden für den Pfälzerwald hieraus nur arenicoloide Spurenfossilien genannt (SPUHLER 1957).

Voltziensandstein

Frühere Fossilfunde im Voltziensandstein von Pirmasens wurden von SPUHLER (1957: *Chirotherium*-Fährte) und KONRAD (1975: Pflanzenfunde und fragliche Crinoiden) aufgeführt. Für den Pfälzerwald (v.a. Fundstelle Zweibrücken-Bubenhausen) sind weiterhin arenicoloide Spurenfossilien, Koniferen, Farne, Sphenophyten, Gastropoden, Bivalven, Conchostraken, Crinoiden, Haieier, Haizähne und Tetrapoden-Fährten publiziert (GÜMBEL 1865, AMMON & REIS 1903, FRENTZEN 1932, SPUHLER 1957).

Unterer Muschelkalk

Im den basalen Muschelsandsteinschichten (Grenzgelbkalk, Muschelsandstein) sind Bivalven, Ceratiten, Linguliden, Crinoiden und Meeresreptilien dokumentiert worden (diverse Einzelpublikationen, vor allem über den ehemaligen Steinbruch Zweibrücken-Bubenhausen; GÜMBEL 1865, AMMON & REIS 1903: 146, SPUHLER 1957: 198, KONRAD 1983, SACHS 1997).

5.2 Beschreibung der Neufunde von der L600

Neufunde für die Zwischenschichten der Pfalz sind ein Tetrapoden-Zahn sowie Tetrapoden-Knochen aus Dolomit?-Brekzien (solche Fossilfunde waren bisher nur rechtsrheinisch bekannt, u.a. ORTLAM 1967, KAMPHAUSEN & ORTLAM 1993) sowie Pflanzenreste, Fisch- und Crustaceen-Funde aus grünen Siltsteinen. Im Unteren Muschelkalk der Pfalz konnten erstmals Haizähne nachgewiesen werden. Die bisher bekannte Flora und Fauna konnte deutlich ergänzt werden. Zudem werden die Fossilfunde erstmals in einen lithofaziellen Kontext gestellt und paläoökologisch interpretiert.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

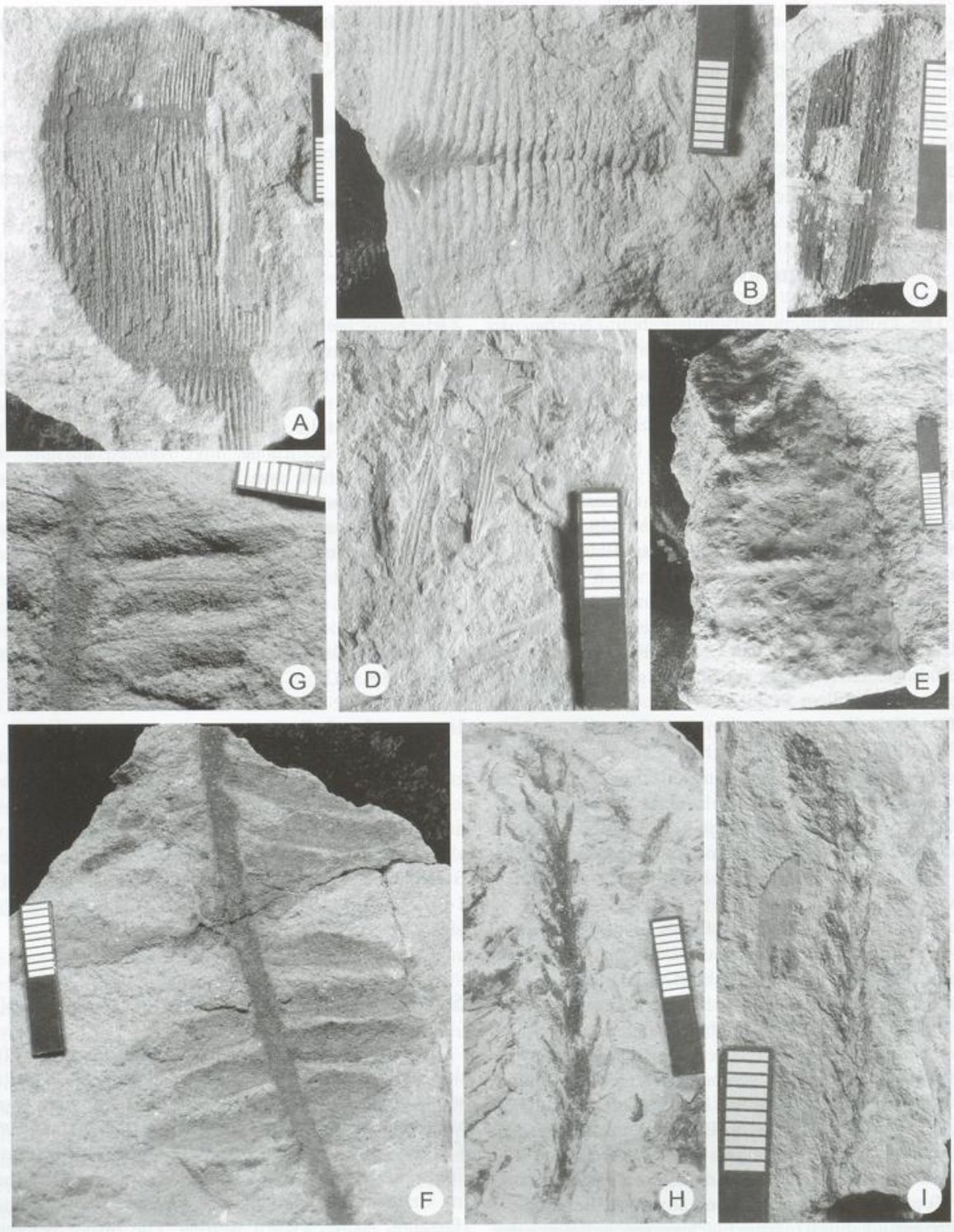


Abb. 10: Makropflanzen des Voltziensandsteins (A, B, D bis I) und des Muschelsandsteins (C) der Umgehungsstraße Pirmasens (L600) (Fotos: D. Uhl). A: *Equisetites* sp., (Landessammlung für Naturkunde Rheinland-Pfalz, PB 2006/5515-LS; Anschlussstelle an A8/A62); Maßstab = 20 mm. B: *Equisetites* sp., Detail der Nodallinie (PB 2006/5520-LS; Anschlussstelle an A8/A62); Maßstab in mm. C: *Equisetites* sp. mit Geweberesten in anatomischer Erhaltung (PB 2006/5523-LS; Verbindung Winzelner Straße/Blocksbergstraße); Maßstab = 20 mm. D: Sphenophyta (?) incertae sedis, die prominente Längsstreifung der Fragmente könnte auf eine Zugehörigkeit zur Gattung *Schizoneura* hindeuten (PB 2006/5521-LS; Anschlussstelle an A8/A62); Maßstab = 20 mm. E: Problematikum (fragliche Lycophyten-Achse?) (PB 2006/5524a-LS; Anschlussstelle an A8/A62); Maßstab = 20 mm. F: *Neuropteridium* sp. (Sammlung Raisch Kaiserslautern, o. Nr.; Anschlussstelle an A8/A62); Maßstab = 20 mm. G: Detail vom Gegendruck zu F; Maßstab in mm. H: Zweigrest von *Voltzia* sp. (PB 2006/5522-LS; Anschlussstelle an A8/A62); Maßstab = 20 mm. I: Triebspitze von *Voltzia* sp. (PB 2006/5517-LS; Anschlussstelle an A8/A62); Maßstab in mm.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

5.2.1 Plantae

Von verschiedenen Fundstellen aus dem Voltziensandsteins (vor allem der Anschlussstelle A8/A62) konnte eine moderat diverse Makroflora geborgen werden. Zur Mikroflora kann zur Zeit leider keine Aussage gemacht werden, da sich die bisher untersuchten Proben aus einer grünen Tonlinse der Oberen Zwischenschichten (Einschnitt Rimschberg) als palynologisch steril erwiesen haben (W. M. KÜRSCHNER, Universiteit Utrecht (NL), pers. Mitt. 2008).

Algae

An verschiedenen Fundpunkten der Neubaustrecke kommen zahlreiche langgestreckte, mehr oder weniger fädige organische Reste vor, bei denen es sich wahrscheinlich um die Thalli nicht näher bestimmbarer Algen handelt, für die ein aquatischer Lebensraum anzunehmen ist.

Sphenophyta

***Equisetites* sp.**

Reste von zur Gattung *Equisetites* STERNBERG zu stellenden Achsen bzw. Marksteinkernen sind in verschiedenen untersuchten Schichten und Lokalitäten der Oberen Zwischenschichten, des Voltziensandsteins und des Muschelsandsteins sehr häufig (Abb. 10A – C), aber generell zu fragmentarisch, um sie sicher einer der bekannten Arten dieser Gattung zuzuordnen. FRENTZEN (1932) konnte aus dem Voltziensandstein von Zweibrücken-Bubenhausen die im Buntsandstein weit verbreitete Art *Equisetites mougeotii* BRONGNIART nachweisen.

Von besonderem Interesse für weiterführende Untersuchungen sind teil-permineralisierte Reste, die noch Spuren der inneren Anatomie erkennen lassen, da - von wenigen bisher bekannt gewordenen Lokalitäten abgesehen - anatomisch erhaltene Pflanzenreste im Buntsandstein selten sind und bisher nur wenig Beachtung fanden (vgl. UHL & LEPPER 2006).

Die Schachtelhalme können, wie auch an anderen pflanzenführenden Lokalitäten im Buntsandstein (MÄGDEFRAU 1968, DOBRUSKINA 1994), als Elemente der feuchtigkeitsliebenden Vegetation angesehen werden, die am Rande von Fließgewässern bzw. stehenden Gewässern wuchsen.

Sphenophyta incertae sedis

Es liegen mehrere sehr fragmentarische, langgestreckte Blattreste (ca. 2 bis 3 mm breit) vor, die evtl. zu den Sphenophyta gehören könnten (Abb. 10D). Eine Zugehörigkeit zu der bereits von anderen Fundstellen im Raum Zweibrücken bekannten Gattung *Schizoneura* SCHIMPER & MOUGEOT (z.B. HOFFMANN 1906, FRENTZEN 1932) ist, basierend auf den erkennbaren morphologischen Merkmalen (prominente Längsstreifung), möglich, jedoch aufgrund der Fragmentierung der Reste nicht zu verifizieren.

Filicophyta

***Neuropteridium* sp.**

Von einer Erddeponie, die beim Bau der Anschlussstelle A8/A62 angelegt wurde, konnte von M. Raisch, Kaiserslautern, ein etwa 8 cm langes und 4,5 cm breites Wedelfragment des Buntsandsteinfarnes Neuropteridium Schimper geborgen werden (Abb. 10F und G). Allerdings kann dieses Stück aufgrund seiner fragmentarischen Erhaltung und der relativ schlechten Erhaltung der Aderung keiner der aus dem Buntsandstein bekannten Arten dieser vor Kurzem revidierten Gattung (VAN KONIJNENBURG-VAN CITTERT et al. 2006) eindeutig zugeordnet werden.

Für eine Zuordnung zu *Neuropteridium voltzii* (BRONGNIART) SCHIMPER spräche vor allem die Länge der leider nur fragmentarisch erhaltenen Fiedern, die bei dieser Art bis 5 cm lang werden können (BLANCKENHORN 1886, VAN KONIJNENBURG-VAN CITTERT et al. 2006). Während bei der ebenfalls aus dem Voltziensandstein bekannten Art *Neuropteridium elegans* (BRONGNIART) SCHIMPER die Fiedern nur maximal 15 bis 20 mm lang wurden (VAN KONIJNENBURG-VAN CITTERT et al. 2006), sind bei dem vorliegenden Stück die längsten vorliegenden Fiederfragmente, ohne die fehlende Apex, 20 mm lang. Eine definitive Artzuordnung ist, allein auf diesem Merkmal basierend, nicht möglich.

Coniferophyta

Generell ist bei den Koniferen des Buntsandsteins davon auszugehen, dass es sich um die Bewohner eher trockener Standorte handelt, wie man es auch für die stammesgeschichtlich älteren Koniferen des Perms annimmt (KERP 2000).

***Voltzia heterophylla* BRONGNIART**

Es liegen mehrere Stücke vor, die aufgrund der Morphologie der Nadeln, deren Heterophyllie, sowie der Morphologie der weiblichen Zapfen zu dieser Typusart des Voltziensandsteins gestellt werden können (Abb. 10H und I; Abb. 11).

Den Interpretationen von SCHWEITZER (1996) folgend, repräsentiert die Gattung *Voltzia* BRONGNIART eine Durchläufergattung, die erstmals mit *Voltzia hexagona* (BISCHOFF) SCHWEITZER im mittleren Perm auftaucht. Nach neueren Ergebnissen sind die entsprechenden Fundstellen jedoch in das obere Perm einzuordnen (Deutsche Stratigraphische Kommission 2002, LOOY 2007). Sie kann über *Pseudovoltzia*

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

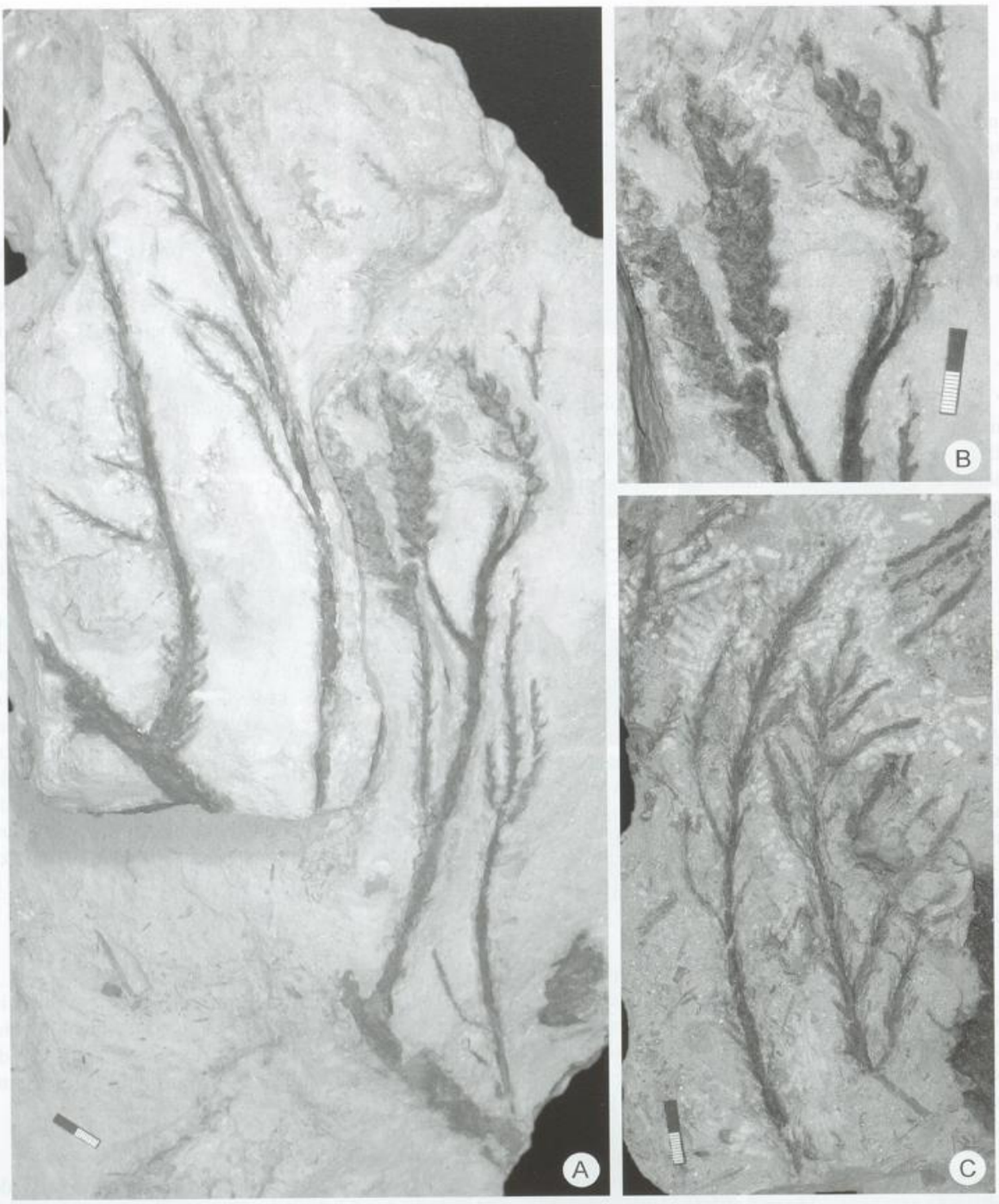


Abb. 11: *Voltzia heterophylla* aus dem Voltziensandstein der Umgehungsstraße Pirmasens (L600) (Fotos: D. Uhl). A: *Voltzia heterophylla*, großes Astfragment mit ansitzenden weiblichen Zapfen (Sammlung Raisch Kaiserslautern, ohne Nummer; Anschlussstelle an A8/A62); Maßstab = 20 mm. B: *Voltzia heterophylla*, weibliche Zapfen, Ausschnitt aus A; Maßstab = 20 mm. C: *Voltzia heterophylla*, sterile Astfragmente, Rückseite von A; Maßstab = 20 mm.

liebeana (GEINITZ) FLORIN bzw. *Voltzia liebeana* GEINITZ (nach SCHWEITZER 1996) aus dem Zechstein direkt an die triassischen Formen angeschlossen werden. Deren Evolution wurde nicht oder kaum durch die Perm-Trias-Krise beeinflusst. Diese Interpretation ist jedoch nicht ganz unumstritten, da noch nicht abschließend geklärt werden konnte, ob die permischen Vertreter wirklich zur Gattung *Voltzia* oder zur von SCHWEITZER (1996) abgelehnten Gattung *Pseudovoltzia* FLORIN gestellt werden müssen (UHL 2004).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Tabelle 2: Vergleich der von FRENTZEN (1932) angeführten Pflanzentaxa aus dem Voltziensandstein von Zweibrücken-Bubenhausen (Nomenklatur aktualisiert nach GRAUVOGEL-STAMM 1978, ARNDT 2002 und VAN KONIJNENBURG-VAN CITTERT et al. 2006) und der aktuellen Funde von der L600 bei Pirmasens.

	FRENTZEN (1932)	diese Studie
Equisetites mougeotii BRONGIART	X	
Equisetites sp.		X
Schizoneura paradoxa SCHIMPER et MOUGEOT	X	?
Anomopteris mougeotii BRONGNIART (inkl. *Pecopteris sulziana* als dessen Jugendform)	X	
Neuropteridium elegans (BRONGNIART) SCHIMPER	X	
Neuropteridium sp.		X
Scolopendrites scolopendrioides (BRONGNIART) VAN KONIJNENBURG-VAN CITTERT, KUSTATSCHER et WACHTLER	X	
Thamnopteris vogesiaca SCHIMPER	X	
Lesangeana hasseloti MOUGEOT	X	
Pterophyllum hogardi SCHENK	X	
Zamites vogesiacus SCHIMPER et MOUGEOT	X	
Carpolithes sp.	X	
Samen indet.		X
Voltzia heterophylla BRONGNIART	X	X
Voltzia sp.		X
Albertia elliptica SCHIMPER	X	
Albertia sp.		X
Pelourdea vogesiaca (SCHIMPER) SEWARD		X
Aetophyllum stipulare BRONGNIART	X	
Ruehleostachys sp.	X	X
Problematikum (fragliche Lycophyten-Achse?)		X

LOOY (2007) geht aufgrund der Morphologie der weiblichen Zapfenschuppenkomplexe („ovuliferous dwarf-shoots") davon aus, dass es sich bei *Voltzia hexagona* und *Pseudovoltzia liebeana* um zwei unabhängige Entwicklungslinien handelt, die auf einen gemeinsamen Urahnen zurückgehen.

Voltzia sp.

Neben Resten von *Voltzia heterophylla* liegen noch zahlreiche weitere Koniferenreste vor, die aufgrund ihrer generellen Morphologie zwar zur Gattung *Voltzia* gestellt werden können, bei denen aber eine genaue Artbestimmung aufgrund der Erhaltung bzw. der geringen Fragmentgröße nicht möglich ist. Von besonderem Interesse ist hier ein Rest, der morphologische Ähnlichkeiten zu *Voltzia walchiaeformis* FLICHE aufweist (Abb. 12A).

cf. _Albertia_ sp.

Wenige fragmentarische Koniferen-Reste mit relativ kurzen und breiten Nadeln ähneln in ihrer Morphologie der mit mehreren Arten aus dem Voltziensandstein bekannten Koniferengattung *Albertia* SCHIMPER (Abb. 12B). Sie wurde, mit der Art *Albertia elliptica* SCHIMPER, bereits von FRENTZEN (1932) aus dem Voltziensandstein von Zweibrücken-Bubenhausen beschrieben. Die hierher zu stellenden Stücke sind jedoch durchweg zu klein, um eine sichere Bestimmung auf Artniveau zu ermöglichen.

***Pelourdea vogesiaca* (SCHIMPER) SEWARD**

Ein ± keilförmiges, etwa 9 cm langes Fragment eines 1,3 cm (basal) bis 3,3 cm breiten Blattes mit vorwiegend paralleler, mehrfach? gegabelter Nervatur stammt von der Anschlussstelle A8/A62 der L600 (Abb. 12C und D). Aufgrund der Morphologie und des Verlaufs der Aderung kann dieses Fragment der enigmatischen Konifere *Pelourdea vogesiaca* zugeordnet werden, die 1844 von SCHIMPER als *Yuccites vogesiacus* aus dem Voltziensandstein des Elsass beschrieben wurde. Dieses Taxon war bisher aus dem südwestpfälzischen Buntsandstein noch nicht bekannt.

***Ruehleostachys* sp.**

Es liegt ein männlicher Zapfen im Querbruch vor, 2,2 cm breit, 4,7 (5,0?) cm lang, mit einer etwa 3 mm starken Zapfenachse, aus dem Voltziensandstein der Anschlussstelle A8/A62. Aufgrund seiner

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

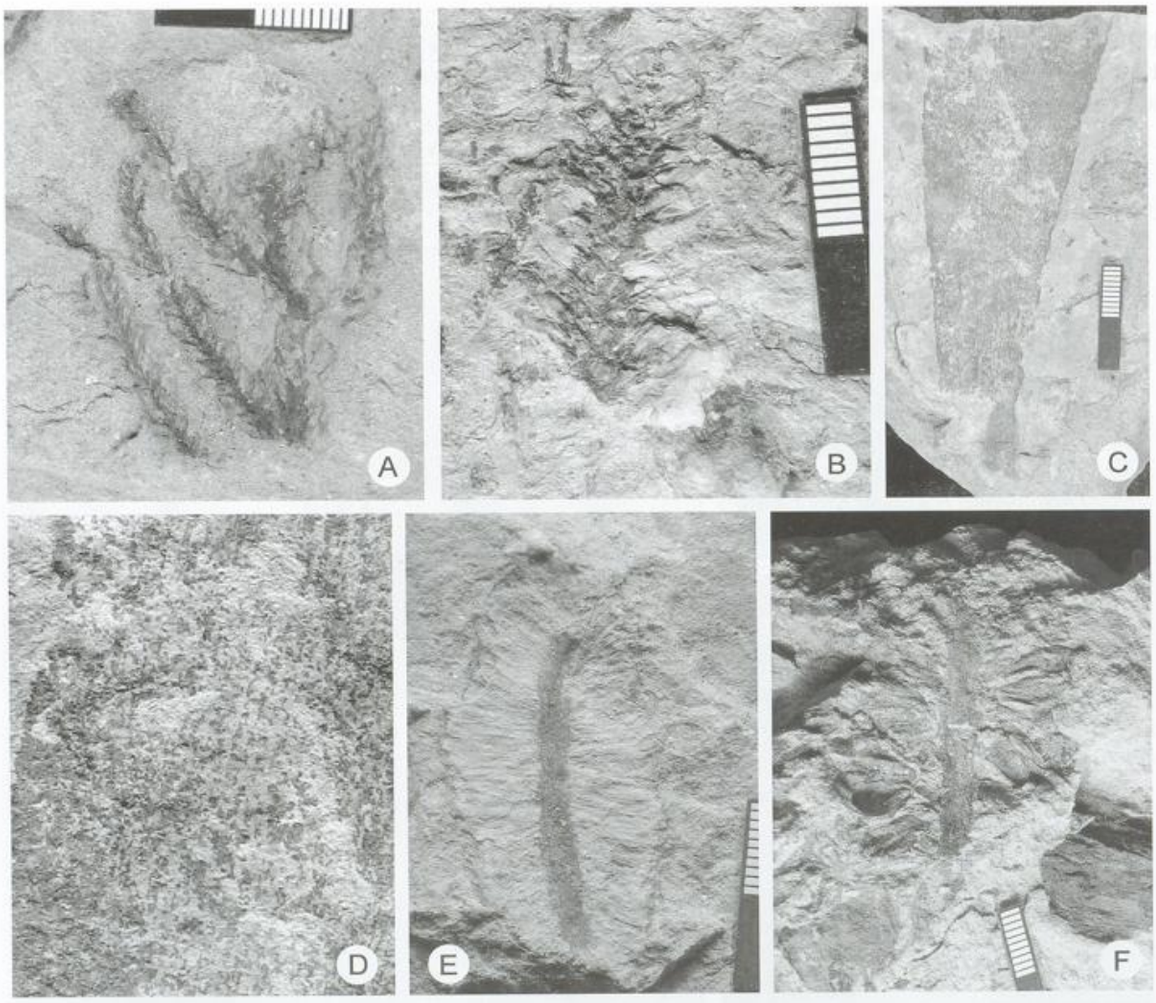


Abb. 12: Koniferen aus dem Voltziensandstein der Umgehungsstraße Pirmasens (L600) (Fotos: D. Uhl). A: *Voltzia* sp., das Stück zeigt große Ähnlichkeit zu *Voltzia walchiaeformis* (PB 2006/5516-LS; Anschlussstelle an A8/A62); Maßstab = 20 mm. B: cf. *Albertia* sp. (PB 2006/5514-LS; Anschlussstelle an A8/A62); Maßstab = 20 mm. C: *Pelourdea vogesiaca*, Blattfragment (PB 2006/5517-LS; Anschlussstelle an A8/A62); Maßstab = 20 mm. D: *Pelourdea vogesiaca*, Detail der Aderung aus C. E: *Ruehleostachys* sp. (PB 2006/5519a-LS; Anschlussstelle an A8/A62); Maßstab = 20 mm. F: ♀-Koniferen(?)-Zapfen (PB 2006/5526b-LS; Anschlussstelle an A8/A62); Maßstab in mm.

Morphologie kann er zur Gattung *Ruehleostachys* ROSELT gestellt werden (Abb. 12E). Nach ARNDT (2002) handelt es sich bei dem bisher für solche Zapfen aus dem Buntsandstein verwendeten Gattungsnamen *Willsiostrobus* GRAUVOGEL-STAMM et GRAUVOGEL um ein jüngeres Synonym, da die Diagnosen der beiden Gattungen identisch sind. Wichtigstes Artmerkmal der einzelnen Arten der Gattung *Ruehleostachys* ist die Form der distalen Schildchen der peltaten Sporophylle (z.B. GRAUVOGEL-STAMM & SCHAARSCHMIDT 1979), die bei dem vorliegenden Stück aufgrund der Erhaltung im Querbruch jedoch nicht zu erkennen sind. Daneben sind aber sekundär auch die Form der Zapfen und deren Dimensionen für die einzelnen Arten mehr oder minder charakteristisch. Ein Vergleich mit den von GRAUVOGEL-STAMM (1978: Tab. 14) angegebenen Maßen für verschiedene Arten der Gattung *Ruehleostachys* (= *Willsiostrobus*) aus dem Voltziensandstein des Elsass zeigt, dass die Dimensionen unseres Zapfens gut mit denen von *Ruehleostachys ligulatus* (GRAUVOGEL-STAMM) ARNDT übereinstimmen. Eine relativ gute Übereinstimmung besteht allerdings auch mit *Ruehleostachys rhomboidalis* (GRAUVOGEL-STAMM) ARNDT, dem mutmaßlichen männlichen Zapfen von *Pelourdea*, wobei bei dieser Art jedoch in der Regel die Achsen der Zapfen deutlich kräftiger sind (6 bis 8 mm) als bei unserem Stück (ca. 3 mm).

♀-Koniferen(?)-Zapfen

Ein Fragment eines mutmaßlichen weiblichen (?)Koniferen-Zapfens im Querbruch, ca. 5 cm lang und 3,5 cm breit, mit einer ca. 4 mm breiten Zapfenachse

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

stammt von der Anschlussstelle A8/A62 der L600 (Abb. 12F). Aufgrund der schlechten Erhaltung ist die Form der taxonomisch wichtigen Zapfenschuppenkomplexe jedoch nicht erkennbar, sodass hier, auch in Anbetracht einer dringend notwendigen Revision der weiblichen Koniferenzapfen des Voltziensandsteins, von einer näheren Beschreibung und Interpretation dieses Stückes abgesehen wird.

Pflanzen incertae sedis

Samen indet.

Mehrere Gymnospermen-Samen liegen vor, die jedoch aufgrund ihrer schlechten Erhaltung nicht näher bestimmt werden können.

Problematikum (fragliche Lycophyten-Achse)

Es handelt sich um einen teilweise räumlich erhaltenen Abdruck einer Pflanzenachse, 6 cm lang und 3 cm breit, mit in diagonalen Reihen angeordneten ± kreisförmigen, narbenartig wirkenden Oberflächenstrukturen von ca. 1,5 bis 2 mm Durchmesser (Abb. 10E).

Die Form und Anordnung der ± kreisförmigen, narbenartig wirkenden Oberflächenstrukturen erinnert stark an Strukturen bei verschiedenen paläozoischen (z.B. *Stigmaria*) oder mesozoischen (z.B. *Annalepis*, *Pleuromeia*) Lycophyten, ohne dass es eine vollständige Übereinstimmung gäbe. Während bereits FLICHE (1903, 1909 und 1910) über das mögliche Vorkommen von Lycophyten-Achsen und Rhizophoren im Voltziensandstein spekulierte und mögliche Funde der Gattung *Pleuromeia* (GRAUVOGEL-STAMM 1978) zweifelhaft bleiben (GRAUVOGEL-STAMM 1991), konnte GRAUVOGEL-STAMM (1991), basierend auf Sporophyllen mit kugeligen Sporangien, die neue Lycophyten-Gattung *Bustia* mit der Art *B. ludovici* aufstellen und damit diese Gruppe erstmals definitiv für den Voltziensandstein nachweisen.

Fusit

Der Fund eines etwa 2 x 3 cm großen, verkohlten Holzstückes aus grüngelbem Feinsandstein des Voltziensandsteins (Anschlussstelle A8/A62) stellt weltweit den ersten makroskopischen Nachweis von Paläo-Vegetationsbränden während der tieferen Mittleren Trias (Indusium bis Anisium) dar und schließt damit die bisher bestehende zeitliche Lücke zwischen dem obersten Changhsingium (UHL et al. 2007) und dem oberen Ladinium (KELBER 1999, 2001, 2003 und 2007) in der (publizierten) Überlieferung fossiler Holzkohle.

Weitere kleinere Fusite sind aus olivfarbenen Mergeln des tiefen Muschelsandsteins (mu1S) der Verbindung Winzelner Straße/Blocksbergstraße geborgen geworden.

Anmerkungen zur Flora

In der älteren Literatur werden aus dem Zweibrücker Raum (vor allem aus den Bubenhausener Brüchen) zahlreiche Reste fossiler Pflanzen erwähnt (AMMON & REIS 1903, HOFFMANN 1906, FRENTZEN 1932). Leider konnte trotz intensiver Nachforschung bisher der Verbleib dieser Sammlungen nicht abschließend geklärt werden. HOFFMANN (1906) verweist zwar auf die Sammlung des Naturkundemuseums in Zweibrücken, es scheint im Moment jedoch so, als ob diese Sammlung im 2. Weltkrieg bei oder kurz nach den Bombardierungen Zweibrückens verloren ging (Frau Dr. C. GLÜCK-CHRISTMANN und Herr MICHELS, beide Zweibrücken, mündl. Mitt. 2007).

Die aktuellste und umfassendste Übersicht über die Flora des Voltziensandsteins der Bubenhausener Brüche gibt FRENTZEN (1932) in Form einer Liste. Eine Gegenüberstellung der Frentzen'schen Liste mit den neuen Funden (Tab. 2) zeigt, dass die Flora des pfälzischen Voltziensandsteins wohl viel umfassender war, als es sich in den neuen Funden widerspiegelt. Das einzige neu gefundene Taxon ist die enigmatische Konifere *Pelourdea vogesiaca*, die jedoch im oberen Buntsandstein Mitteleuropas weit verbreitet ist (SCHLÜTER & SCHMIDT 1927, GRAUVOGEL-STAMM 1978, DOBRUSKINA 1994, KUSTATSCHER et al. 2004).

Alles in allem wurden bei Pirmasens typische Elemente der bereits seit längerem bekannten Flora des Oberen Buntsandsteins gefunden. In den Oberen Zwischenschichten fanden wir nur schmale ?*Equisetites*-Achsen. Im Voltziensandstein sind ebenfalls sehr häufig *Equisetites*-Reste, deren Wuchsort ebenso wie derjenige der fraglichen *Schizoneura*-Fragmente in der direkten Nähe der fließenden bzw. stehenden Gewässer zu suchen ist. Vor allem wurden jedoch Elemente gefunden, die wohl an (etwas) trockenere Wuchsbedingungen angepasst waren. Hierzu zählen vor allem die verschiedenen Koniferen, aber auch zahlreiche andere Buntsandsteinpflanzen (auch Farne), die xerophile Anpassungen zeigen (FRENTZEN 1914, MÄGDEFRAU 1968).

5.2.2 Animalia

Bivalvia

Juvenile glattschalige Bivalven treten in den Oberen Zwischenschichten des Einschnitts Rimschberg auf. Sie sind noch nicht bestimmt.

Eine ebenfalls noch unbestimmte Bivalve fanden wir im dolomitischen Feinsandstein des Voltziensandsteins an der Verbindung Winzelner Straße/Blocksbergstraße.

Myophoria sp. kommt im Grenzgelbkalk der Großheimer Tal-Brücke vor. Pectiniden und andere Bivalven

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

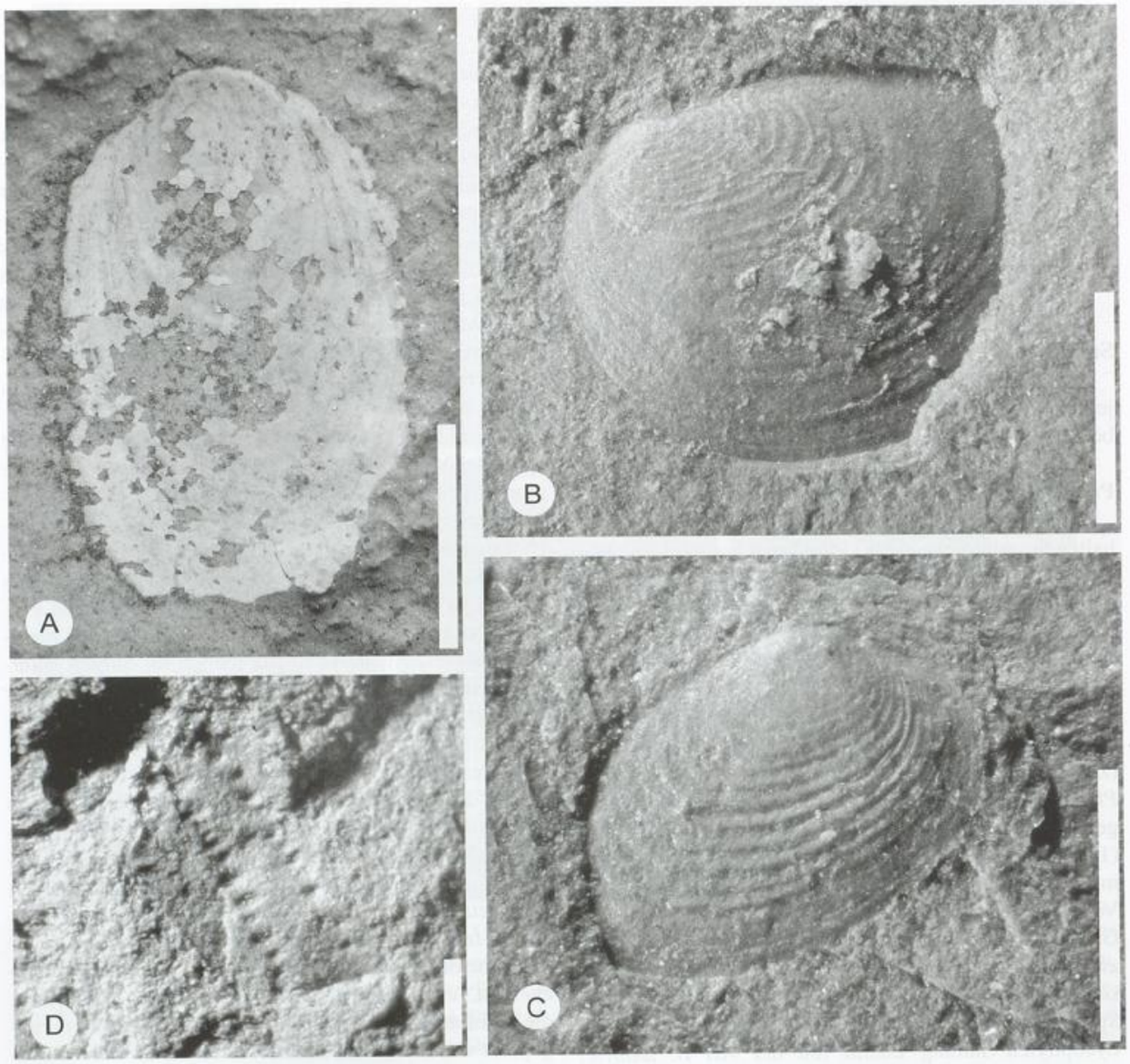


Abb. 13: Invertebraten von der Umgehungsstraße Pirmasens (L600). A: *Lingula tenuissima*, Muschelsandstein (PWL 2007/5010-LS; Verbindung Winzelner Straße/Blocksbergstraße); Maßstab = 10 mm (Foto: M. Poschmann). B, C: Conchostrake *Euestheria* sp., Obere Zwischenschichten (B: PWL2007/5009-LS, C: PWL2007/5008-LS; Einschnitt Rimschberg); Maßstab = 2 mm (Fotos: M. Poschmann). D: Triopsiden-Körperringe, Voltziensandstein (PWL 2008/5011-LS; Gersbachtal-Brücke); Maßstab = 1 mm (Foto: T. Schindler).

sind schließlich im Muschelsandstein der Verbindung Winzelner Straße-Blocksbergstraße häufig.

Cephalopoda

Plattgedrückte unbestimmbare Ammonoideen-Gehäuse (?Ceratiten) sind im Muschelsandstein (Verbindung Winzelner Straße-Blocksbergstraße) häufig.

Brachiopoda

Linguliden treten im Grenzgelbkalk (Anschlussstelle A8/A62), im Siltstein darüber (Riegelwieser Brunnen) sowie im Muschelsandstein (Verbindung Winzelner Straße/Blocksbergstraße) auf (Abb. 13A). Es handelt sich um den schlosslosen Brachiopoden *Lingula tenuissima* BRONN. Er weist Schalenlängen von meist 10 bis 20 mm auf und lebte weitgehend eingegraben in individuenreichen Populationen in den Flachwasserzonen. Im Voltziensandstein der Vogesen tritt die Art massen-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

haft auf, wobei die Tiere oft in Lebendstellung innerhalb ihrer Bauten erhalten sind (z.B. MADER 1984a).

Crustacea

Viele Funde von Conchostraken konnten aus einem Siltstein der Oberen Zwischenschichten (Einschnitt Rimschberg; Abb. 13B – C) und aus sandigem Siltstein des Voltziensandsteins (Halde Baulager südlich Gersbachtal-Brücke) geborgen werden. Sie lassen sich *Euestheria* sp. zuordnen, einer Gattung, die mit mehreren Arten im europäischen Buntsandstein vertreten ist und brackische bis Süßwasser-dominierte Habitate besiedelte. Ein Vergleich und damit eine genauere Bestimmung steht noch aus, wäre aber u.U. interessant für eine biostratigrafische Bewertung (vgl. BACKHAUS 1996).

Aus einem graugrünen Siltstein des Voltziensandsteins (Halde Baulager südlich Gersbachtal-Brücke, Abb. 13D) liegen wenige schlecht erhaltene Arthropodenreste vor. Größe und Ornamentierung lassen darauf schließen, dass es sich um isolierte Körperringe von Triopsiden (Notostraka) handelt.

Crinozoa

Einzelabdrücke fraglicher Trochiten waren aus einem dolomitischen Feinsandstein des Voltziensandsteins nördlich von Pirmasens bekannt (KONRAD 1975). Etliche Trochiten konnten aus dem Grenzgelbkalk (Anschlussstelle A8/A62) und dem Muschelsandstein (Verbindung Winzelner Straße/Blocksbergstraße) sowie aus dem Siltstein über dem Grenzgelbkalk (Riegelwieser Brunnen) geborgen werden. Sie sind nicht näher bestimmbar.

Chondrichthyes

Zähne des Haies *Acrodus* sp. kommen aus dem Grenzgelbkalk (Anschlussstelle A8/A62) und einem etwas jüngeren Siltstein des Muschelsandsteins (Einschnitt Riegelwieser Brunnen). Sie weisen das typische Profil des packend-quetschenden Typs auf (Abb. 14A).

Leider nur schlecht erhalten sind Reste mehrerer Haieikapseln, die wahrscheinlich aus einem Gelege stammen und als *Palaeoxyris regularis* BRONGNIART anzusprechen sind. Abb. 14B und C zeigen das am vollständigsten überlieferte Exemplar mit einer Kapsellänge von rund 6 cm. Als Erzeuger von *Palaeoxyris* gelten hybodontoide Haie (SCHNEIDER & REICHEL 1989).

Osteichthyes

Actinopterygier-Schuppen sind in einem grünen Siltstein der Oberen Zwischenschichten (Einschnitt Rimschberg) nachgewiesen. Es handelt sich um eine hohe Schuppe eines hochrückigen Fisches (Abb. 14D), wie z.B. *Dipteronotus* EGERTON sowie um skulpturierte Bauchschuppen eines kleinen unbekannten Raubfisches (Abb. 14E). Da keine Kopfknochen erhalten sind, ist eine weitergehende Bestimmung nicht möglich.

Nicht näher bestimmbare Actinopterygier-Schuppen und -Zähne kommen aus dem Grenzgelbkalk des Muschelsandsteins (L600, Anschlussstelle A8/A62). Aus dem Siltstein über dem Grenzgelbkalk (Riegelwieser Brunnen) sind ein Kiefer von cf. *Colobodus* sowie schlecht erhaltene Actinopterygier-Schuppen nachgewiesen. Der olivfarbene Mergel des tiefen Muschelsandsteins (Verbindung Winzelner Straße-Blocksbergstraße) weist wenige unbestimmte Actinopterygier-Schuppen und -Knochen auf.

Amphibia

Aus einer Dolomitbröckelbank der Oberen Zwischenschichten (Gersbachtal-Brücke) liegt ein Capitosauroiden-Zahn vor, und zwar ein Zahn aus der seitlichen Reihe (Maxillare oder Dentale) (Abb. 15A). Weiterhin können ein dünner Extremitätenknochen (?Tibia) und ein unbestimmtes Schädelbruchstück (Abb. 15B) aus dem Voltziensandstein (Verbindung Großheimer Tal-Brücke zu Winzelner Straße) den Amphibien zugeordnet werden. Die beiden letztgenannten Knochen könnten von einem juvenilen Temnospondylen (z.B. *Eocyclotosaurus lehmani* (HEYLER)) stammen.

Reptilia

Die am sichersten bestimmbaren Knochen stammen aus Dolosteinen des Muschelsandsteins (Großheimer Tal-Brücke) und können kleinen Sauropterygiern (marin lebenden Diapsiden) zugeordnet werden. Wirbelfunde bezeugen die Präsenz von relativ großwüchsigen Pachypleurosauriern (30 bis 40 cm Körperlänge; Abb. 15C). Daneben deutet ein kleines, fast vollständiges Coracoid (Abb. 15D) auf die Anwesenheit von Nothosauriern hin, die etwa 1 bis 1,5 m Länge erreicht haben dürften. Zu diesem Taxon gehören wahrscheinlich auch zwei Wirbelzentren (Abb. 15E) und ein Humerus (Abb. 15F), die durch Kompaktion erheblich verdrückt sind. Der Humerus ist leicht geschwungen und mit deutlich aufgerautem, leicht verdicktem Proximalende. Alle genannten Knochen stammen vermutlich nicht von Jungtieren, sondern eher von einem kleinwüchsigen Nothosauriden wie etwa dem unterladinischen *Nothosaurus jagisteus* RIEPPEL (RIEPPEL 2001).

Pflasterzähne von Placodontiern sind im Grenzgelbkalk der Anschlussstelle A8/A62 und im blaugrauen Siltstein des Muschelsandsteins vom Einschnitt Rimschberg nachgewiesen.

Reste von Landreptilien sind nicht eindeutig nachzuweisen; lediglich ein Bruchstück eines kleinen Langknochens aus einem sandigen Siltstein des Muschelsandsteins vom Riegelwieser Brunnen (Abb.15G) erinnert an eine Clavicula vom Typ eines terrestrischen Diapsiden.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

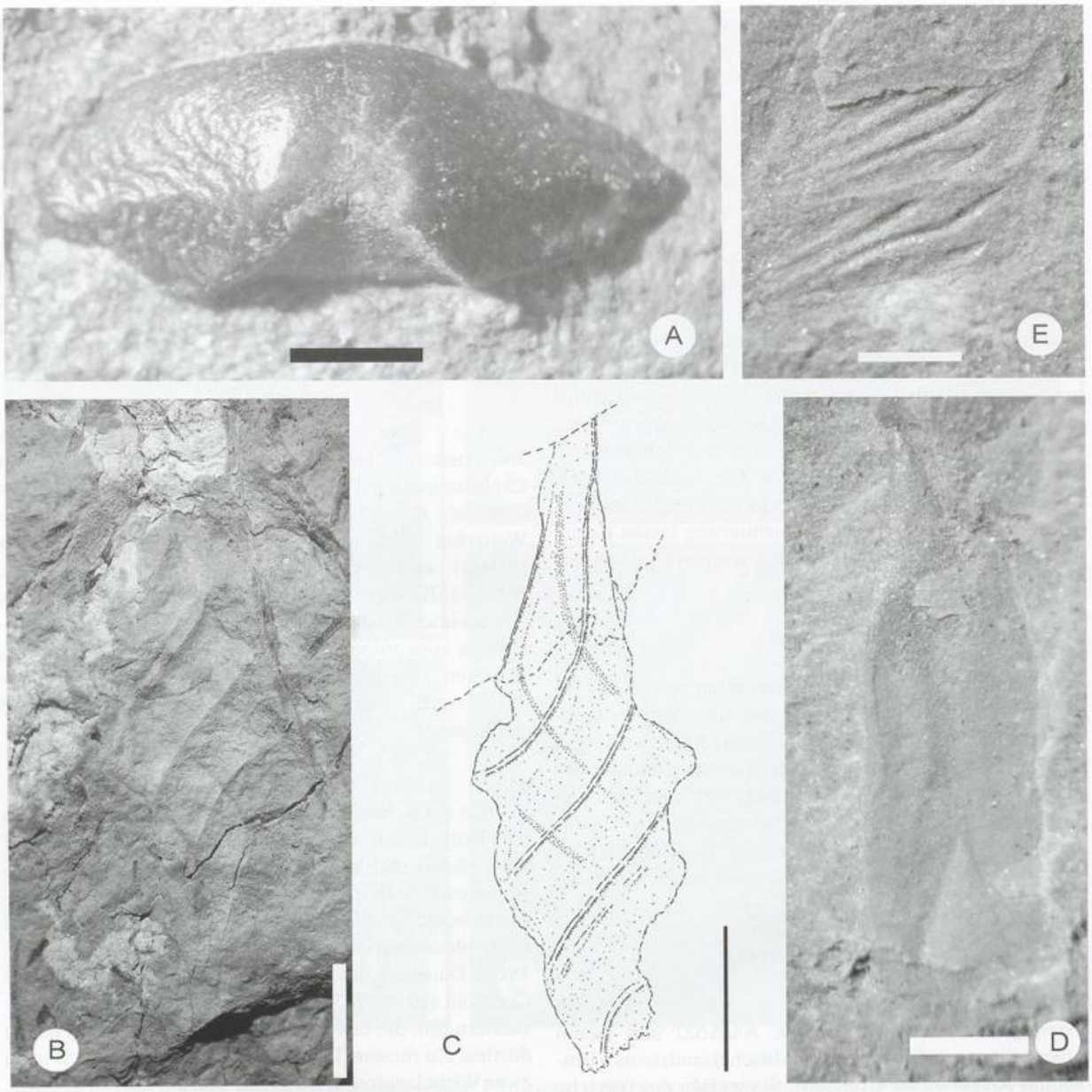


Abb. 14: Fischreste von der Umgehungsstraße Pirmasens (L600). A: Haizahn *Acrodus* sp., Siltstein über Grenzgelbkalk des Muschelsandsteins (PW2008/5177-LS; Einschnitt Riegelwieser Brunnen); Maßstab = 1 mm (Foto: T. Schindler). B, C: Haiei *Palaeoxyris regularis*, Voltziensandstein (PW 2005/5047-LS; Anschlussstelle A8/A62); Maßstab = 10 mm (Foto und Zeichnung: M. Poschmann). D: aff. *Dipteronotus*-Schuppe, Siltsteinlinse in Oberen Zwischenschichten (PW2008/5175-LS; Einschnitt Rimschberg); Maßstab = 1 mm (Foto: T. Schindler). E: skulpturierte Knochenfisch-Schuppen indet., Siltsteinlinse in Oberen Zwischenschichten (PW2008/5179-LS; Einschnitt Rimschberg); Maßstab = 1 mm (Foto: T. Schindler).

Tetrapoden indet.

Knochenbruchstücke unbekannter Tetrapoden fanden wir im Siltstein der Oberen Zwischenschichten (Einschnitt Rimschberg), in den Dolomit?-Brekzien der Oberen Zwischenschichten (Verbindung Großheimer Tal-Brücke-Winzelner Straße), in einem grünen Siltstein (Rinnenfüllung) des Voltziensandsteins (Anschlussstelle A8/A62) sowie im olivfarbenen Mergel des Muschelsandsteins (Verbindung Winzelner Straße-Blocksbergstraße). Die Fragmente sind nicht näher bestimmbar.

Koprolithen

Nicht näher zuordenbare Koprolithen (meist Bruckstücke) treten in einem grünen Siltstein der

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

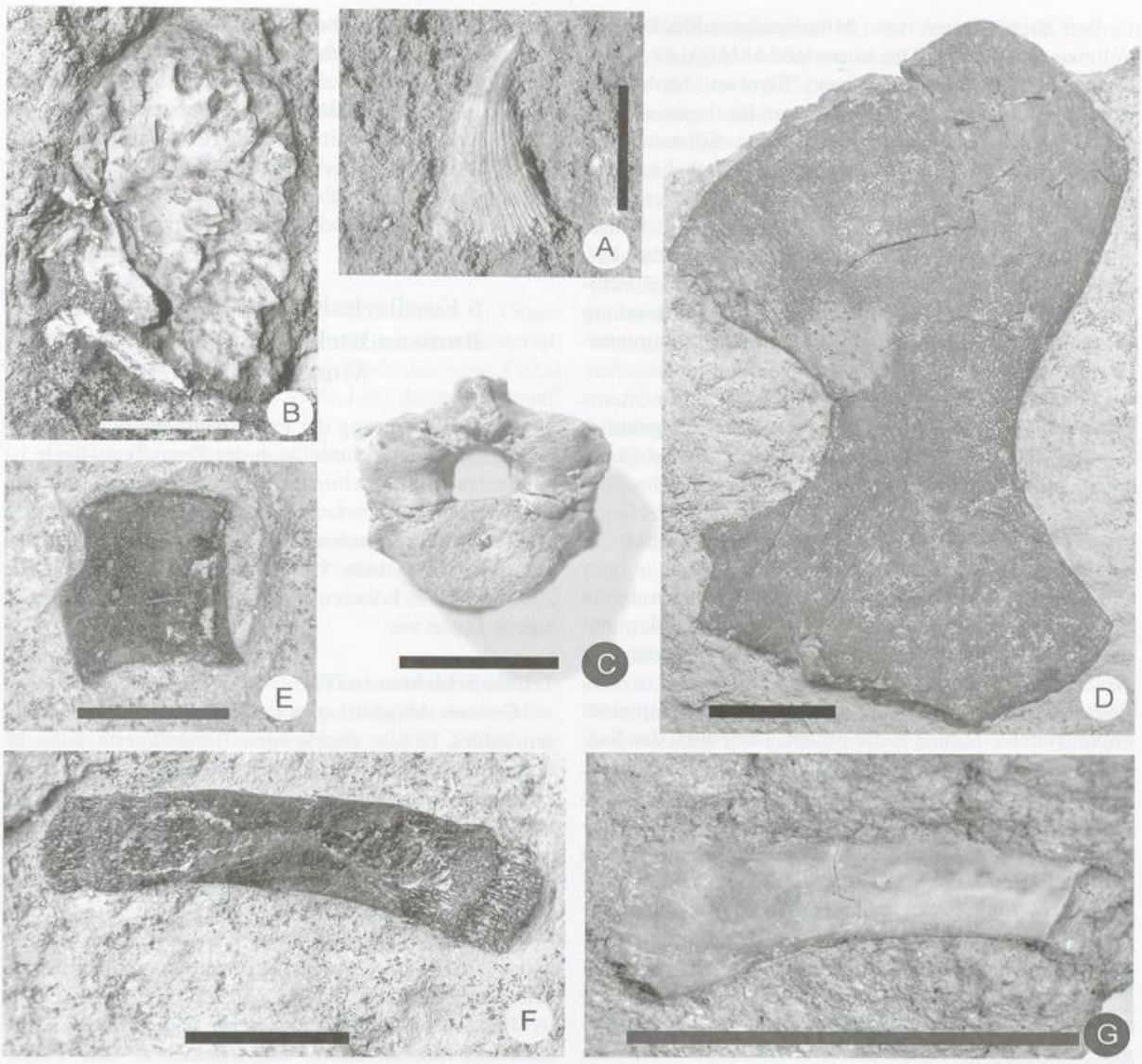


Abb. 15: Tetrapodenreste von der Umgehungsstraße Pirmasens (L600) (Fotos: T. Schindler). A: Zahn eines Capitosauroiden, Obere Zwischenschichten (PW 2008/5183-LS; Gersbachtal-Brücke); Maßstab = 10 mm. B: Kopfknochen eines unbekannten Amphibs, Voltziensandstein (PW 2007/5043-LS; Verbindung Großheimer Tal-Brücke zu Winzelner Straße); Maßstab = 10 mm. C: Wirbel eines Pachypleurosauriden, Grenzgelbkalk (PW 2007/5036-LS; Großheimer Tal-Brücke); Maßstab = 10 mm. D: Coracoid eines Nothosauriden, Grenzgelbkalk (PW 2007/5037-LS; Großheimer Tal-Brücke); Maßstab = 10 mm. E: Verdrückter Wirbel eines Nothosauriden, Grenzgelbkalk (PW 2007/5034-LS; Großheimer Tal-Brücke); Maßstab = 10 mm. F: Humerus eines Nothosauriden, Grenzgelbkalk (PW 2007/5038-LS; Großheimer Tal-Brücke); Maßstab = 10 mm. G: Fragliche Clavicula eines terrestrischen Diapsiden, Muschelsandstein (PW 2007/5040-LS; Einschnitt Riegelwieser Brunnen); Maßstab = 10 mm.

Oberen Zwischenschichten (Einschnitt Rimschberg), in Dolomit?-Brekzien der Oberen Zwischenschichten (Verbindung Großheimer Tal-Brücke-Winzelner Straße), im Grenzgelbkalk (Großheimer Tal-Brücke), im Siltstein darüber (Riegelwieser Brunnen) sowie im olivfarbenen Mergel des Muschelsandsteins (Verbindung Winzelner Straße-Blocksbergstraße) auf. Sie sind phosphatisiert und zeigen keine erkennbaren Inhalte. Als Erzeuger kommen Tetrapoden in Betracht.

Spurenfossilien

Verzweigte Wurzelspuren traten in einem roten Mittelsandstein der Oberen Zwischenschichten auf (Großheimer Tal-Brücke). Ein grüner Siltstein der Oberen Zwischenschichten (Einschnitt Rimschberg) zeigte vertikale millimeter- bis zentimeterdicke Grabgänge unbekannter Erzeuger, die bis in benachbarte Feinsandsteine reichen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Auf abgeregneten roten Mittelsandsteinblöcken des Voltziensandsteins (AnschlussstelleA8/A62) konnten längsgestreifte Grabgänge von ?Bivalven beobachtet werden. Der Voltziensandstein vom Baulager südlich der Gersbachtal-Brücke lieferte grüne Siltsteine mit sandgefüllten Millimeter-Grabgängen. Auch hier sind die Erzeuger unbekannt.

Ein fossilreicher sandiger Siltstein des Voltziensandsteins (AnschlussstelleA8/A62) weist das Endichnia ?*Scoyenia* sp. auf. Ein roter plattiger Feinbis Mittelsandstein des Voltziensandsteins (Verbindung Winzelner Straße/Blocksbergstraße) zeigte Zentimeter-Grabgänge sowie intensive Durchwühlung.

Olivfarbene Mergel des tiefen Muschelsandsteins (Verbindung Winzelner Straße-Blocksbergstraße) führen viele einfach gebaute Zentimeter-Grabgänge sowie verästelte Grabgänge (aff. *Chondrites* sp.).

Anmerkungen zur Paläoökologie der Fauna

Die Fauna der Oberen Zwischenschichten ist in Flussablagerungen und einem Auentümpel dokumentiert. In den Flussablagerungen ist die Fauna nur bruchstückhaft erhalten und nicht ausdeutbar; es sind Tetrapoden als Räuber dokumentiert, die den Top einer unbekannten Nahrungskette bilden. Die Fauna des Seesediments spricht für ein sauerstoffreiches Gewässer, das eine kurze Nahrungskette aufweist. Sie reicht von unbekannten Primärproduzenten über auf Sphenophyten basierenden unbekannten Destruenten bis hin zu Muscheln und Conchostraken als Sekundärkonsumenten erster Ordnung. Sekundärkonsumenten zweiter Ordnung sind Knochenfische. Tetrapoden sind eventuell Topräuber.

Die Fauna des Voltziensandsteins ist in Flussablagerungen und geringmächtigen marinen Transgressionslagen dokumentiert. Seesedimente der Zwischenrinnen-Fazies von Flussebenen sind sauerstoffreich und weisen eine kurze Nahrungskette von unbekannten Primärproduzenten, Pflanzenreste zersetzenden Destruenten (in Grabgängen vom *Scoyenia*-Typ lebend) sowie Conchostraken als Primärkonsumenten auf. Triopsiden waren Sekundärkonsumenten. Hybodontoide Haie schwammen gelegentlich vom Meer hierher und legten Eier vom *Palaeoxyris*-Typ an im Wasser stehenden Pflanzen ab (?Schachtelhalme). Flachmarine Transgressionslagen zeigen eine unvollständige Nahrungskette mit Crinoidenresten und ?Bivalven als Sekundärkonsumenten (Filtrierer) sowie ?Meeresreptilien als Topräuber.

Die Fauna des Muschelkalks ist in flachmarinen Karbonaten, Mergeln und karbonatischen Sanden erhalten. Es sind parautochthone marine Invertebraten und Vertebraten dokumentiert.

Die Karbonate und die Mergel enthalten Filtrierer als Sekundärkonsumenten (Crinoiden, Bivalven, Linguliden). Eine Ebene höher sind Knochenfische anzusetzen, die räuberisch gelebt haben dürften (cf. *Colobodus* mit packend-quetschendem Gebisstyp). Zur selben Ebene gehören deutlich größere marine placodonte Reptilien, die ein Knackgebiss aufweisen und auf Mollusken und/oder Krebse spezialisiert waren. Topräuber waren mittelgroße Nothosaurier (Fanggebiss) und der Hai *Acrodus* (packend-quetschender Gebisstyp), die alle kleineren Wirbeltiere und - im Falle von *Acrodus* - auch Krebse gejagt haben dürften.

6 Fossilerhaltungs-Potential des Buntsandsteins und des basalen Muschelkalks

Zur Beantwortung der Frage nach der Wiederbesiedelung der Lebensräume nach der Perm-Trias-Krise ist zuerst das Fossilerhaltungs-Potential der Fundschichten zu klären. Dabei wurde für den älteren Anteil des pfälzischen Buntsandsteins auf Literaturdaten zurückgegriffen (SPUHLER 1957, DACHROTH 1988, LGB 2005), ab dem höheren Mittleren Buntsandstein lagen eigene Daten vor.

Trifels-Schichten (suT)

Genese: Ablagerungen verflochtener Flüsse, die ein semiarides Gebiet durchzogen (umgelagerte äolische Sedimente auf Hochflutebenen; LGB 2005: 142).

Fossilien sind bisher nicht nachgewiesen. Sie sind hier nur in Form von Fährten auf der Hochflutebene zu erwarten.

Rehberg-Schichten (suR)

Genese: Ablagerungen verflochtener Flüsse, die mit äolischen bis playaartigenWüstenablagerungen wechsellagern (DACHROTH 1988; LGB 2005: 143).

Fossilien sind bisher nicht nachgewiesen. Sie sind hier nur in Form von Fährten in den Playa-Ablagerungen zu erwarten.

Schlossberg-Schichten (suS)

Genese: Äolische Wüstenablagerungen, selten mit aquatischen Bänken mit Trockenrissen und Wellenrippeln (Zwischendünen-Fazies) (LGB 2005: 143f.).

Fossilien sind bisher nicht nachgewiesen. Sie sind hier nur in Form von Fährten in den Zwischendünen-Ablagerungen zu erwarten.

Karlstal-Felszone (smKF)

Genese: Ablagerungen verflochtener Flüsse (LGB 2005: 144), bereichsweise mit Wüstenablagerungen (Chott) verzahnt (DACHROTH 1988).

Körperfossilien sind nicht zu erwarten. An der Basis dünner Siltsteinlagen wurden Trockenrisse, Wellenrippeln sowie Tetrapoden-Fährten nachgewiesen (AMMON & REIS 1903: 141; unveröffentlichte Daten Generaldirektion Kulturelles Erbe).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Obere Karlstal-Schichten (smKo)

Genese: Äolische Wüstenablagerungen mit seltenen fluviatilen Bänken, mit vereinzelten Trockenrissen und Wellenrippeln (Zwischendünen-Fazies) (LGB 2005: 146).

Fossilien sind bisher nicht nachgewiesen. Sie sind hier nur in Form von Fährten in den Zwischendünen-Ablagerungen zu erwarten.

Obere Felszone (smOF)

Genese: Ablagerungen verflochtener Flüsse (Dachroth 1988) mit umgelagertem äolischen Material, in Pirmasens mit aufgearbeitetem Bodenhorizont. Lokal erhöhte Salzgehalte (LGB 2005: 148) deuten eventuell auf Playaablagerungen hin.

Fossilien konnten auch auf der L600 keine gefunden werden, wären aber in Form einzelner Pflanzenreste sowie isolierter Tetrapodenknochen möglich. Fährten wären nur in der Playa-Fazies zu erwarten. Die Erzeuger der auf der L600 (Blümeltalbrücke) nachgewiesenen Bioturbation sind unbekannt.

Hauptkonglomerat (smHK)

Genese: Rinnenrückstandssedimente eines verflochtenen Flusssystems (DACHROTH 1988), bei einem Meerestiefstand in tiefen Rinnen gebildet (LGB 2005).

Körperfossilien konnten keine gefunden werden; die Erzeuger der auf der L600 (Blümeltalbrücke) in der Zwischenrinnenfazies nachgewiesenen Bioturbation sind unbekannt. Andere Fossilien sind in dieser Einheit aufgrund der hohen Ablagerungsenergie unwahrscheinlich.

Violette Grenzzone (smVG)

Genese: Fluviatile Kleinzyklen mit abschließender Bodenbildung, nur lokal ausgebildet (DACHROTH 1988). Die Bodenhorizonte dokumentieren feuchtere klimatische Bedingungen.

Körperfossilien wären Form von Wurzelröhren sowie in Form isolierter Tetrapodenknochen in umgelagerten Bodenhorizonten zu erwarten.

Zwischenschichten (soZ)

Untere Zwischenschichten (soZ1)

Genese: Ablagerungen verflochtener Flüsse (DACHROTH 1988) mit aufgearbeiteten Bodenhorizonten.

Fossilien konnten keine gefunden werden, wären aber in Form einzelner Pflanzenreste (Flussufer und -aue) sowie isolierter Tetrapodenknochen (in Flussrinnen aufgearbeitet) möglich.

Obere Zwischenschichten (soZ2)

Genese: Ablagerungen mäandrierender Flüsse (DACHROTH 1988) mit Rinnenrückstandssedimenten mit aufgearbeiteten Bodenhorizonten, selten mit autochthonen Pflanzenstandorten (Wurzelspuren); auf der Überflutungsebene ist auf der L600 (Einschnitt Rimschberg) eine Stillwasserablagerung erhalten.

Es sind aus der Bettfracht von Flussrinnen stark fragmentierte und unbestimmbare Knochen von Tetrapoden nachgewiesen. Die Stillwasserablagerung enthält isoliert erhaltene Körperfossilien von Pflanzen, Invertebraten und Vertebraten sowie Grabgänge. Sandsteine der Zwischenrinnenfazies enthalten selten verzweigte Wurzelspuren autochthoner ?Koniferen-Standorte. Das Überlieferungspotential der Flussrinnen-Ablagerungen ist wohl ausgeschöpft; in Stillwasserablagerungen wäre auch mit weiteren Pflanzen und Invertebraten zu rechnen.

Voltziensandstein (soV)

Genese: Fluviatile Ablagerungen der Küstenebene (mäandrierende Rinnen, dazwischen Tümpel) mit marinen Einflüssen.

Aktive Uferdämme boten Lebensraum für Sphenophyten, auf erhöhten trocken gefallenen Sandablagerungen wuchsen Koniferen. Auf der Alluvialebene sind Tümpel mit Spurenfossilien, Häckseln, Crustaceen und Haieiern überliefert, weiterhin hygrophile Standorte mit Farnen. Marine Lagen führen Pflanzenreste, ?Bivalven, Trochiten und Tetrapodenknochen. Von der Fundstelle Zweibrücken-Bubenhausen sind bestimmbare Tetrapodenreste überliefert. Das Überlieferungspotential für Körperfossilien in Tümpeln auf der Alluvialebene bzw. in Lagunen der Küstenebene ist - wie auch die Funde im benachbarten Elsass zeigen - sehr hoch.

Muschelsandstein (mu1S)

Genese: Flachmarine festlandsnahe karbonatisch-feinklastische Ablagerungen mit sandigen Gezeitenrinnen, lokal überlagert von Stillwasser-Ablagerungen.

Auf der L600 weist Häcksel auf Festlandseinfluss hin, überwiegend ist aber mit Bivalven, Brachiopoden, Echinodermen, Haien, Knochenfischen und marinen Tetrapoden ein artenreiches und sicher nährstoffreiches Flachmeer dokumentiert. Vollständige Crinoiden und Wirbeltiere können im günstigsten Fall erhalten bleiben.

Zusammenfassend ist die Taphonomie der Fossilfundstellen im pfälzischen Unteren und Mittleren Buntsandstein nicht gut geeignet, selbst einzelne fossile Pflanzen zu überliefern, geschweige denn tierische Reste oder gar autochthone Fossilgemeinschaften. Lediglich widerstandsfähige Wirbeltierreste sind in einzelnen Lagen (channel lags) erhalten. Bedingt durch den Meeresspiegelanstieg ab dem Oberen Buntsandstein (Zwischenschichten) sind erstmals Seeablagerungen auf den Alluvialebenen in Form von Silt- und Tonsteinlinsen erhalten und führen Floren- und Faunenreste. Ab dem Voltziensandstein ist der Wasserspiegel so hoch, dass vielfältige Biotope überliefert werden. Der Muschelkalk führt dann überregional korrelierbare normalmarine Flachwasser-Faunen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

7 Thesen zur Wiederbesiedelung des südwestlichen Germanischen Beckens nach der Perm-Trias-Krise

Ausgangssituation

Im Bereich des Pfälzerwaldes herrschen im Oberperm Beckenrand-Bedingungen vor. Proximal sind dies grobklastische Schuttfächer- und Fluss-Sedimente (Stauf-Schichten), etwas distaler von unten nach oben die zum Rotliegend vermittelnden fluviatilen Queich-Schichten, die randmarinen pelitisch-dolomitischen Rothenberg-Schichten, die fluviatilen Annweiler-Schichten sowie die niederenergetisch-fluviatilen Speyerbach-Schichten (DACHROTH 1988; LGB 2005: 127f.). Floren sind hierin nur sehr selten in Form von ?Algen-Resten (LGB 2005: 129) und Koniferen-Nadeln gefunden worden (W. MUNK, Karlsruhe, pers. Mitt. an DU 2002). Fauna ist in Form von euryhalinen bis marinen Grabgängen (*Lockeia amygdaloides* (SEILACHER), *Arenicolites* isp., *Thalassinoides paradoxicus* (WOODWARD)) sowie marinen Muscheln (*Schizodus* DE VERNEUIL & MURCHISON, *Bakvellia antiqua* (MÜNSTER)) und Gastropoden nachgewiesen (SPUHLER 1957, LGB 2005).

Szenarien zur Wiederbesiedelung

Flora

Fossile Makroreste von Pflanzen sind weltweit rar in Sedimenten der unteren Trias und die Seltenheit dieser Reste wurde in der Vergangenheit von verschiedenen Autoren in Verbindung gebracht mit dem vor allem aus dem marinen Bereich gut dokumentierten Massenaussterbe-Event an der Perm-Trias-Grenze (z.B. LOOY et al. 1999, 2001).

LOOY et al. (1999) betonen das weltweite Verschwinden von hölzernen Gymnospermen durch die Perm-Trias-Krise, unabhängig von Florenprovinzen und Klimazonen, basierend auf palynologischen Untersuchungen. Pionierpflanzen wie Bryophyten (Sporengattung *Scythiana*; LOOY et al. 1999) und die sukkulente Lycopside *Pleuromeia* besiedeln in einem solchen Szenario eine hypothetische „ökologische Wüste". Erst an der Wende Unter- zu Mitteltrias konnten nach diesem Modell wieder vergleichbar komplexe und artenreiche Ökosysteme wie vor der Krise entstehen und innerhalb von 0,5 Ma die dominierenden Lycopsiden ersetzen.

Wie jedoch GASTALDO et al. (2005) am Beispiel der südafrikanischen Karoo gezeigt haben, können in Sedimenten der unteren Trias durchaus noch Spuren einer ehemaligen Vegetation nachgewiesen werden, wenn nur die Ablagerungsbedingungen der jeweiligen Sedimente günstig für die Überlieferung von Pflanzenfossilien waren. Diese Autoren erklären die Seltenheit von Pflanzenfossilien in untertriassischen Sedimenten der Karoo daher primär mit ungünstigen Erhaltungsbedingungen und weniger mit einer fehlenden Vegetation. Eine vergleichbare taphonomische Erklärung wurde auch von verschiedenen Autoren für die relative Seltenheit von pflanzlichen Makroresten in Teilen des saarpfälzischen oberen Rotliegend herangezogen (z.B. UHL et al. 2004, KERP et al. 2007, UHL & LAUSBERG 2008).

Nach GRAUVOGEL-STAMM & ASH (2005) sind im Mittleren Buntsandstein von Eifel, Pfalz und Elsass Pflanzen selten gefunden worden und wenn, dann meist die baumförmige Lycopside *Pleuromeia* (oft zusammen mit dem Farn *Anomopteris*). In der Untertrias Deutschlands gibt es nach diesen Autoren ein langes survival-Intervall von 5 Ma (sonst: 1–2 Ma) mit einer opportunistischen Pionierflora (*Pleuromeia*). Die Autoren führen das auf anhaltend harsche Konditionen vor der Ablagerung der Voltziensandstein-Fazies oder auf nötige Anpassungen an neue Environments zurück.

Ab dem Voltziensandstein (Elsass, Pfalz) erfolgte dann eine zweite Stufe der Rückeroberung zahlreicher terrestrischer Habitate. Gleichzeitig liegt mit dem Voltziensandstein erstmals nach der Perm-Trias-Krise wieder eine reiche Fossillagerstätte vor, die günstige Erhaltungsbedingungen dokumentiert. Klimatische Verbesserungen führten wohl zur Einwanderung der *Voltzia*-Flora aus Refugien im Hinterland ins Becken. Diese Pflanzen besiedelten bereits im Perm Standorte im Hinterland, die sich meist weit entfernt von den fossilführenden Ablagerungsräumen befanden und die nur im Ausnahmefall fossil überliefert wurden (z.B. SCHWEITZER 1996, DIMICHELE et al. 2001).

Fische

KRIWET & SCHULTZE (1998) untersuchten die triassischen Fische des Germanischen Beckens. Der Platysomide *Dorsolepis* (Schwarzwald) ist ein Relikt des mitteleuropäischen Zechsteinmeeres, seine Linie hat also die Perm-Trias-Krise überlebt. Im Oberen Buntsandstein erfolgt eine Immigration mariner tethyaler Fische in den Polnischen Trog, im Westen ist nur in NE-Frankreich ein Teil der Immigranten angekommen (*Acrodus* etc.). Während der Muschelkalk-Ingression wanderten weitere tethyale Fische ins Germanische Becken ein (*Colobodus* etc.).

Tetrapoden

Im Unteren Buntsandstein des Germanischen Beckens sind nur wenige, unbestimmbare Tetrapodenreste nachgewiesen. Ab dem Mittleren Buntsandstein sind Amphibien und Reptilien im Germanischen Becken häufiger, ab dem Oberen Buntsandstein wird die Tetrapodenfauna diverser (LUCAS & SCHOCH 2002). Der oberste Buntsandstein und der Muschelkalk zeigen dann eine rasche Radiation von Meeresreptilien mit unterschiedlichster Nahrungsanpassung (SCHOCH 2007).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Taphonomie

Die Verfolgung von Änderungen in sogenannten „isotaphonomischen" (aus demselben Ablagerungsmilieu stammenden) Fossilvergesellschaftungen wäre ideal (MCELWAIN & PUNYASENA 2007). Dies ist für die Perm-Trias-Krise bisher nur in Nordchina möglich gewesen (GRAUVOGEL-STAMM & ASH 2005). Im pfälzisch-elsässischen Raum ist die Fossilarmut des Unteren und Mittleren Buntsandsteins primär taphonomisch bedingt und auf „anhaltend harsche Konditionen" (GRAUVOGEL-STAMM & ASH 2005) mit Flüssen in einer Wüste zurückzuführen (DACHROTH 1988). Erst ab dem Oberen Buntsandstein wird die Situation durch einen Meeresspiegelanstieg sowohl in taphonomischer als auch in paläoökologischer Hinsicht günstiger. Aber selbst hier fehlen sogar Palynomorphen in eigentlich taphonomisch dafür geeigneten Gesteinen (grüner Siltstein der Oberen Zwischenschichten in Pirmasens). Prinzipiell wandern ab dem Oberen Buntsandstein Hinterlandfloren ins Becken ein, und Immigranten aus der Tethys besiedeln auch das südwestliche Germanische Becken.

Schlussfolgerung

Eine stufenweise Floren-/Faunen-Erholung nach der Perm-Trias-Krise, wie sie GRAUVOGEL-STAMM & ASH (2005) im Buntsandstein des südwestlichen Germanischen Beckens nachzuweisen versucht haben, hat - wie in anderen Regionen (Auflistung in MCELWAIN & PUNYASENA 2007) - wahrscheinlich auch hier stattgefunden. Der Wechsel von randmarinen zu terrestrischen und zurück zu randmarinen Ablagerungsbedingungen, verknüpft mit ungeeigneten Überlieferungsbedingungen, macht den pfälzisch-elsässichen Raum aber zu einem denkbar ungünstigen Studiengebiet für diese These.

8 Danksagung

Herr M. Poschmann, Generaldirektion Kulturelles Erbe, Direktion Landesarchäologie, Referat Erdgeschichte in Mainz half bei mehreren Kleingrabungen mit und bestimmte und fotografierte Brachiopoden- und Arthropodenfunde sowie das Haiei, wofür ihm herzlich gedankt wird. Der inzwischen verstorbene Herr R. Schmidt† von der Bodenprüfstelle des Landesbetriebes Mobilität Kaiserslautern, Außenstelle Dahn-Bad Bergzabern, ermöglichte dankenswerterweise die Aufnahme der Baugrundbohrungen der L600. Dank gebührt Herr Dr. J. Lepper, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung Hannover, für Literaturhinweise. Herr Prof. Dr. M. Sander, Steinmann-Institut für Geologie, Mineralogie und Paläontologie in Bonn, bestimmte freundlicherweise einen Zahnfund. Die Zusammenarbeit mit der örtlichen Bauleitung diverser Firmen (zumeist die direkt zuständigen Poliere und v.a. die Baggerfahrer) verlief dankenswerterweise gut. Herrn M. Raisch sowie Herrn B. Rahm, beide Kaiserslautern, sei für die Möglichkeit zur Bearbeitung ihrer Funde gedankt. Frau Dr. C. Glück-Christmann und Herr Michels, Stadtmuseum Zweibrücken, recherchierten nach der verschollenen Fossiliensammlung aus dem Steinbruchs Zweibrücken-Bubenhausen, wofür ihnen gedankt sei. Der Reviewerin Frau Dr. D. Dittrich, Landesamt für Geologie und Bergbau Mainz, danken wir für vielfältige Hinweise und Korrekturen. Frau E. Schindler, Spabrücken, danken wir für die Korrektur der Endfassung des Manuskriptes.

Der Erstautor dankt der Generaldirektion Kulturelles Erbe, Direktion Landesarchäologie, Referat Erdgeschichte in Mainz, herzlich für den Auftrag zur Baubegleitung und zur Publikationsvorbereitung.

9 Literaturverzeichnis

AMMON, L. von & REIS, O.M. (1903): Erläuterungen zu dem Blatte Zweibrücken (Nr. XIX) der Geognostischen Karte des Königreiches Bayern (1:100.000).— 182 S., 24 Abb.; München (Piloty & Loehle).

ARNDT, S. (2002): Morphologie und Systematik ausgewählter Mesozoischer Koniferen.— Palaeontographica, Abt. B, **262**: 1-23.

BACKHAUS, E. (1996): Eine biostratigraphische Bewertung der Faunen im Buntsandstein des germanischen Beckens.— Jahresberichte und Mitteilungen des oberrheinischen geologischen Vereins, N. F. **78**: 257-279.

BINDIG, M. & BACKHAUS, E. (1995): Rekonstruktion der Paläoenvironments aus den fluviatilen Sedimentkörpern der Röt-Sandsteinfazies (Oberer Buntsandstein) Südwestdeutschlands.— Geologisches Jahrbuch Hessen, **123**: 69-105.

BLANCKENHORN, M. (1886): Die fossile Flora des Buntsandsteins und des Muschelkalks der Umgegend von Commern.— Palaeontographica, **32**: 117-153.

BOURQUIN, S.; PERON, S. & DURAND, M. (2006): Lower Triassic sequence stratigraphy of the western part of the Germanic Basin (west of Black Forest): Fluvial system evolution through time and space.— Sedimentary Geology, **186**: 187-211.

BRONGNIART, A.T. (1828-38): Histoire des végétaux fossiles ou recherches botaniques et géologiques sur les végétaux renfermées dans les divers couches du globe.— **I**: 488 S., 166 Taf.; **II**: 72 S., 29 Taf.; Paris (Dufour et d'Ocagne).

DACHROTH, W. (1988): Genese des linksrheinischen Buntsandsteins und Beziehungen zwischen Ablagerungsbedingungen und Stratigraphie.— Jahresberichte und Mitteilungen des oberrheinischen geologischen Vereins, N. F. **70**: 267-333.

Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.) (2002): Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2002 (STD 2002).

DIMICHELE, W.A.; MAMAY, S.H.; CHANEY, D.S.; HOOK, R.W. & NELSON, W.J. (2001): An Early Permian flora with Late Permian and Mesozoic affinities from North-Central Texas.— Journal of Palaeontology, **75**: 449-460.

DITTRICH, D. (2003): Stratigraphische Gliederung des Pfälzer Buntsandstein.— In: ROHN, J. & KASSEBEER, W. (Eds.): Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1:25.000, Erläuterungen zu Blatt 6712 Merzalben, 13-16; Mainz (Geologisches Landesamt).

DOBRUSKINA, I.A. (1994): Triassic floras of Eurasia.— Österreichische Akademie der Wissenschaften, Schriftreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen, **10**: 1-422.

DURAND, M. (1998): The „Buntsandstein" (Upper Permian to Middle Triassic) of the Vosges Massif (NE France) - Stratigraphic and Sedimentological Outlines.— Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, B, Beiheft **5** (Epicontinental Triassic International Symposium, Halle 1998, Abstracts): 41-42.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

DURAND, M. & JURAIN, G. (1969): Éléments paléontologiques nouveaux du Trias des Vosges méridionales.— Comptes Rendus Académie des Sciences, **269 D**: 1047-1049.

FLICHE, P. (1903): Sur les lycopodinées du Trias en Lorraine.— Comptes Rendus de l'Academie de la Science, **136**: 907-908.

FLICHE, P. (1909): Sur une fructification de lycopodinées trouvée dans le Trias.— Comptes Rendus de l'Academie de la Science, **148**: 259-261.

FLICHE, P. (1910): Flore fossile du Trias en Lorraine et en Franche-Comté.— 297 S., 27 Taf.; Paris, Nancy (Berger-Levrault).

FRENTZEN, K. (1914): II. Die Flora des Buntsandsteins Badens.— Mitteilungen der Grossherzoglichen Badischen Geologischen Landesanstalt, **8**: 63-162.

FRENTZEN, K. (1932): Die Bildungsgeschichte des oberen Buntsandsteins Südwestdeutschlands im Lichte der Paläontologie.— Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, **83**: 517-511.

GALL, J.-C. (1971): Faunes et paysages du Grès à *Voltzia* du nord des Vosges.— Mémoires Service de la Carte géologique d'Alsace et Lorraine, **34**: 1-318.

GALL, J.-C. & GRAUVOGEL-STAMM, L. (2005): The early Middle Triassic 'Grès à *Voltzia*' Formation of eastern France: a model of environmental refugium.— Comptes Rendus Palevol, **4**: 569-584.

GALL, J.-C. & KRUMBEIN, W.E. (1992): Weichkörperfossilien.— Fossilien, **1992**(1): 35-49.

GASTALDO, R.A.; ADENDORFF, R.; BAMFORD, M.; LABANDEIRA, C.C.; NEVELING, J. & SIMS, H. (2005): Taphonomic trends of macrofloral assemblages across the Permian-Triassic boundary, Karoo Basin, South Africa.— Palaios, **20**: 479-497.

GÓMEZ-GRAS, D. & ALONSO-ZARZA, A.M. (2003): Reworked calcretes: their significance in the reconstruction of alluvial sequences (Permian and Triassic, Minorca, Balearic Islands, Spain).— Sedimentary Geology, **158**(3-4): 299-319.

GRAUVOGEL-STAMM, L. (1978): La flore du Grès à *Voltzia* (Buntsandstein supérieur) des Vosges du Nord (France). Morphologie, anatomie, interprétations phylogéenique et paléogéographique.— Mémoires Sciences Géologiques, **50**: 1-225.

GRAUVOGEL-STAMM, L. (1991): *Bustia ludovici* n. g. n. sp., a new enigmatic reproductive organ from the Voltzia sandstone (early Middle Triassic) of the Vosges (France). Its bearing for the lycopod origin.— Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, **183**: 329-345.

GRAUVOGEL-STAMM, L. & ASH, S.R. (2005): Recovery of the Triassic land flora from the end-Permian life crisis.— Comptes Rendues de Palévolution, **4**: 525-540.

GRAUVOGEL-STAMM, L. & SCHAARSCHMIDT, F. (1979): Zur Morphologie und Taxonomie von *Masculostrobus* SEWARD und anderer Formgattungen peltater männlicher Koniferenblüten.— Senckenbergiana lethaea, **60**: 1-37.

GÜMBEL, C.W. von (1865): Naturwissenschaftliche Darstellung der Rheinpfalz. 1. Die geognostischen Verhältnisse.— Bavaria, **4**(2): 3-61.

HAGDORN, H. (1991): Muschelkalk - A Field Guide.— 80 S., 78 Abb., 1 Tab.; Korb (Goldschneck).

HEITELE, H. (2001): Geologischer Aufbau und Grundwasserfließvorgänge im Nordwestteil der Pfälzer Triasmulde (Sickinger Höhe und Westpfälzische Moorniederung im Bereich der TK 25, Blatt 6610 Homburg). 1. Geologischer Aufbau und stratigraphische Stellung der Grundwasserleiter.— Mainzer geowissenschaftliche Mitteilungen, **30**: 227-270.

HOFFMANN, K.O. (1906): Naturwissenschaftlicher Bericht aus der Westpfalz.— Mitteilungen der POLLICHIA, **LXIII**, 22: 102-131.

KAMPHAUSEN, D. & ORTLAM, D. (1993): *Heptasaurus cappelensis* (WEPFER), Stegocephalia, aus dem Oberen Buntsandstein (Trias) des Schwarzwaldes (SW-Deutschland).- Jahresberichte und Mitteilungen des oberrheinischen geologischen Vereins, N. F. **75**: 217-226.

KEDZIERSKI, J. (2000): Sequenzstratigraphie des Muschelkalks im östlichen Teil des Germanischen Beckens (Deutschland, Polen).— Dissertation, Universität Halle: 115 S.; Halle (Saale).

KELBER, K.-P. (1999): Der Nachweis von Paläo-Wildfeuer durch fossile Holzkohlen aus dem süddeutschen Keuper.— Terra Nostra, **99**(8) (69. Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft in Zürich vom 20.9.-26.9.1999, Abstract): 41.

KELBER, K.-P. (2001): Preservation and taphonomy of charcoal from the Upper Triassic of southern Germany.— 12th Plant Taphonomy Meeting, 26th of October 2001, Altlengbach, Austria, Abstract.

KELBER, K.-P. (2003): Sterben und Neubeginn im Spiegel der Paläofloren.— museo, **19**: 38-59.

KELBER, K.-P. (2007): Die Erhaltung und paläobiologische Bedeutung der fossilen Hölzer aus dem süddeutschen Keuper (Trias, Ladinium bis Rhätium).— In: SCHÜSSLER, H. & SIMON, T. (Eds.): Aus Holz wird Stein - Kieselhölzer aus dem Keuper Frankens, 37-100; Bergatreute-Aulendorf (Offsetdruck Eppe).

KERP, H. (2000): The modernization of landscapes during the Late Paleozoic-Early Mesozoic.— Paleontological Society Papers, **6**: 79-113.

KERP, H.; NOLL, R. & UHL, D. (2007): Übersicht über Pflanzengruppen und Vegetationsentwicklung im Permokarbon des Saar-Nahe Beckens.— In: SCHINDLER, T. & HEIDTKE, U. H. J. (Eds.), Kohlesümpfe, Seen und Halbwüsten - Dokumente einer rund 300 Millionen Jahre alten Lebewelt zwischen Saarbrücken und Mainz; POLLICHIA Sonderveröffentlichung, **10**: 42-74.

KONRAD, H.J. (1975): Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1:25 000, Karte und Erläuterungen zu Blatt 6711 Pirmasens-Nord.— 67 S.; Mainz (Geologisches Landesamt).

KONRAD, H.J. (1979): Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1:25 000, Karte und Erläuterungen zu Blatt 6811 Pirmasens-Süd.— 63 S.; Mainz (Geologisches Landesamt).

KONRAD, H.J. (1983): Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1:25.000, Karte und Erläuterungen zu Blatt 6710 Zweibrücken.— 84 S.; Mainz (Geologisches Landesamt).

KUSTATSCHER, E.; WACHTLER, M. & VAN KONIJNENBURG-VAN CITTERT, J. H. A. (2004): A number of additional and revised taxa from the Ladinian flora of the Dolomites, Northern Italy.— Geo.Alp, **1**: 57-69

KRIWET, J. & SCHULTZE, H.-P. (1998): Distribution of Epocontinental Fishes in the German Triassic.— Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, B, Beiheft **5** (Epicontinental Triassic International Symposium Halle 1998, Abstracts): 100-101.

Landesamt für Geologie und Bergbau (LGB) (Hrsg.) (2005): Geologie von Rheinland-Pfalz.— 400 S., 162 Abb., 36 Tab., 3 Anlagen; Stuttgart (Schweizerbart).

LOOY, C.V. (2007). Extending the range of derived Late Paleozoic conifers: *Lebowskia* gen. nov. (Majonicaceae).— International Journal of Plant Sciences, **168**: 957-972.

LOOY, C.V.; BRUGMAN, W.A.; DILCHER, D.L. & VISSCHER, H. (1999): The delayed resurgence of equatorial forests after the Permian-Triassic ecologic crisis.— Proceedings of the National Academy of Science, **96**: 13857-13862.

LOOY, C.V.; TWITCHETT, R.J.; DILCHER, D.L.; VAN KONIJNENBURG-VAN CITTERT, J.H.A. & VISSCHER, H. (2001): Life in the end-Permian dead zone. Proceedings of the National Academy of Science, **98**: 7879-7883.

LUCAS, S.R. & SCHOCH. R.R. (2002): Triassic temnospondyl biostratigraphy, biochronology and correlation of the German Buntsandstein and North American Moenkopi Formation.— Lethaia, **35**: 97-106.

MADER, D. (1984a): Charakteristische Fossilien des mitteleuropäischen Buntsandsteins.— Die Naturwissenschaften, **71**: 69-78.

MADER, D. (1984b): Fossil-Lagerstätten des mitteleuropäischen Buntsandsteins.— Die Naturwissenschaften, **71**: 137-146.

MÄGDEFRAU, K. (1968): Paläobiologie der Pflanzen.— 4. Aufl., 549 S., 394 Abb.; Jena (G. Fischer).

MCELWAIN, J.C. & PUNYASENA, S.W. (2007): Mass extiction events and the plant fossil record.— Trends in Ecology and Evolution, **22**(10): 548-557.

ORTLAM, D. (1967): Fossile Böden als Leithorizonte für die Gliederung des Höheren Buntsandsteins im nördlichen Schwarzwald und südlichen Odenwald.— Geologisches Jahrbuch, **84**: 485-590.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

ORTLAM, D. (1971): Paläoböden und ihre Bedeutung in der stratigraphischen und angewandten Geologie.— Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F. **53**: 171-181.

RIEPPEL, O. (2001): A new species of *Nothosaurus* (Reptilia: Sauropterygia) from the Upper Muschelkalk (Lower Ladinian) of southwestern Germany.— Palaeontographica, Abteilung A, **263**: 137-161.

SACHS, S. (1997): *Placodus impressus* - Fisch- und Placodontier (Pflasterzahnsaurier)-Zähne aus dem Buntsandstein von Zweibrücken (Pfalz).— Mitteilungen der POLLICHIA, **84**: 15-18.

SCHIMPER, W.P. & MOUGEOT, A. (1844): Monographie des Plantes fossiles du Grès Bigarré de la Chaine des Vosges.— 83 S., 40 Taf.; Leipzig (G. Engelmann).

SCHLÜTER, H. & SCHMIDT, H. (1927): *Voltzia*, *Yuccites* und andere neue Funde aus dem südhannoverschen Buntsandstein.— Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, **LVII**, Beilage-Band B: 12-27

SCHNEIDER, J. & REICHEL, R. (1989): Chondrichthyer-Eikapseln aus dem Rotliegenden (Unterperm) Mitteleuropas - Schlußfolgerungen zur Paläobiologie paläozoischer Süßwasserhaie.— Freiberger Forschungshefte, C, **436**: 58-69.

SCHOCH, R. (2007): Die Erfolgsgeschichte der Saurier.— In: SCHOCH, R. (Ed.): Saurier. Expedition in die Urzeit, 27-34; Ostfildern (Thorbecke).

SCHWEITZER, H.-J. (1996): *Voltzia hexagona* (BISCHOFF) GEINITZ aus dem mittleren Perm Westdeutschlands.— Palaeontographica, Abteilung B, **239**: 1-22.

SPUHLER, L. (1957): Einführung in die Geologie der Pfalz.— Veröffentlichungen der Pfälzischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, **34**: 1-432.

UHL, D. (2004): Typification of the fossil conifer *Pseudovoltzia liebeana* (GEINITZ) FLORIN.— Taxon, **53**: 185-186.

UHL, D.; ABU HAMAD, A.; KERP, H. & BANDEL, K. (2007): Evidence for palaeo-wildfire in the Late Permian palaeotropics - charcoalified wood from the Um Irna Formation of Jordan.— Review of Palaeobotany and Palynology, **144**: 221-230.

UHL, D. & KERP, H. (2002): Die Makroflora des ostthüringischen und sächsischen Zechsteins - Stand der Forschung und Ausblick.— Veröffentlichungen Museum für Naturkunde der Stadt Gera, **29**: 44-63.

UHL, D. & LAUSBERG, S. (2008): Land plant diversity in selected Latest Pennsylvanian ? - Permian deposits from the Saar-Nahe basin (SW-Germany) and the German Zechstein Basin.— In: KEDZIOR, A. & CLEAL, C. J. (Eds.), Pennsylvanian (Carboniferous) biotas and palaeoenvironments; Studia Geologica Polonica, **129**: 81-106.

UHL, D. & LEPPER, J. (2006): Anatomically preserved plant remains from the Lower Triassic of Northern Germany - a contribution to the understanding of permineralisation processes.— Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte, **2006**(9): 539-556.

UHL, D.; NOLL, R.; LAUSBERG, S. & STAPF, K.R.G. (2004): Wildfires in the Late Palaeozoic of Central Europe - An overview of the Rotliegend (Upper Carboniferous-Lower Permian) of the Saar-Nahe Basin (SW-Germany).— Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **207**: 23-35.

VAN KONIJNENBURG-VAN CITTERT, J.H.A.; KUSTATSCHER, E. & WACHTLER, M. (2006): Middle Triassic (Anisian) ferns from Kühwiesenkopf (Monte Prá della Vacca), Dolomites, Northern Italy.— Palaeontology, **49**: 943-968.

Anschriften der Verfasser:

Dipl.-Geol. Thomas Schindler
Büro für Paläontologie, Stratigraphie und Geotopschutz
Am Wald 11
55595 Spabrücken
E-Mail: meisenheimichthys@web.de

Priv.-Doz. Dr. Dieter Uhl
Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg
Senckenberganlage 25
60325 Frankfurt am Main
E-Mail: dieter.uhl@senckenberg.de
und
Eberhard Karls Universität Tübingen
Institut für Geowissenschaften
Sigwartstraße 10
72076 Tübingen

Dr. Rainer Schoch
Staatliches Museum für Naturkunde
Rosenstein 1
70191 Stuttgart
E-Mail: schoch.smns@naturkundemuseum-bw.de

Dr. Michael Wuttke
Generaldirektion Kulturelles Erbe
Direktion Landesarchäologie, Referat Erdgeschichte
Große Langgasse 29
55116 Mainz
E-Mail: michael.wuttke.@gdke.rlp.de

Eingang des Manuskripts bei der Schriftleitung:
08.12.2008

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: 94

Autor(en)/Author(s): Schindler Thomas, Uhl Dieter, Schoch Rainer R., Wuttke Michael

Artikel/Article: Die Fossilgemeinschaften des Buntsandsteins und des basalen Muschelkalks in der Pfalz - Abbilder einer stufenweisen Floren-/Faunen-Erholung nach der Perm-Trias-Krise? 11-37