

Litho- und Biofazies der Breitenbach-Formation im Windpark Bedesbach/Pfalz (Steinkohlen-Gruppe, Oberkarbon; Saar-Nahe-Becken, SW-Deutschland)

THOMAS SCHINDLER, SABINE GLIENKE, MARKUS POSCHMANN,
ORTWIN EMRICH & SEBASTIAN VOIGT

Kurzfassung: Der intensiviertere Bau von Windrädern ermöglicht seit wenigen Jahren neue Einblicke in den Untergrund von Wald- und Ackerfluren der Mittelgebirge. In der Westpfalz entstanden 2017 bis 2019 umfangreiche Aufschlüsse bei der Erschließung des Windparks Bedesbach. Dabei wurden überwiegend Sedimente der Breitenbach-Formation des Oberkarbon angetroffen. Bedingt durch zahlreiche Störungen und wechselndes Einfallen der tektonischen Schollen konnte kein durchgehendes Profil aufgenommen, aber eine Kompilation von längeren Teilprofilen konstruiert werden. Zusammen mit etlichen Fossilfundpunkten ermöglicht das die Rekonstruktion einer von Rinnen durchzogenen Flusslandschaft mit kleinen Seen und Sümpfen. Von Zeit zu Zeit verursachte hoher Grundwasserspiegel eine länger anhaltende Flutung der Flussebene mit Entwicklung von mäßig tiefen Seen. Zeitweise wurden die Paläoökosysteme durch Eintrag von Aschen eines beckenexternen Vulkanismus gestört.

Abstract: Since a few years, the intensified construction of wind turbines allows new insight into the subsurface of forested and agriculturally farmed land of German low mountain ranges. In the Western Palatinate, extensive outcrops emerged in 2017 to 2019 during development of the Bedesbach wind farm. The majority of outcrops expose sediments of the Upper Carboniferous Breitenbach Formation. Due to faults and highly variable dip of strata in the numerous tectonic blocs of the area, a continuous section could not be recorded at one place but could be compiled from partially overlapping shorter sections at different places. Together with a number of fossil sites, this enables the reconstruction of an ancient river landscape with low-energy fluvial channels, extended floodplains, ponds and swamps. Sometimes, high groundwater level caused prolonged flooding of the fluvial plain with the development of moderately deep lakes. From time to time, the paleoecosystem was disturbed by ash falls from basin-external volcanism.

1. Einleitung

Ablagerungen der Steinkohlen-Gruppe des Oberkarbon (*sensu* SCHNEIDER 1993) sind in Rheinland-Pfalz nur in geschleppten Schollen an vulkanischen Intrusionen (Lemberg) und am vulkano-tektonisch gebildeten Pfälzer Sattel aufgeschlossen (Königsberg, Potzberg und Scholle von Brücken-Steinbach, Abb. 1). Gegenüber der wesentlich vollständigeren oberkarbonischen Schichtabfolge im Saarland (Abb. 2) sind in Rheinland-Pfalz nur die jüngsten Anteile der Ottweiler-Subgruppe (Heusweiler- und Breitenbach-Formation) vorhanden.

Von 2017 bis 2019 wurden zwischen Altenglan, Bedesbach, Ulmet und Welchweiler fünf Windenergieanlagen (WEA) mit zugehörigen Baugrundbohrungen, Fundamentgruben, Lagerplätzen, Zufahrten und Kabelinstallationsgräben gebaut:

Ulmet 01 (Ul01), Bedesbach 01 (Be01), 03 (Be03), 04 (Be04), Altenglan 01 (Al01).

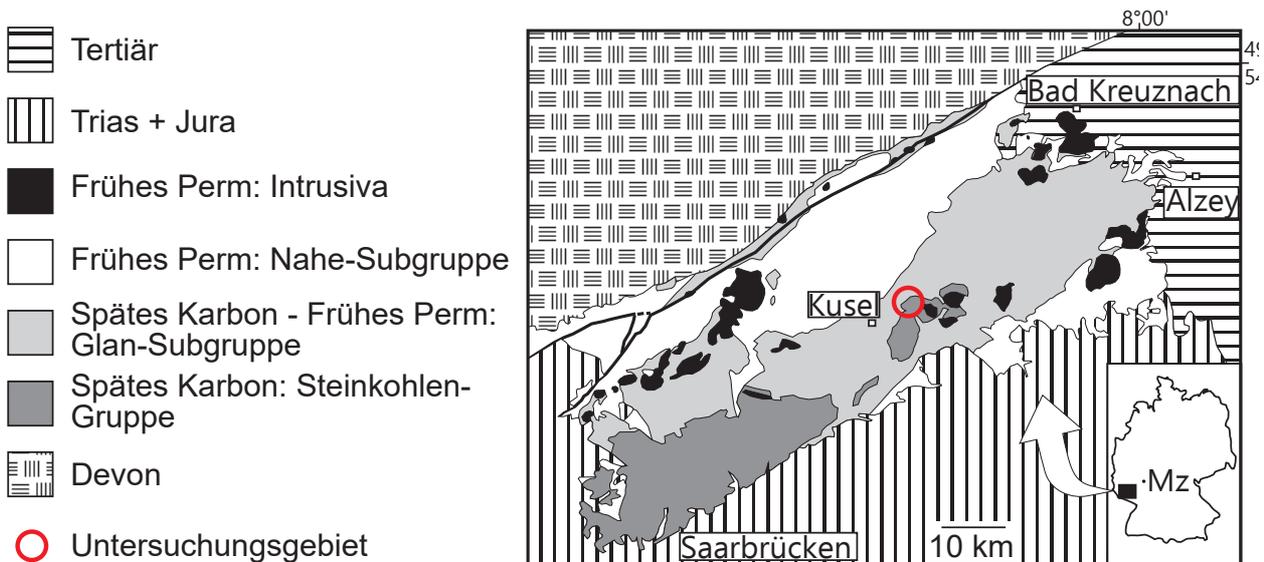


Abb. 1: Geologische Übersichtskarte des Saar-Nahe-Beckens; roter Kreis = Untersuchungsgebiet, Mz = Mainz; Quartär abgedeckt (verändert nach STOLLHOFEN 1994, SCHINDLER et al. 2017).

Dabei wurden Sedimente der Heusweiler- und Breitenbach-Formation der Steinkohlen-Gruppe (Ottweiler-Subgruppe) sowie der Remigiusberg- und der Wahnwegen-Formation der Rotliegend-Gruppe (Glan-Subgruppe) angeschnitten. Dazu kamen intermediäre Intrusionen in Form von Sills, Dykes und einem Lakkolith (Frühes Perm, Platznahme zur Ablagerungszeit der Donnersberg-Formation der Nahe-Subgruppe).

Der überwiegende Anteil der Sedimente gehört zu der in Rheinland-Pfalz selten aufgeschlossenen Breitenbach-Formation. Deren Litho- und Biofazies wird im Folgenden anhand der neuen Daten, der wenigen publizierten Literatur sowie des PGIS-Datenbank-Bestandes der GDKE, Landesarchäologie/Erdgeschichte näher beschrieben. Das Fundmaterial ist in der Landessammlung für Naturkunde Rheinland-Pfalz am Naturhistorischen Museum in Mainz (NHMM/LS) inventarisiert und gelagert.

2. Lithofazies der Breitenbach-Formation

Die Breitenbach-Formation wurde von WEISS (1868) aufgestellt; Typusregion ist Breitenbach in der Westpfalz. Die aktuellste lithostratigrafische Beschreibung der Formation basiert mangels Aufschlüssen an der Typuslokalität auf Bohrkerne (Kernbohrung Meisenheim-1 u. a., SCHÄFER 2005). Eine vertikale Abfolge der See- und Flussablagerungen beschreibt SCHINDLER (2007a). Im Gebiet der Geologischen Karte 1:25.000, Blatt 6410 Kusel, innerhalb der das Untersuchungsgebiet liegt, wird die Breitenbach-Formation von ATZBACH (1971) wie folgt charakterisiert:

- abgegrenzt als graubraune Einheit zwischen liegenden (Heusweiler-) und hangenden Rotse-
dimenten (Remigiusberg-Formation)
- Untergrenze nicht immer scharf
- Mächtigkeit ca. 100 m
- vorwiegend aus grauen bis graugrünen oder graubraunen sandigen Tonsteinen mit unterge-
ordnet eingeschalteten dünnplattigen Sandsteinen bestehend
- Bänke: Breitenbach-Steinkohlen-Flöz im oberen Teil; Stromatolithen-Kalkstein.

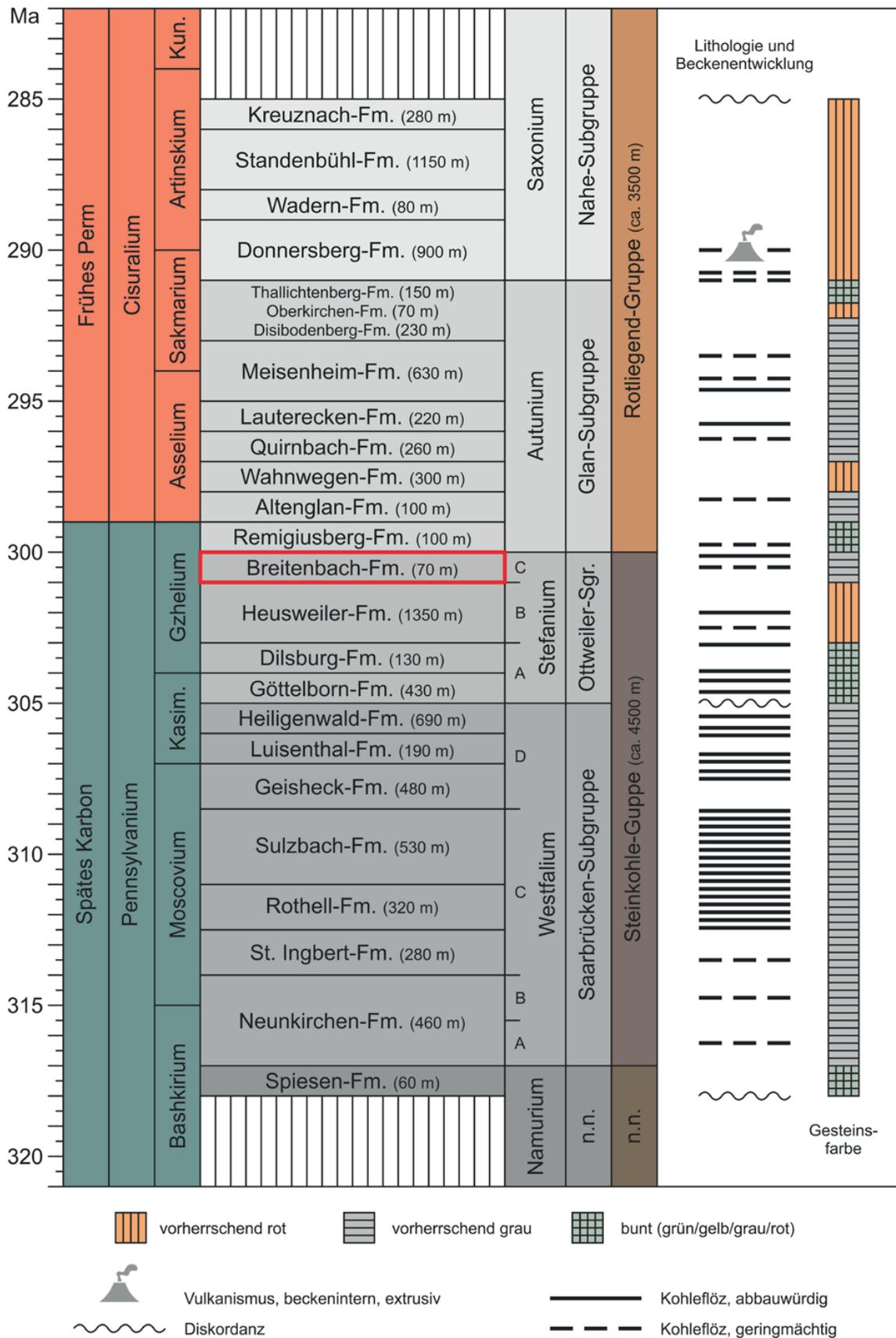


Abb. 2: Stratigraphische Übersicht über die Karbon-Perm-Füllung des Saar-Nahe-Beckens; rot umrandet der hier behandelte lithostratigraphische Abschnitt (verändert nach VOIGT et al. 2019).

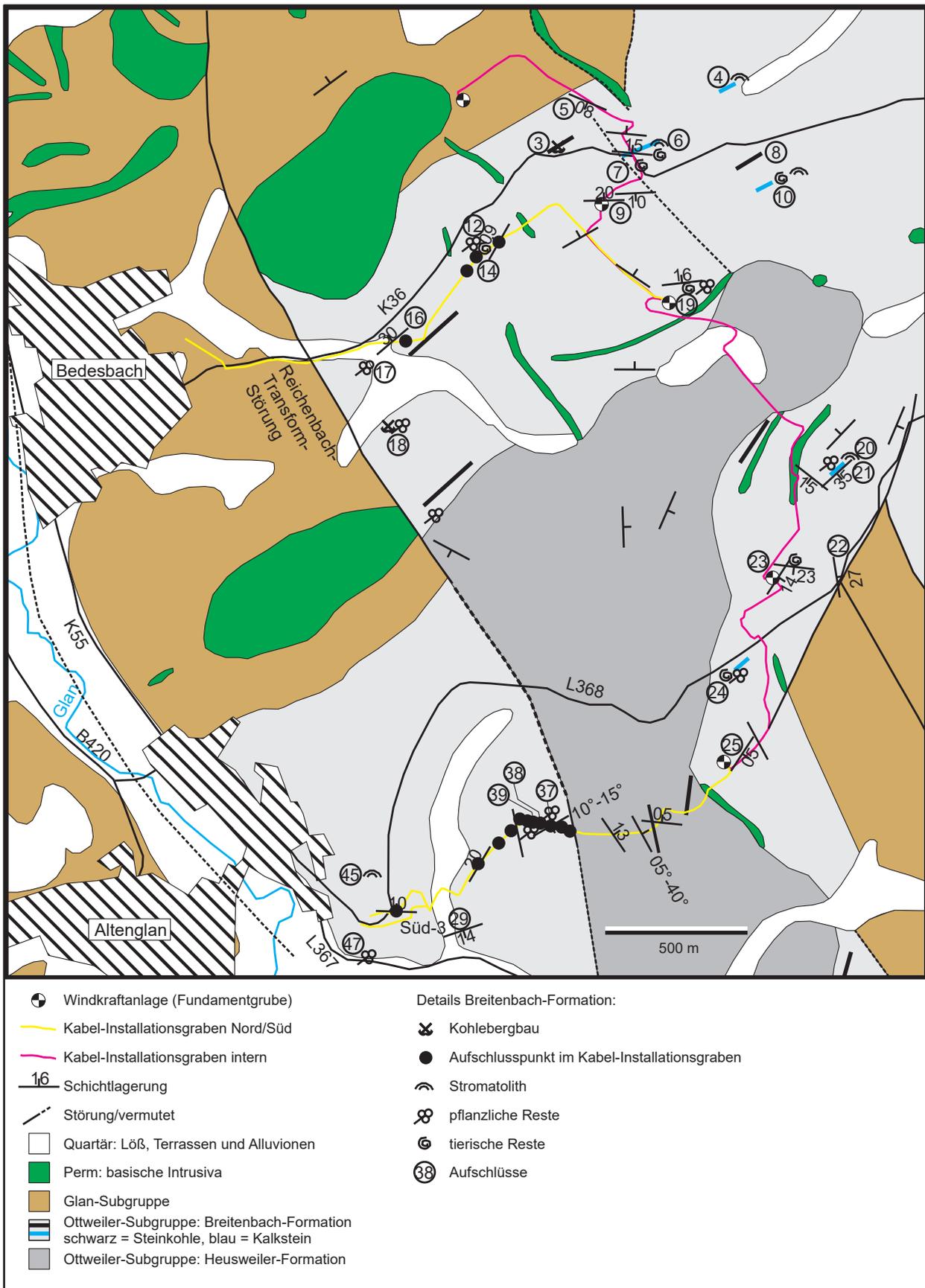


Abb. 3: Geologische Karte des Untersuchungsgebiets mit Lage der Aufschlüsse und Fundpunkte (Nummern s. Anhang 1) (Geologie nach JOSTEN 1956, ATZBACH & SCHWAB 1971, DREYER et al. 1983 sowie neuen Geländedaten; Reichenbach-Transform-Störung nach STOLLHOFEN 1998; Fossilfunde nach ATZBACH & SCHWAB 1971, Fundstellen-Kartei J. Boy/Univ. Mainz in der PGIS-Datenbank der GDKE sowie neuen Geländedaten).

Innerhalb des tektonisch stark beanspruchten Untersuchungsgebiets wird die Kartierung der Formation sowie die Grenzziehung durch einzelne Rotlagen in der Mitte der Breitenbach-Formation erschwert. Dazu kommt, dass die unterlagernde Heusweiler-Formation partiell gelbgrau bis braun gefärbt ist (Kabelgraben Süd). Für die Untergrenze wird daher hier der Übergang von einer braun bis rotbraun gefärbten Abfolge mit Konglomeraten zu einer überwiegend grau gefärbten, siltig-sandigen Abfolge verwendet (Abb. 3). Als Obergrenze wird entsprechend Boy et al. (2012: 263) der Übergang von grüngrauen zu überwiegend roten Sedimenten verwendet (nördlich von Aufschluss 5 sowie nach ATZBACH & SCHWAB 1971; Abb. 3 und Anhang 1).

Insgesamt ist eine rund 130 m mächtige Sequenz aus Teilsequenzen der tektonischen Schollen kompilierbar (Abb. 4). Die Ablagerungen sind den folgenden 12 Lithofaziestypen zuordenbar, die zu drei Ablagerungsräumen gehören. Dazu kommen vulkanische Aschen (Lithofazies 13). Die Einteilung der Lithofaziestypen folgt SCHÄFER (1986) für die fluviatilen Typen sowie CLAUSING (1998) und BOY & SCHINDLER (2000, 2012) für die Seeablagerungen.

Flussrinne

Lithofazies 1: Fein- bis Mittelsandstein, olivgrau bis gelbgrau, dünnplattig, Schrägschichtung (Aufschluss 16; Aufschluss 19, Lagerplatz), örtlich mit Pflanzen-Stubben und Pflanzen-Achsen (Aufschluss 9, Lagerplatz, Abb. 5), teils mit flacher Rippelschichtung (Aufschluss 19, Bohrung S06, Teufe ca. 2.200 bis 2.400 cm; Abb. 6; Aufschluss 19, Lagerplatz; Aufschluss 23, Fundamentgrube, Abb. 7; Aufschluss 29); kaum Anzeichen für Aufarbeitung (selten Silt-Klasten, Aufschluss 9, Bohrung S07, hgd. 11 m-Sandstein oberhalb des Tonsteins des Altenkirchen-Sees); Sedimente sind sehr gleichkörnig; keine erosiven Schichtbasen, keine Sohlmarken). In Aufschluss 19, Lagerplatz, folgen die Leebblatt-geschichteten Sandsteine mit einer wenige Dezimeter mächtigen Übergangslage aus plattigem Feinsandstein mit vielen großen Hellglimmern konkordant auf die Seefazies des „oberen Tonsteins“ des Altenkirchen-Sees.

Deutung: Rinnenablagerungen niederenergetischer Flüsse.

Überflutungsebene

Lithofazies 2: Dezimeter-Wechselagerung von Silt- mit Feinsandstein, plattig bis gebankt, grüngrau, teils rötlichgrau, gelbe Rhizo-Konkretionen in Feinsandstein, häufig Wurzeln/-spuren; Aufschluss 9, Zufahrt (Abb. 5 und Abb. 8); Aufschluss 37 bis 38, Schicht C (Abb. 10); u. v. a.

Deutung: Zwischenrinnen-Fazies, Wechselagerung von Hochflut- und Normalsedimentation auf der bewachsenen Überflutungsebene.

Lithofazies 3: Steinkohle-Lage in durchwurzelmtem Silt- und Feinsandstein bzw. kohligem Silt-/Feinsandstein; Aufschluss 3; Aufschluss 8; Aufschluss 17; Aufschluss 19, Lagerplatz; Aufschluss 38, Schicht F (Abb. 9 und Abb. 10); Aufschluss 25, Bohrung S01, Teufe 1.600 cm.

Deutung: Ablagerung allochthoner pflanzlicher Biomasse in Aue-Tümpeln bzw. Sumpfstandort auf der Überflutungsebene.

Lithofazies 4: Siltstein, sandig, braungrau, bioturbiert (Wurzeln); Aufschluss 38, Profil Liegendes, mit allochthonen Achsen und Farnfiedern (Abb. 10); Aufschluss 7, Profil liegender pflanzenführender Silt mit allochthonen Fiedern von farnlaubigen Pflanzen (Abb. 11).

Deutung: durchwurzelte Sedimente der Rinnen-fernen Überflutungsebene bzw. des Ufers von Auenseen.

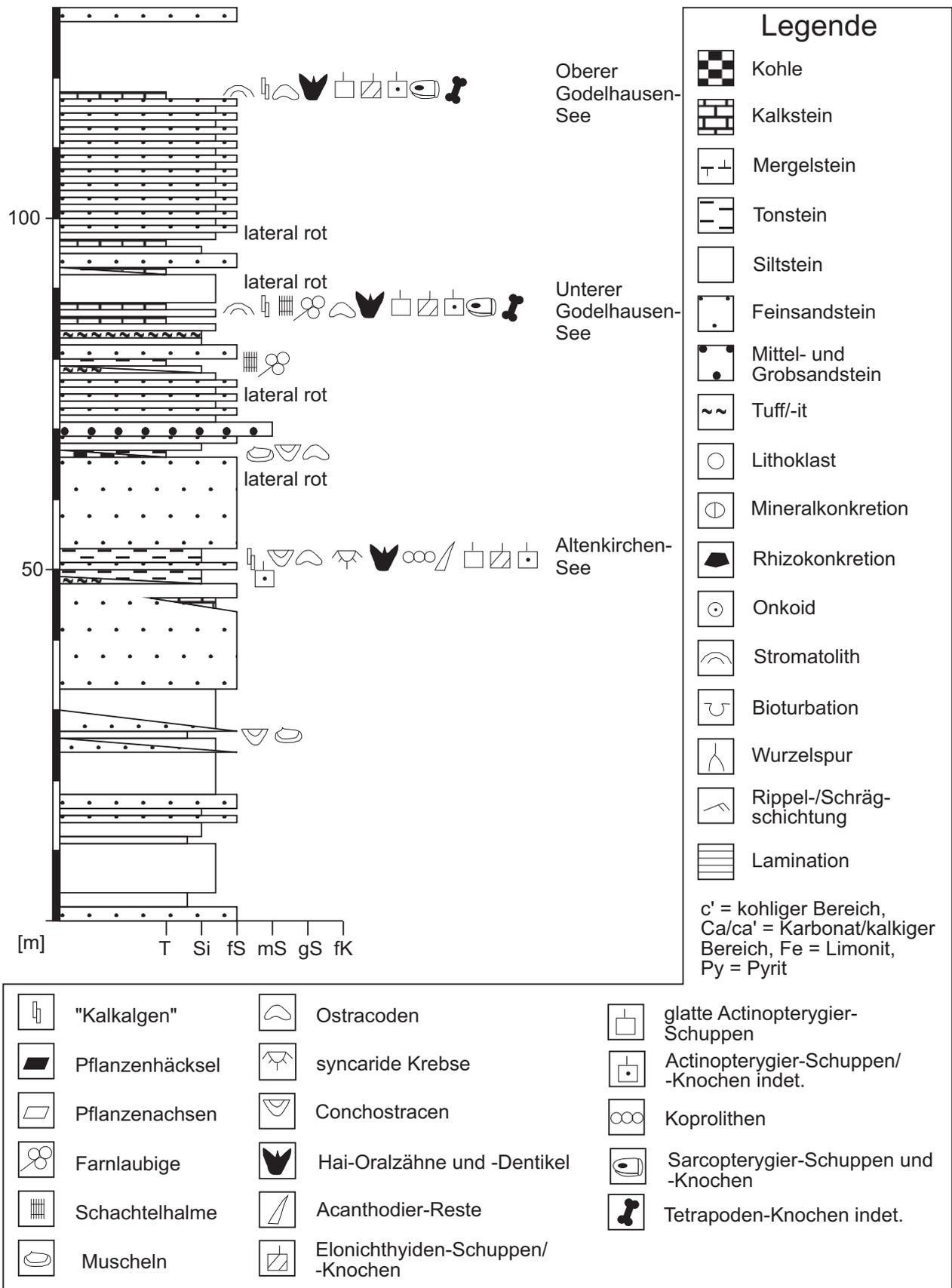


Abb. 4: Kompilierte lithologische Abfolge der Breitenbach-Formation des Untersuchungsgebietes.

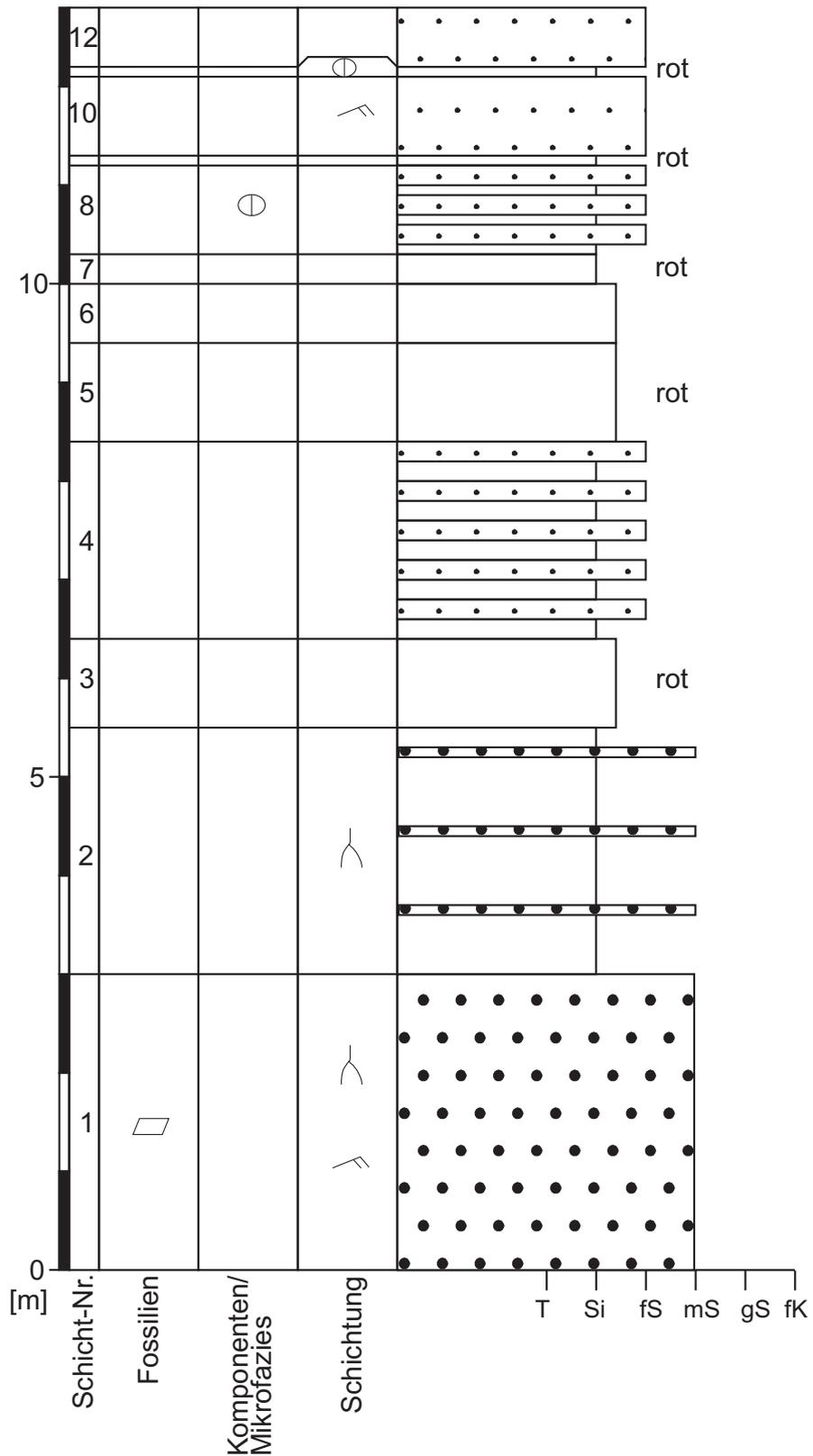


Abb. 5: Aufschluss 9, Lagerplatz bis Zufahrt: Abfolge aus schräg geschichtetem Mittelsandstein mit kohligen Wurzeln und Achsen (Schicht 1, Uferdamm einer Flussrinne) sowie - basal durchwurzelt - Wechsellagerungen von Silt- und Feinsandstein, am Top mit Caliche-Konkretionen (Schicht 2 bis 12, Überflutungsebene).



Abb. 6: Aufschluss 19, Bohrung S06, Tiefe ca. 2.200 bis 2.400 cm: mehrere Meter mächtiger Feinsandstein mit Rippel-Sets im Zentimeter-Abstand; Bohrkerndurchmesser = 10 cm.

Abb. 7 (unten): Aufschluss 23, Fundamentgrube: Mittelsandstein mit sigmoidal gebogener Schrägschichtung; Maßstab = 100 cm.





Abb. 8: Aufschluss 9, Zufahrt: Wechsellagerung aus fein geschichteten bis gebankten rotbraunen und oliven Silt- und Feinsandsteinen der Überflutungsebene; schräge Abschiebung der rechten (westlichen) Scholle; Maßstab Hammer = 35 cm.



Abb. 9: Aufschluss 38, Profil Schicht F (s. Abb. 10): Zentimeter-mächtige Steinkohlen-Lage; liegender Siltstein mit Wurzel?-Spuren, hangender Siltstein mit Rhizo-Konkretionen (Schicht E); Maßstab = 20 cm.

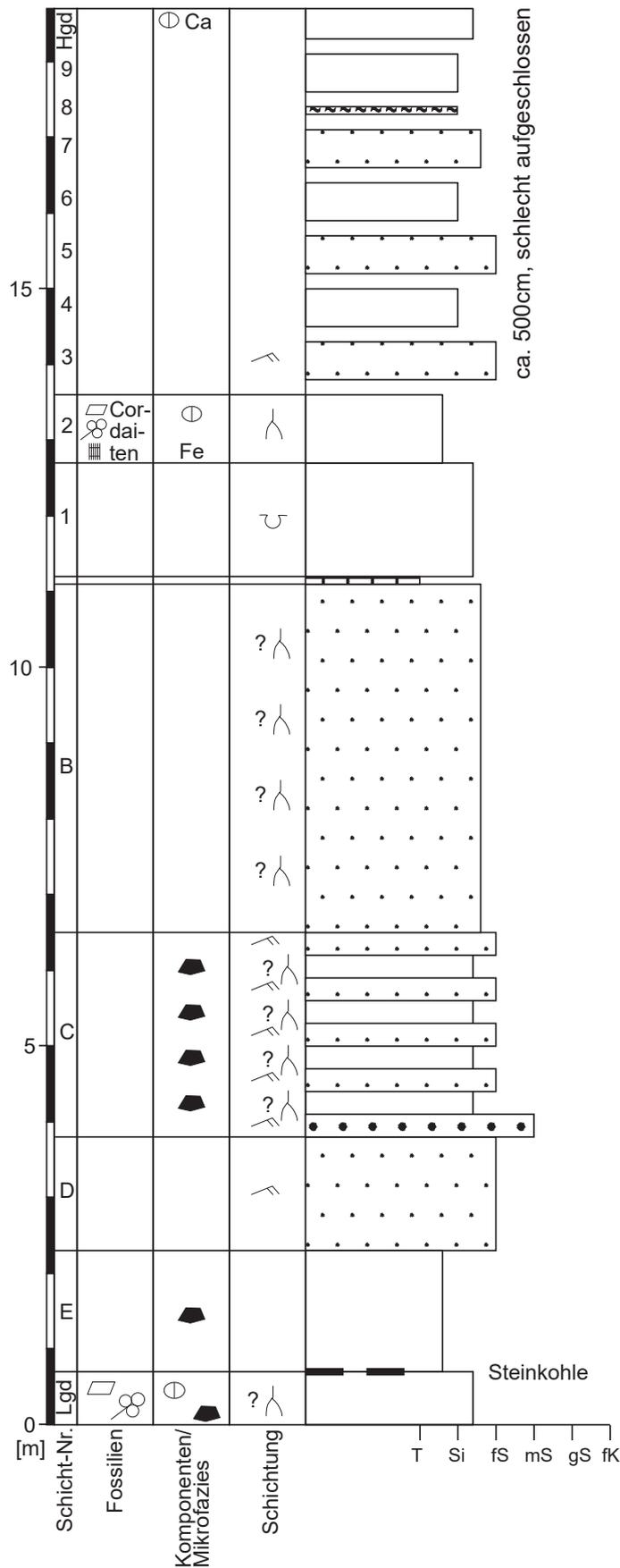


Abb. 10: Profil von Aufschluss 37 bis Aufschluss 38; Überflutungsebene mit autochthonen schlammigen Pflanzenstandorten (Schicht Lgd.), Anreicherung abgestorbener Pflanzen in einem Sumpf (Steinkohle, Schicht F), durchwurzelten Rinnensanden (Schicht C), siltiger Fazies mit parautochthonen Pflanzen eines flachen kleinen Sees (Schicht B) sowie einer vulkanischen Asche (Schicht 8).

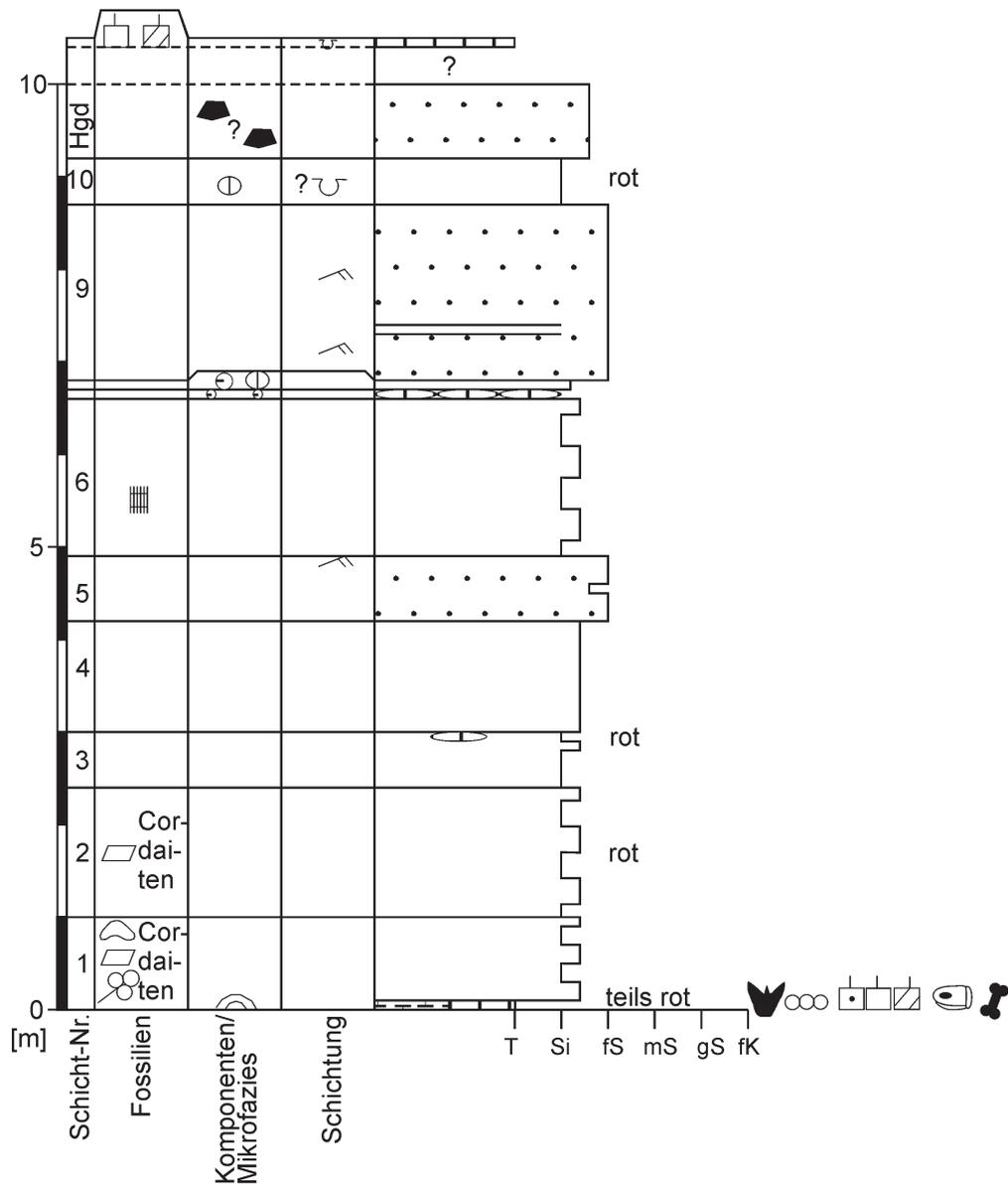


Abb. 11: Aufschluss 7, Abfolge von fossilreichen litoralen Seesedimenten (Schicht 1) über Verfüllungsfazies und Überflutungsebene (Schicht 2 bis 4, 6 bis 8 und 10) mit Einschaltung von Rinnensandsteinen (Schicht 5 und 9) und durchwurzeltem? sandigem Litoral (Schicht Hgd.) bis zum nächsten litoralen See-Kalkstein (Top).

Lithofazies 5: Kalksandstein bis sandiger Mudstone, beige, bioturbat entschichtet; Aufschluss 19, Fundamentgrube, Schicht 2 (Abb. 12); der Anschliff (Abb. 13 und Abb. 14) weist in sandiger Grundmasse mit kleinen Hellglimmern Millimeter- bis Zentimeter-große eckige bis gerundete gelbliche karbonatische? Gerölle auf (parautochthon aufgearbeitete Hohlraum-reiche Rhizo-Konkretionen), dazwischen liegen Calcit-„Augen“ (Sparit-gefüllte rundliche bis längliche Hohlräume, Grabgänge?). Faziell ähnlich sind teils karbonatische Feinsandsteine mit gelben Rhizo-Konkretionen (s. Lithofazies 8).

Deutung: Erosionsprodukt einer wassergesättigten leicht mineralisierten durchwurzelten Zone der Überflutungsebene, nach kurzem Transport bei erneutem hohem Grundwasserstand diagenetisch verkalkt.

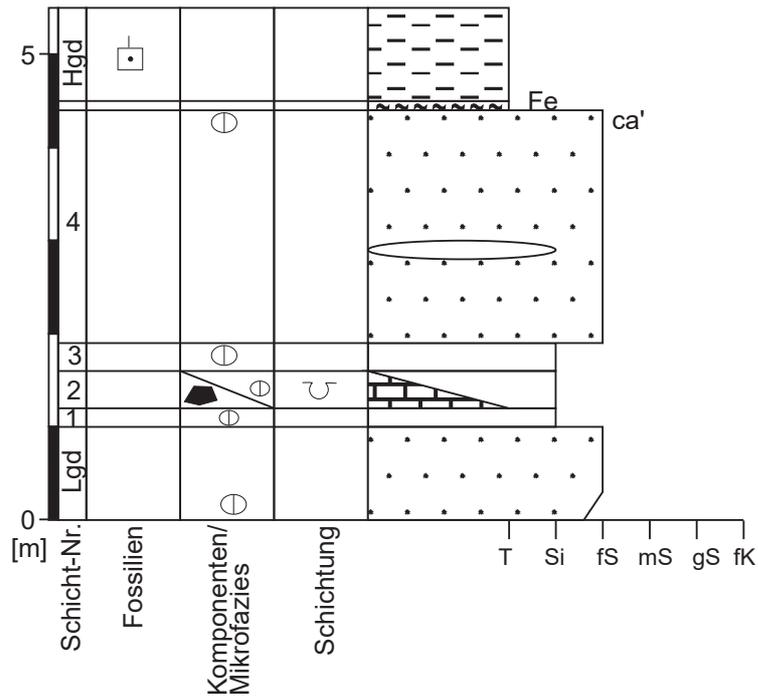


Abb. 12: Aufschluss 19, Fundamentgrube, Profil: Silt- und Feinsandstein der Überflutungsebene mit vielen Caliche-Konkretionen, teils mit Aufarbeitung; die Abfolge wird transgressiv von toniger Seefazies überlagert, der basal ein Airfall-Tuff eingelagert ist (Schicht 5 und Hgd., „unterer Tonstein“).

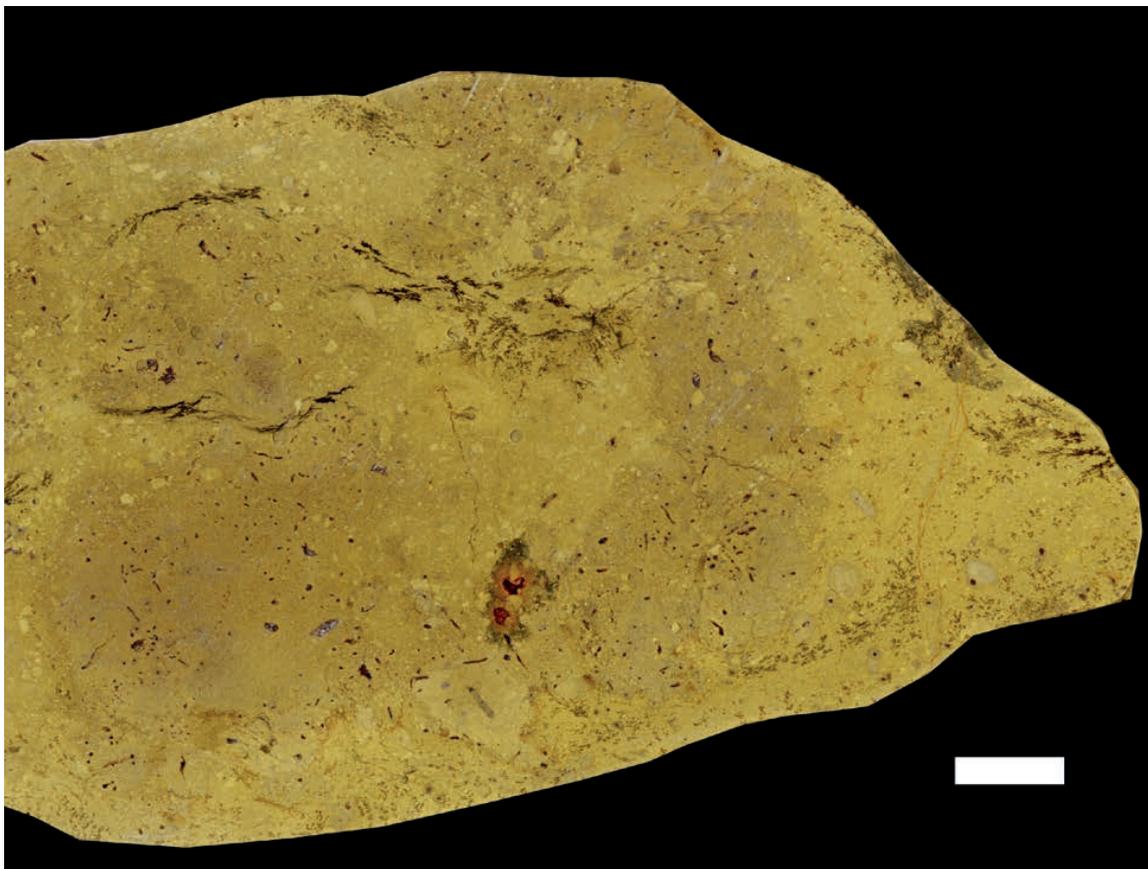
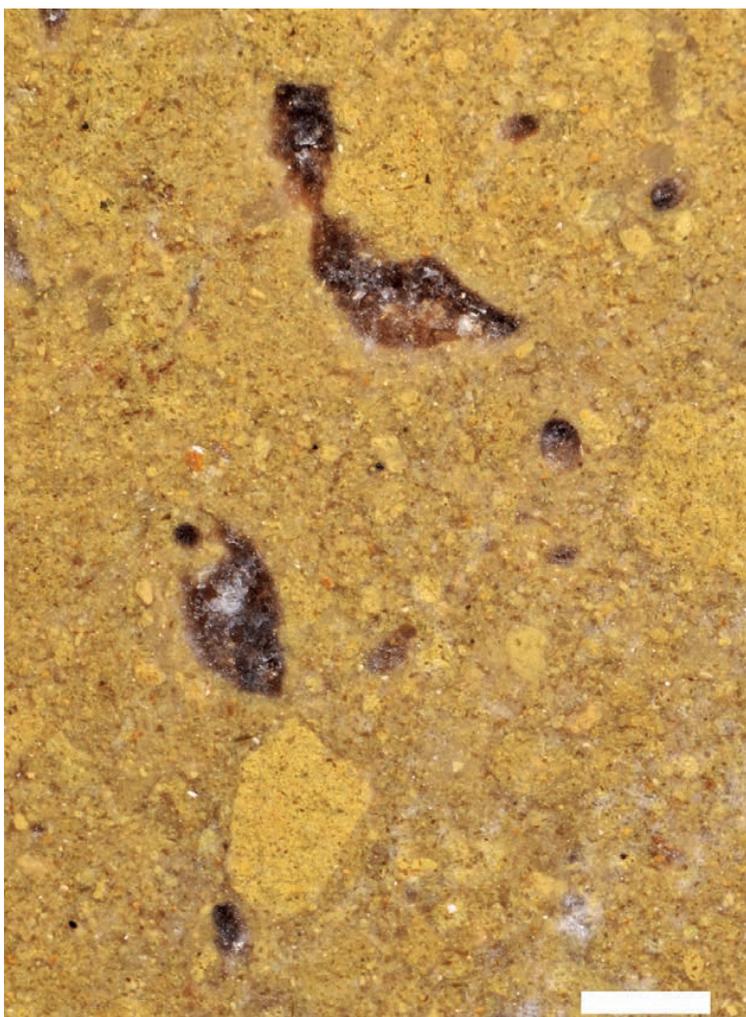


Abb. 13: Aufschluss 19, Fundamentgrube, Profil Schicht 2, orientierter Anschliff: Kalksandstein bzw. sandiger Kalkstein mit aufgearbeiteten gelben Rhizo-Konkretionen und dunklen Sparit-gefüllten Hohlräumen; Foto unter Wasserbedeckung, Maßstabsbalken = 1 cm (NHMM/LS G 2020/5001-LS).

Abb. 14: Detail aus Abb. 13, mit eckigen bis gerundeten gelblichen Rhizo-Konkretionen und dunklen Sparit-gefüllten Hohlräumen (Grabgängen? / Wurzeln?); Foto unter Wasserbedeckung; Maßstabsbalken = 1 mm.



Lithofazies 6: Grüngrauer ungeschichteter Silt- und Feinsandstein mit Zentimeter-großen Konkretionen (beige, dolomitisch?); Aufschluss 19, Fundamentgrube, Schicht Lgd., Schicht 1, Schicht 3 und Schicht 4 (Abb. 12); und viele andere.

Deutung: Caliche-Konkretionen in mineralgesättigter durchwurzelter? Zone der Überflutungsebene (vgl. MÖHRING & SCHÄFER 1990); Ausgangsgestein der Lithofazies 7.

Lithofazies 7: Kalksiltit / siltiger Packstone mit Caliche-Konkretionen; Aufschluss 23, Lagerplatz, Anschliff (Abb. 15): wenige Millimeter- bis 1 cm-große gut gerundete Karbonat-Gerölle/-Konkretionen, grau und gelbbraun, häufig Kern aus eckigen Mineralien, teils rundlicher Kern, dazwischen rotbraune bis grüngraue siltige bis feinsandige Matrix, selten grüne Silt-Klasten; Karbonat-Gerölle/-Konkretionen bestehen aus Kalksandstein, Kalksiltit, laminaren Krusten und am häufigsten aus Mudstone mit teils wolkigem Internbau. Weitere Caliche-Konkretions-Bänke stammen von Aufschluss 23, Bohrung S02, Teufe 500 bis 600 cm, bunte Variante (Abb. 16) sowie Aufschluss 9, Bohrung S07, Teufe 1060 cm, graue Variante (Abb. 17).

Deutung: bei Damnbrüchen oder Hochwasser erodierte und nicht weit entfernt wieder sedimentierte mineralgesättigte durchwuzelte Zone der Überflutungsebene bzw. des See-Ufers, nach Absatz diagenetisch verkalkt.

Lithofazies 8: Feinsandstein, grau bis braungrau, rippelgeschichtet, mit pulvrigen (dekarbonatisierten?) orangen Millimeter-großen Rhizo-Konkretionen; Aufschluss 7, Schicht Hangendes (Abb. 11); Aufschluss 14; Aufschluss 21; Aufschluss 37 bis 38, Profil Schicht C, Abb. 10); und viele andere.

Deutung: wassergesättigte leicht mineralisierte durchwuzelte Hochflut-Ablagerungen auf der Überflutungsebene.



Abb. 15: Aufschluss 23, Lagerplatz, Kalksiltit bis siltiger Packstone, orientierter Anschliff: graue gerundete Kalkkrusten und Karbonat-Konkretionen (Caliche sensu MÖHRING & SCHÄFER 1990) sowie grün-graue Siltklasten in rotbrauner siltig-karbonatischer Matrix; Foto unter Wasserbedeckung, Maßstabsbalken = 1 cm. (NHMM/LS G 2020/5009-LS)



Abb. 16: Aufschluss 23, Bohrung S02, Teufe ca. 500 bis 600 cm: Anreicherung von bunten Zentimeter-großen Karbonat-Konkretionen (Caliche) in siltiger Matrix; Bohrkerndurchmesser = 10 cm.



Abb. 17: Aufschluss 9, Bohrung S07, Teufe 1060 cm: Anreicherung von grauen und braunen Zentimeter-großen Karbonat-Konkretionen (Caliche) sowie Ton-Klasten in sandiger Matrix; Bohrkerndurchmesser = 10 cm.

Seen

Lithofazies 9: Geringmächtiger, teils toniger Siltstein, grüngrau, plattig fein geschichtet, mit allochthonen Pflanzen (Farnfieder, Cordaitenblätter, Schachtelhalm-Abschnitten; Aufschluss 37 bis Aufschluss 38, Schicht 2, Abb. 10), teils bunt mit allochthonen Cordaitenblättern und parautochthonen doppelklappigen Muscheln (Aufschluss 25, Bohrung S01, Teufe 1860 cm; Abb. 18).

Deutung: Litoralfazies kleiner Seen auf der Überflutungsebene mit temporärem Zufluss.



Abb. 18: Aufschluss 25, Bohrung S01, Teufe 1860 cm: bunter bioturbierter Siltstein mit Cordaiten-Blättern sowie ein- und doppelklappig („Schmetterlings-Stellung“) erhaltene Muscheln.

Lithofazies 10: Stromatolith und Onkoid-Pack-/Grainstone in Siltstein; Aufschluss 6 (Abb. 19 und Abb. 20): der Anschliff (Abb. 21) zeigt rechts unten eine Kernzone mit einem siltig verfüllten Hohlraum (wahrscheinlich eine verfüllte, leicht kollabierte und dann überwachsene Pflanzenachse als sekundärer Hartgrund); darüber folgt teils krustig-laminares, überwiegend aber säuliges Wachstum mit Hell-Dunkel-Lamination; in Hohlräumen zwischen den Säulchen liegen Millimeter-große Onkoide und doppelklappige Ostracoden in siltiger Hellglimmer-führender Matrix; aus dem Onkoid-Pack-/Grainstone konnten viele Fisch- sowie wenige Tetrapoden-Reste durch Essigsäure-Aufbereitung gewonnen werden (s. Anhang 2). Weitere Stromatolithen: Aufschluss 4; Aufschluss 7; Aufschluss 8; Aufschluss 20; Aufschluss 45.

Deutung: temporär bewegtes Wasser des Litorals bis Sublitorals kleiner Seen (STAPF 2005).

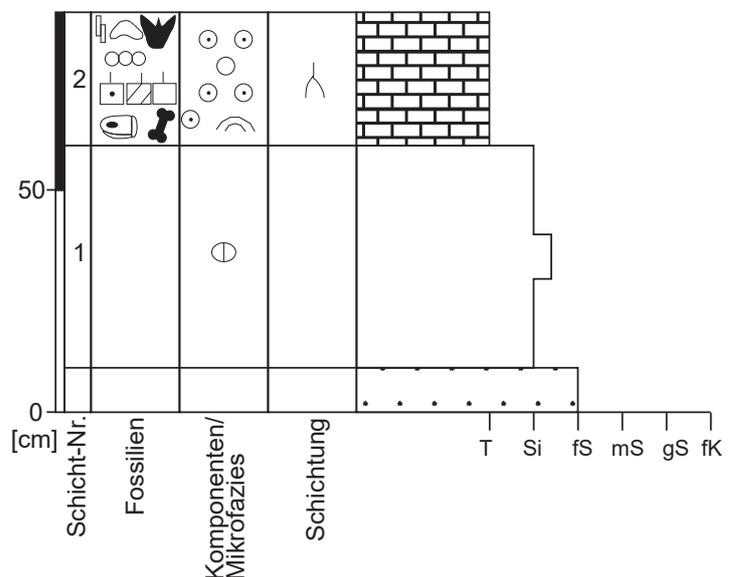


Abb. 19: Aufschluss 6, Profil; transgressive Sequenz von einer mineral- und wassergesättigten Überflutungsebene (Schicht Lgd. und Schicht 1) zu einem flachen See-Litoral mit Stromatolith in fossilreichem Onkoid-Pack-/Grainstone (Schicht 2).



Abb. 20: Aufschluss 6; über graugrünem Siltstein liegt ein Kalkstein (Profil Schicht 2), der basal aus einem Stromatolith gebildet und von einem Onkolith überlagert wird; sichtbarer Maßstab = 32 cm.

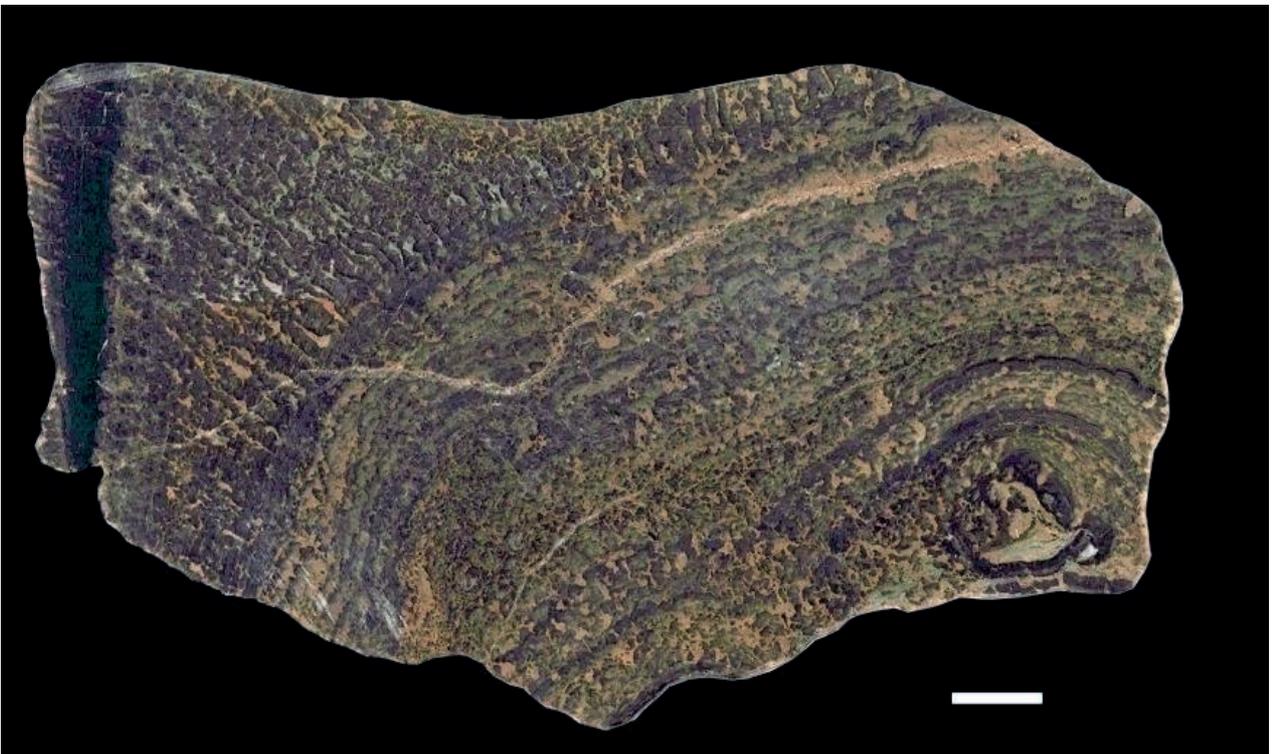
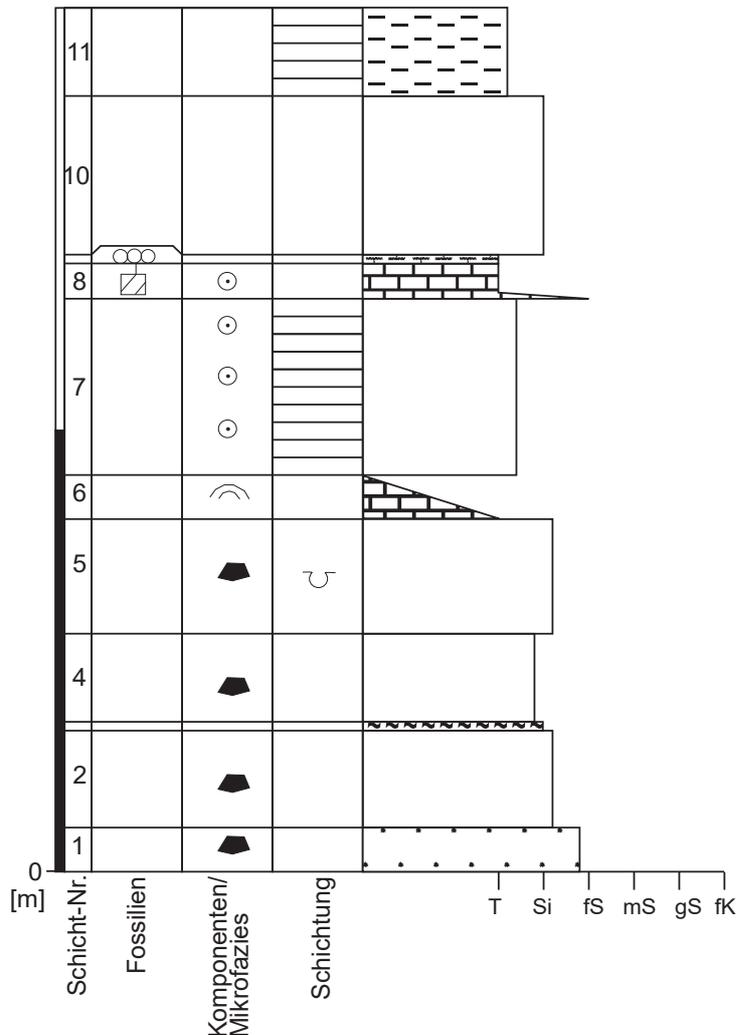


Abb. 21: Aufschluss 6, Profil Schicht 2: orientierter Anschliff eines Stromatolithen; rechts unten Kernzone mit siltigem Hohlraum, nach links oben teils laminares, überwiegend aber säuliges Wachstum; Foto unter Wasserbedeckung, Maßstabsbalken = 1 cm (NHMM/LS PB 2020/5016-LS).

Lithofazies 11: Kalk-/Mergelstein (Mudstone) in Siltstein; Aufschluss 25, Lagerplatz sowie Wende-/Ausweichplatz (Abb. 22). Vom Profil am Wende-/Ausweichplatz, Schicht 6, wurde ein Anschliff hergestellt; er zeigt einen reliktsch weitständig laminierten, ansonsten wolkig-ungeschichteten dunkelgrauen bioturbierten Mudstone (1x Grabgang senkrecht zur Schichtung) mit Häcksel-Flittern und als Makrofossilien Actinopterygier-Schuppen (s. Anhang 2). Ein weiteres Beispiel ist Aufschluss 25, Wende-/Ausweichplatz, Profil Schicht 8, Anschliff: basal brauner Onkoid-Pack-/Grainstone mit wenigen Kalkkrusten-Bruchstücken, darüber dunkelgrauer wolkig-ungeschichteter Mudstone, bioturbiert, mit Häcksel-Flitter. Im Gelände und durch Essigsäureaufbereitung konnten hieraus Actinopterygier-Schuppen, ein mit Kegelzähnen besetztes Maxillare und ein Koprolith gewonnen werden. Weiteres Vorkommen: Aufschluss 7, Profil liegender Mudstone: grüngrauer, beige und rötlichgrauer siltiger Mudstone, ungeschichtet, unter dem Mikroskop mikrosparitisch, sparitisch verfüllte Millimeter-durchmessende Hohlräume (Grabgänge?) und Häcksel-Flitter. Makrofossilien sind hier viele Hai- und Knochenfischreste.



Deutung: Zeitweise bewegtes Wasser der flachen Profundalfazies kleiner Seen.

Abb. 22: Aufschluss 25, Profil am Wende-/Ausweichplatz; über Sedimenten einer Überflutungsebene (Schicht 1 bis 5) mit einer dünnen vulkanischen Asche (Schicht 3) folgen transgressiv Sedimente einer karbonatischen See-Litoral- und tonigen flachen See-Profundalfazies (Schicht 6 bis 11).

Lithofazies 12: Tonstein, dunkelgrau, undeutlich laminiert, bzw. weitständig laminiertes dunkler Kalkstein, mit isolierten Pflanzen, Muscheln, Krebsen und Fischresten (Aufschluss 19, Lagerplatz; Aufschluss 12; Aufschluss 25, Bohrung S01 Teufe 1425 cm; Aufschluss 25, Profil Wende-/Ausweichplatz, Schicht 11, Abb. 22; etc.).

Deutung: Flache bis mäßig tiefe Profundalfazies kleiner bis mittelgroßer Seen.

Vulkanische Asche

Lithofazies 13: Silt- bis siltiger Feinsand, unverfestigt-weich, hell violettgrau bis gelbgrau, ungeschichtet, in Siltstein bzw. an der Basis von Tonstein; Aufschluss 19, Fundamentgrube, Profil Schicht 5 (Abb. 12, Abb. 23): 5 cm mächtige hell violettgraue Tuff-Lage, Limonit (verwitterter ex-Pyrit?) an der Basis deutet auf anoxische Verhältnisse nach rascher Airfall-Sedimentation des Tuffs hin.



Abb. 23: Aufschluss 19, Fundamentgrube, Profil Schicht 2: siltig-feinsandige vulkanische Asche mit brauner limonitischer Basis, überlagert von laminiertem Tonstein (Profil Schicht 3, „unterer Tonstein“); sichtbarer Maßstab = 18 cm.

Weitere Vorkommen sind Aufschluss 23, Fundamentgrube, Profil Schicht 1; Aufschluss 25, Wende-/Ausweichplatz, Profil Schicht 3; Aufschluss 37, Profil Schicht 8 (Abb. 10).

Deutung: Beckenexterne distale vulkanische Asche (KÖNIGER et al. 2002), als Airfall auf der Überflutungsebene sowie in der flachen Profundalfazies kleiner Seen abgesetzt.

Zusammenfassung der Lithofazies

Die Breitenbach-Formation des Untersuchungsgebietes enthält in der unteren Hälfte teils mächtige Feinsandstein- mit wenigen Mittelsandstein-Lagen von Flussrinnen. Wurzelspuren sind ebenso wie Rhizo- und Caliche-Konkretionen verbreitet. Wenige, geringmächtige, teils dunkelgraue und fossilführende Ton- und Siltstein-Horizonte repräsentieren Stillwasser-Ablagerungen. Der „obere Tonstein“ von Aufschluss 19 Lagerplatz sowie von Aufschluss 9, Bohrung S07, Teufe 1210 cm könnte dem Altenkirchen-See angehören (BOY & SCHINDLER 2000, *non* KRÄTSCHMER 2005).

Vom Top des unteren Drittels bis zur Basis des oberen Drittels der Formation findet man Caliche-Kalksandstein/Kalksiltit/Caliche-Packstone-Bänke.

Von der Mitte bis zum zweiten Drittel der Formations-Mächtigkeit sind etliche rotbraune Silt- und Feinsandsteinbänke vorhanden; sie wurden auf der Überflutungsebene abgelagert.

Das obere Drittel weist vermehrt fossilreiche Karbonate und Stromatolithe auf. Sie waren in dieser lithostratigrafischen Position auch früher schon nachgewiesen (ATZBACH 1971; THUM 1994); sie gehören zur Litoralfazies des Unteren und Oberen Godelhausen-Sees (*sensu* BOY & SCHINDLER 2000, *non* KRÄTSCHMER 2005).

Im Untersuchungsgebiet liegen überwiegend kleine Seen vor (Ponds / Zwischenrinnen-Seen der Überflutungsebene; Rekonstruktionsbeispiel in CLAUSING 1998: Abb. 11). Teilweise sind Seen-

platten in flacher Litoralfazies entwickelt (Godelhausen-See). Der Tonstein des Altenkirchen-Sees entspricht der mäßig tiefen Profundalfazies eines etwas größeren Sees (Einteilung nach BOY & SCHINDLER 2000, 2012). Seeufer-Fazies ist im Untersuchungsgebiet – bedingt durch die lateral wenig ausgedehnten Aufschlüsse – kaum von Sedimenten der Überflutungsebene unterscheidbar.

Steinkohle tritt innerhalb der Breitenbach-Formation des Saar-Nahe-Beckens in bis zu drei Niveaus auf. Bergbau auf Steinkohle fand opportunistisch dort statt, wo das Flöz abbauwürdig ausgebildet war; in der Typusregion ist das vor allem ein Flöz in der Mitte der Breitenbach-Formation (THUM 1994). Im Untersuchungsgebiet wurde ebenfalls ein Flöz in der Mitte der Breitenbach-Formation längere Zeit abgebaut (Karls-Grube östlich von Bedesbach), aber auch ein Flöz im oberen Drittel („Stollen“ an der K36, Josten 1956); dazu kartierte ATZBACH (1971) an drei Stellen ein Flöz direkt an der Basis der Breitenbach-Formation (Abb. 3).

Im mittleren Drittel der Breitenbach-Formation des Untersuchungsgebietes treten vier feinkörnige Pyroklastite (beckenexterne distale vulkanische Aschen) von einem bis 13 cm Mächtigkeit auf.

3. Biofazies der Breitenbach-Formation

Es sind, angefangen mit Stromatolithen, Kalkalgen, Schachtelhalmen, Siegelbäumen, Farnen und Cordaiten über Muscheln und Krebstiere bis hin zu Fischen und Tetrapoden diverse Fossilgruppen nachgewiesen (Anhang 2).

Die artenreichen Gruppen der Arthropoden und der Fische werden im Detail erläutert, bevor die Paläoökologie erörtert wird.

Arthropoden

In den Süßwasserseen der Breitenbach-Formation im Windpark Bedesbach/Pfalz konnten fossile Arthropoden nachgewiesen werden. Diese verteilen sich auf drei unterschiedliche Gruppen innerhalb der Krebstiere (Crustacea). Es handelt sich um bislang nicht näher bestimmte Steinkerne von Muschelkrebse (Ostracoden) und um Muschelschaler (Conchostracen, Anhang 2). Diese beiden Gruppen sind sowohl im Karbon als auch im Perm des Saar-Nahe-Beckens weit verbreitet. Aktuelle Überblicke geben SCHÄFER (2007) für die Ostracoden und MARTENS (2007) für die Conchostracen.

Die höheren Krebse (Malacostraca) sind in dem Profil von Bedesbach an Aufschluss 19, oberer Tonstein, mit wenigen und meist unvollständigen Exemplaren vertreten. Die Organisation der Segmentierung ihres Körpers (8 Thoracomere, 6 Pleomere), bei der das erste Körpersegment nicht mit der Kopfkapsel verschmolzen, sondern reduziert ist, die Ausbildung des Schwanzfächers und vor allem das Fehlen eines, die vorderen Körpersegmente bedeckenden Carapax erlaubt aber eine eindeutige Zuordnung zu den Syncarida PACKARD, 1885, namentlich zu der im Karbon und Perm verbreiteten Gruppe der †Palaeocaridacea BROOKS, 1962 (cf. SCHRAM 1986). Diese recht ursprünglich anmutenden Krebse sind im Rotliegend des Saar-Nahe-Beckens ebenfalls weit verbreitet (z. B. HAACK 1927, GUTHÖRL 1934, BOY 1976, UHL 1999, 2002, POSCHMANN & SCHINDLER 2004) und wurden hier schon 1847 gefunden, lange bevor lebende Syncariden

überhaupt bekannt waren (JORDAN 1847). *Uronectes fimbriatus* (JORDAN, 1847) BRONN, 1850 ist die bislang am besten bekannte Art der Syncariden aus dem Saar-Nahe-Becken (UHL 2002, POSCHMANN & SCHINDLER 2004, POSCHMANN & UHL 2007) und tritt an manchen Fundstellen geradezu massenweise auf (UHL 1999, POSCHMANN et al. 2018). Bislang kennen wir diese Art aus dem höchsten Anteil der Meisenheim-Formation (Odernheim-Subformation) und der Disibodenberg-Formation, während aus tieferen Anteilen der Meisenheim-Formation (Jeckenbach-Subformation) die Arten *Spinocaris horribilis* UHL, 1999, *Uronectes palatinus* UHL & RAISCH in UHL, 1999, der Syncaride sp. S (*sensu* Uhl 1999) sowie weitere unbeschriebene Formen (?Arten) bekannt geworden sind.

Die bislang stratigrafisch ältesten Syncaridenfunde aus dem Saar-Nahe-Becken stammen aus der Breitenbach- und der Remigiusberg-Formation (BOY et al. 2005, SCHINDLER & EMRICH 2009). Demnach gehören auch die Funde aus der Breitenbach-Formation von Bedesbach zu den ältesten Syncariden des Saar-Nahe-Beckens. Die bislang gesichteten Reste zeigen, dass es sich um kleine Exemplare mit Körperlängen von unter einem Zentimeter handelt. Der Schwanzfächer (Abb. 24) unterscheidet sich, soweit erkennbar, deutlich durch das breiter zungenförmige Telson von dem des Syncariden sp. S (*sensu* Uhl 1999). Die Bestachelung des Telsons und der Uropoden entspricht, soweit bislang ersichtlich, weitgehend derjenigen stratigrafisch jüngerer *Uronectes*-Arten. Möglicherweise unterscheiden sich die Syncariden von Bedesbach aber durch auffallend lange vordere Thoracomere (2-4?) von anderen Syncariden des Saar-Nahe-Beckens. Der Bau der Pleopoden (und anderer Extremitäten) ist bislang nicht gut genug bekannt, um zu entscheiden, ob die Gattung *Uronectes* oder *Palaeocaris* vorliegt, wahrscheinlich handelt es sich aber um eine bislang unbeschriebene Art.



Abb. 24: Aufschluss 19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“, Altenkirchen-See, Schwanzfächer eines syncariden Krebses, Seite und Gegenseite (NHMM/LS PW 2020/5000-LS).

Fische

Es sind diverse Haie, Acanthodier, Actinopterygier und Sarcopterygier nachgewiesen.

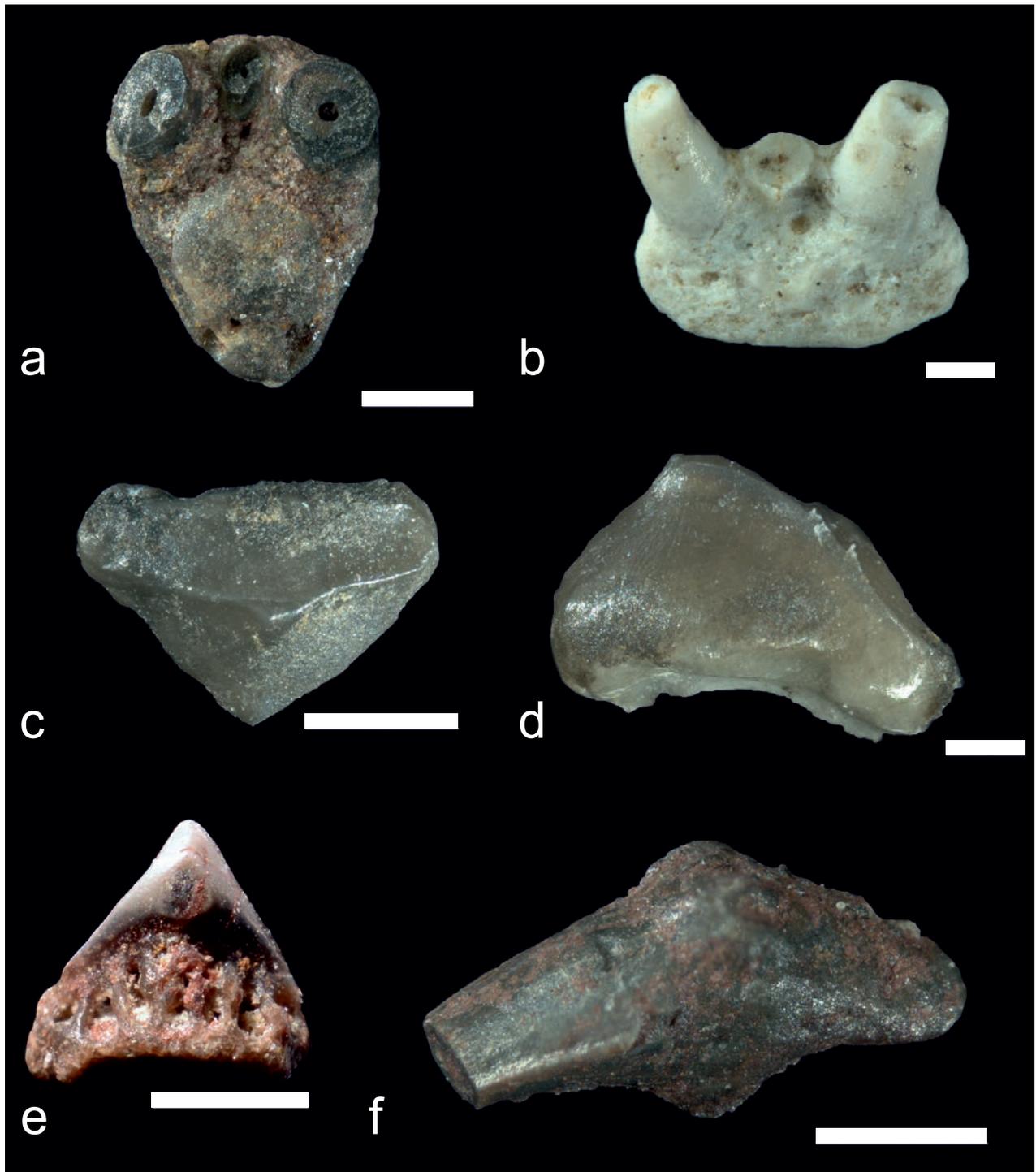
Chondrichthyes HUXLEY, 1880

Xenacanthiformes BERG, 1955

Diploselachidae DICK, 1981

„*Orthacanthus*“ *gracilis* (GIEBEL, 1848):

Oralzahn (Taf. 1a)



Tafel 1: Hai-Oralzähne.

a Aufschluss 7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone, Oralzahn von „*Orthacanthus*“ *gracilis*, Lingual-Ansicht; Maßstabsbalken = 500 µm (NHMM/LS PW 2020/5044h-LS).

b Aufschluss 6, Profil Schicht 2, Oralzahn von *Xenacanthus remigiusbergensis* in Lingual-Ansicht; Maßstabsbalken = 200 µm (NHMM/LS PW 2020/5053b-LS)

c Aufschluss 7, Profil Schicht 2, Oralzahn von „*Lissodus*“ (*Acronemus?*) *lacustris*, Occlusalansicht; Maßstabsbalken = 500 µm (NHMM/LS PW 2020/5049g-LS)

d Aufschluss 6, Profil Schicht 2, Oralzahn von „*Lissodus*“ (*Acronemus?*) *lacustris*, antero-linguale Ansicht, Spitze linguad gerichtet; Maßstabsbalken = 200 µm (NHMM/LS PW 2020/5049e-LS)

e Aufschluss 7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone, Oralzahn von „*Lissodus*“ cf. *L. zideki* in Lingual-Ansicht; Maßstabsbalken = 500 µm (NHMM/LS PW 2020/5056a-LS)

f Aufschluss 7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone, unbekannter Hybodontier-Oralzahn mit Verdickung im Zentrum, Occlusal-Ansicht; Maßstabsbalken = 500 µm (NHMM/LS PW 2020/5045f-LS).

Xenacanthidae FRITSCH, 1889

Xenacanthus remigiusbergensis HAMPE, 1994:
Oralzähne (Taf. 1b)

Xenacanthus sp.: Oralzähne

Triodus lauterensis HAMPE, 1989: Oralzähne

Die Xenacanthiformes des Saar-Nahe-Beckens wurden zuletzt durch HEIDTKE (2007a) übersichtlich dargestellt; die neueste Systematik inklusive Arten aus dem Saar-Nahe-Becken stammt von GINTER et al. (2010). Die meisten Funde des Untersuchungsgebietes stammen aus Karbonaten, v. a. aus deren Essigsäure-Aufbereitung. Oralzähne weisen genügend Merkmale auf, um sie auf Artniveau zu bestimmen. Die meisten Arten sind bereits aus der Breitenbach-Formation bekannt (BOY & SCHINDLER 2000), lediglich *Xenacanthus remigiusbergensis* wird hier erstmals für die Formation nachgewiesen.

Hybodontoidea ZANGERL, 1981

indet.

Paleozoic genus 1 REES & UNDERWOOD, 2002

„*Lissodus*“ cf. *zideki* JOHNSON, 1981 emend. REES & UNDERWOOD, 2002:
Oralzähne (Taf. 1e)

Hybodontoidea ZANGERL, 1981 oder Ctenacanthoidea ZANGERL, 1981

indet.

Gattung *Acronemus*? RIEPPEL, 1982

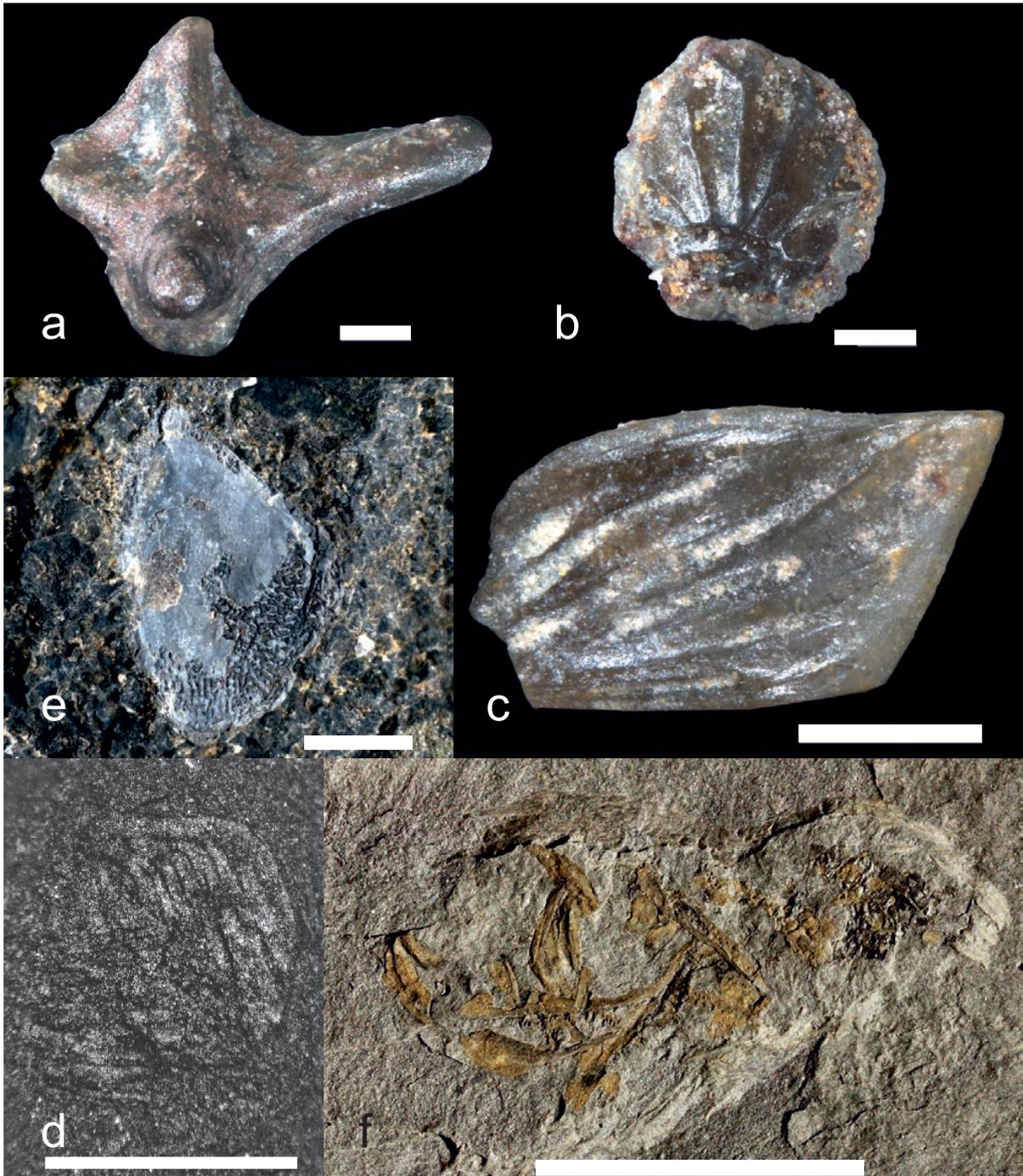
„*Lissodus*“ (*Acronemus*?) *lacustris* GEBHARDT, 1988 emend. REES & UNDERWOOD, 2002:
Oralzähne und Hautdentikel (Taf. 1c, Taf. 1d)

Zähne von „*Lissodus*“ wurden erstmals von HAMPE (1991) im Saar-Nahe-Becken nachgewiesen. BOY & SCHINDLER (2000) und KRÄTSCHMER (2005) konnten sie für die Breitenbach- und Remigiusberg-Formation belegen, SCHINDLER & POSCHMANN (2001) und KRÄTSCHMER (2005) für die Lauterecken-Formation sowie HAMPE (1996), HEIDTKE (2007a), BRAUCKMANN et al. (2007) und SCHINDLER (2011) für die Meisenheim-Formation. Die Gattung „*Lissodus*“ ist im Saar-Nahe-Becken bisher nicht ausreichend beschrieben. REES & UNDERWOOD (2002) merkten an, dass die paläozoischen Formen dieser in mesozoischen Ablagerungen definierten Gattung zu anderen, noch zu beschreibenden Gattungen gehören. FISCHER (2008) diskutiert den taxonomischen Status der oben gelisteten Arten und plädiert dafür, den konservativen taxonomischen Status bis zu zukünftigen Revisionen beizubehalten.

Die Zahnkrone von „*Lissodus*“ (*Acronemus*?) *lacustris* weist einen Grat mit linguad gerichteter Spitze auf (Taf. 1d); weiterhin kann sie lateral Andeutungen von Seitenzähnen aufweisen (Taf. 1d). Die Zähne von „*Lissodus*“ cf. „L.“ *zideki* besitzen einen zweiten labio-linguad gerichteten Grat (Taf. 1e).

Weitere Oralzähne könnten ebenfalls zur Überfamilie Hybodontoidea gehören. Sie weisen in der Mitte eine Verdickung ohne Grat auf (Taf. 1f). Dieser Zahntyp wurde bereits von KRÄTSCHMER (2005: Abb. 20G) bekannt gemacht, ist aber bisher nicht näher bestimmbar.

Chondrichthyes indet.: Kiemen-, Mundhöhlen- oder Dermal-Dentikel (Taf. 2a, Taf. 2b)



Tafel 2: **a, b:** Hai-Dentikel; **c bis e:** Knochenfisch-Schuppen, **f:** Speiballen?

a Aufschluss 7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone, Gaumen?-Dentikel; Maßstabsbalken = 200 μ m (NHMM/LS PW 2020/5044d-LS)

b Aufschluss 6, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone, konischer und mit Leisten skulpturierter Hai-Dermal?-Dentikel; Maßstabsbalken = 200 μ m (NHMM/LS PW 2020/5045b-LS).

c Aufschluss 6, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone, Flankenschuppe eines elonichthyiden Actinopterygiers mit den typischen diagonal verlaufenden Schmelzleisten mit Grat, Kopfrichtung ist rechts; Maßstabsbalken = 500 μ m (NHMM/LS PW 2020/5063c-LS).

d Aufschluss 12, schwach mit Zuwachslinien und Leisten skulpturierte Schuppe vom Typ „*Elaveria*“ *barroisi*; Kopfrichtung ist rechts; Maßstabsbalken = 1 mm (NHMM/LS PW 2019/5043-LS).

e Aufschluss 6, Profil Schicht 2, Rhizodopsiden-Schuppe, aufgespaltene Innenseite, oben ist die gitterartig durchbrochene mittlere Knochenlage sichtbar; Kopfrichtung ist unten; Maßstabsbalken = 1 cm (NHMM/LS PW 2019/5064-LS).

f Aufschluss 19, Lagerplatz, ob. Tonstein, Speiballen? m. Schädel- und Schultergürtel-Knochen eines juvenilen Actinopterygiers sowie chitinige Arthropodenreste (rechts); Maßstabsbalken = 5 mm (NHMM/LS PW 2020/5000-LS).

Haie bilden unterschiedlich geformte Dentikel auf der Haut, auf den Kiemenbögen, auf dem Kopf sowie teilweise auch in der Mundhöhle aus. In den meisten Fällen – und auch bei den vorgefundenen Exemplaren – gehören sie zum non-growing type, d. h. sie fallen aus und werden neu gebildet (HAMPE 1997 und Zitate darin). Da nur bei wenigen artikuliert überlieferten oberkarbonischen bis unterpermischen Hai-Arten überhaupt Dentikel beschrieben wurden (Dermal-Dentikel bei *Lebachacanthus colosseus*: HAMPE 1997; Mundhöhlen- und Kiemen-Dentikel bei *Xenacanthus meisenheimensis*: HEIDTKE 2015; Dermal-Dentikel bei *Sphenacanthus cf. carbonarius*; KRÄTSCHMER & FORST 2005; Dermal-Dentikel bei „*Lissodus*“ sp. NM: HAMPE 1996), können nur Vermutungen hinsichtlich der Zugehörigkeit zu Taxa und deren Körperregionen geäußert werden. HAMPE (1996) wies an einem teilartikulierten Fund („*Lissodus*“ sp. NM) Oralzähne zusammen mit Hautdentikeln nach; mit Hilfe seiner Abbildungen konnten auch Dentikel der Breitenbach-Formation des Untersuchungsgebietes dieser Gattung zugeordnet werden.

Chondrichthyes indet.: Kopolithen

Phosphatisch erhaltene Kopolithen in ellipsoider bis ovaler Form sind in verschiedenen Fundniveaus nachgewiesen. Sie stammen überwiegend von piscivoren Wirbeltieren, wie die häufig enthaltenen Actinopterygier-Schuppen belegen. Ihre Erzeuger sind mindestens in einem Fall Haie, wie die räumliche heteropolar-spiralige Form nahelegt (Aufschluss 7, Profil Schicht 1 lgd. Mudstone; vgl. SCHMITZ 1991; BOY 1998: 215). Flache ovale Kopolithen (z. B. Aufschluss 19, Lagerplatz, oberer Tonstein) könnten auch von größeren Individuen der Elonichthyiden stammen.

Acanthodii OWEN, 1846

Acanthodidae HUXLEY, 1861:

Schuppen und Flossenstachel

Acanthodier-Reste der Breitenbach-Formation sind mit die ältesten Belege dieser Fischgruppe im Saar-Nahe-Becken (BOY & SCHINDLER 2000; HEIDTKE 2007b; BRAUCKMANN et al. 2007). Sie sind hier von Aufschluss 19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“ in Form von zwei charakteristischen leicht gebogenen und lateral abgeflachten Flossenstacheln sowie winzigen quadratischen glatten Schmelzschuppen nachgewiesen. Artikulierte und damit auf Artniveau bestimmbare Exemplare gibt es im Saar-Nahe-Becken aber erst ab der Meisenheim-Formation (HEIDTKE 2011), so dass diese Reste nicht näher bestimmbar sind.

Osteichthyes HUXLEY, 1880

Actinopterygii COPE, 1887

Elonichthyidae ALDINGER, 1937 emend. SCHINDLER in POSCHMANN & SCHINDLER, 2004 sowie SCHINDLER, 2018

Gattung indet.:

Schuppen, Kegelzähne, Kiefer und evt. ein zerfallener Kopf

Familie indet.:

Dicke glatte Schuppen (Amblypteridae oder Aeduellidae)

Schwach skulpturierte Schuppe cf. „*Elaveria*“ *barroisi* WATERLOT, 1934

Die sogenannten Knorpelschmelzschupper sind v. a. in den ausgesäuerten Karbonaten mit zahlreichen Resten vertreten. Lediglich die mit kräftigen, diagonal verlaufenden Leisten mit

Schmelzgrat skulpturierten Schuppen sind mit einiger Sicherheit den Elonichthyiden zuordenbar (Taf. 2c). Knochen eines juvenilen Schädels in einem Speiballen (Aufschluss 19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“; Taf. 2f) könnten ebenfalls zu dieser Familie gehören, sind aber größtenbedingt noch wenig ausdifferenziert, so dass die Zuordnung zweifelhaft ist.

Dicke glatte Schuppen sind häufig. Die Wahrscheinlichkeit, dass sie zur Familie Amblypteridae gehören, ist groß; da aber keines der charakteristischen Maxillare gefunden wurde, bleibt die Zuordnung fraglich.

Eine schwach skulpturierte Schuppe (Aufschluss 12, Taf. 2d) könnte zur bisher noch ungenügend beschriebenen Art „*Elaveria*“ *barroisi* gehören; ein teilartikulierte Individuum sowie einzelne Schuppen waren bisher nur in der tieferen Ottweiler-Subgruppe sowie der Remigiusberg-Formation nachgewiesen (SCHINDLER 2007b).

Sarcopterygii ROMER, 1955
Rhizodopsidae BERG, 1940:
gitterartig durchbrochene Schuppen

Rhizodopsiden-Reste sind in der nächstjüngeren Remigiusberg-Formation häufig (Boy & SCHINDLER 2000). Für die Breitenbach-Formation konnte hier der Erstnachweis in Form ihrer charakteristischen Schuppen erbracht werden (Taf. 2e). Da artikulierte Individuen im Saar-Nahe-Becken äußerst selten und auf die deutlich jüngere Meisenheim-Formation beschränkt sind (Übersicht in SCHINDLER 2007b, BRAUCKMANN et al. 2007), kann keine Zuordnung unterhalb des Familienniveaus erfolgen.

Pisces indet.: Speiballen?

Ein fraglicher Speiballen stammt von Aufschluss 19, Lagerplatz, oberer Tonstein. Er enthält Kopf- und Schultergürtel-Knochen eines Actinopterygiers sowie rundliche dunkle chitinige Arthropodenreste (Taf. 2f). Weitere Speiballen von Aufschluss 19 enthalten teils Anreicherungen von Acanthodier-Stacheln, teils Ostracoden und teils Syncaridenreste. Speiballen sind von verschiedenen Fundstellen des Saar-Nahe-Beckens bekannt geworden (z. B. Boy 2003); sie könnten von Haien, aber auch von großen räuberischen Knochenfischen stammen.

Paläoökologie, Bio- und Ökostratigrafie sowie Paläobiogeografie

Autochthone Pflanzenstandorte sind über Wurzelspuren auf dem Uferdamm, auf der Überflutungsebene, an der Basis einer Sumpfablagerung (mit späterer Steinkohle-Bildung) sowie am Seeufer nachgewiesen.

Bei den Wirbellosen sind parautochthone Bivalven-Lebensräume über doppelklappige Muscheln in Schmetterlingsstellung im flachen siltigen See-Litoral belegt. Syncariden sind ausschließlich im mäßig tiefen Profundal von Seen nachgewiesen. Conchostracen und Ostracoden sind vom flachen Litoral bis ins mäßig tiefe Profundal vorhanden.

Haie und auch Sarcopterygier sind nur im flachen karbonatischen Litoral nachgewiesen. Acanthodier konnten nur im mäßig tiefen Profundal gefunden werden. Actinopterygier kommen in

allen See-Lithofaziestypen vor. Über Tetrapoden lassen sich aufgrund der schlecht erhaltenen wenigen Funde keine Aussagen machen.

Insgesamt ist die hiesige Litoral-Fazies eher Fisch-dominiert, während die Profundal-Fazies Arthropoden-dominiert ist.

Die höchste Diversität weist das flache karbonatische Litoral auf (v. a. Aufschluss 7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone, Unterer Godelhausen-See), gefolgt vom mäßig tiefen tonigen Profundal von Aufschluss 19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“ (Altenkirchen-See). Paläoökologisch sind beide Seen auf der Ebene der Sekundärkonsumenten zweiter Ordnung Amblypteriden-Elonichthyiden-dominiert. Je nach Besetzung der anderen trophischen Ebenen werden von Boy (1993, Abschlussbericht zum DFG-Projekt Bo 553/6 „Rotliegend-Paläoökologie“, Tab. 3; Mainz, unveröffentlicht) Paläoökosystem-Typen unterschieden (abgekürzt PET nach Englisch palaeoecosystem type).

Der ältere Altenkirchen-See gehört zum PET Habach (Abb. 25). Er zeichnet sich durch eine gut entwickelte carnivor/benthivore Seite aus, Topräuber ist ein Hai. Die planktivore Seite ist lediglich mit zwei Vertretern besetzt. Primärproduzenten sind in Form phylloider Algen nachgewiesen.

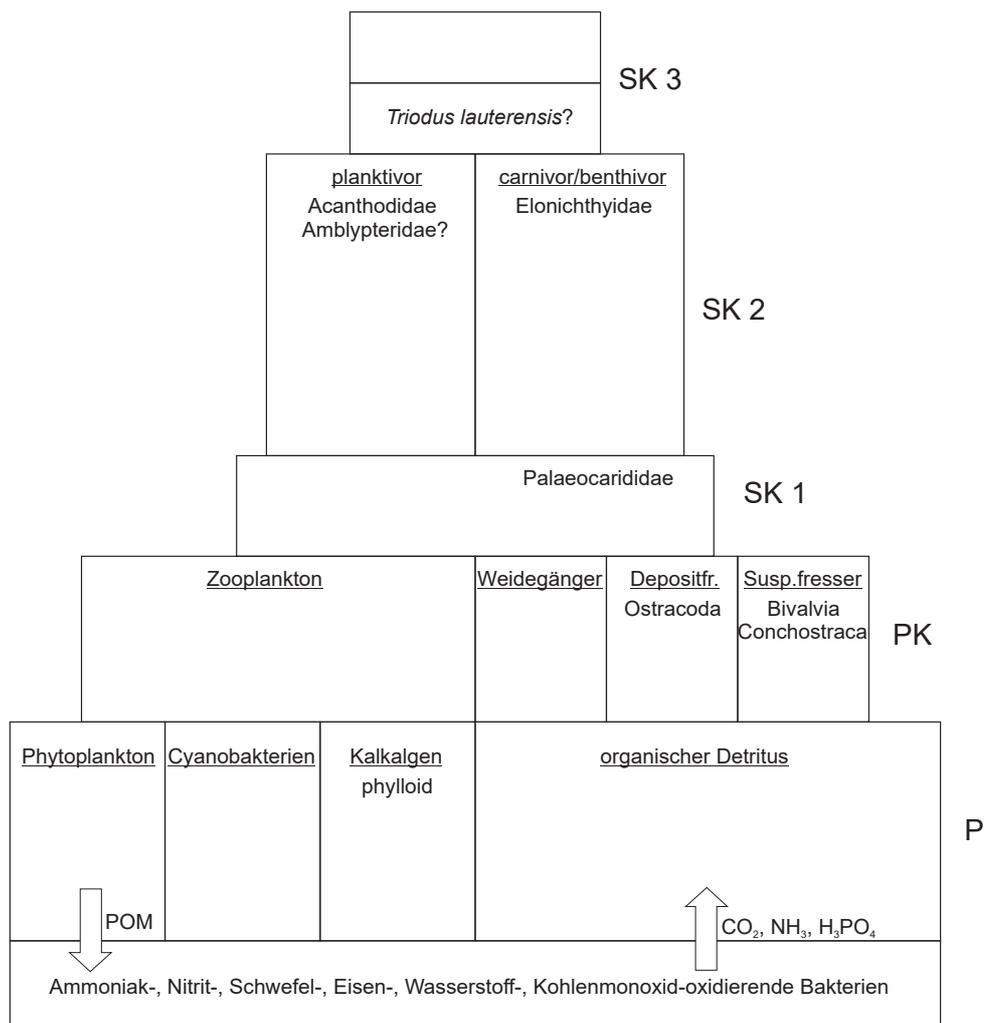


Abb. 25: Nahrungspyramide für Aufschluss 19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“, Altenkirchen-See; Paläoökosystem-Typ Habach. P = Primärproduzenten, PK = Primärkonsumenten, SK = Sekundärkonsumenten, POM = particular organic matter.

Der Untere Godelhausen-See des Untersuchungsgebietes gehört zum PET Remigiusberg (Abb. 26). Hier ist die carnivor/benthivore Seite mit deutlich mehr Elementen auf der SK2-Ebene noch betonter, Topräuber sind zwei Haiarten; allerdings ist die SK1-Ebene nicht besetzt. Nachweisbare Primärproduzenten sind Cyanobakterien.

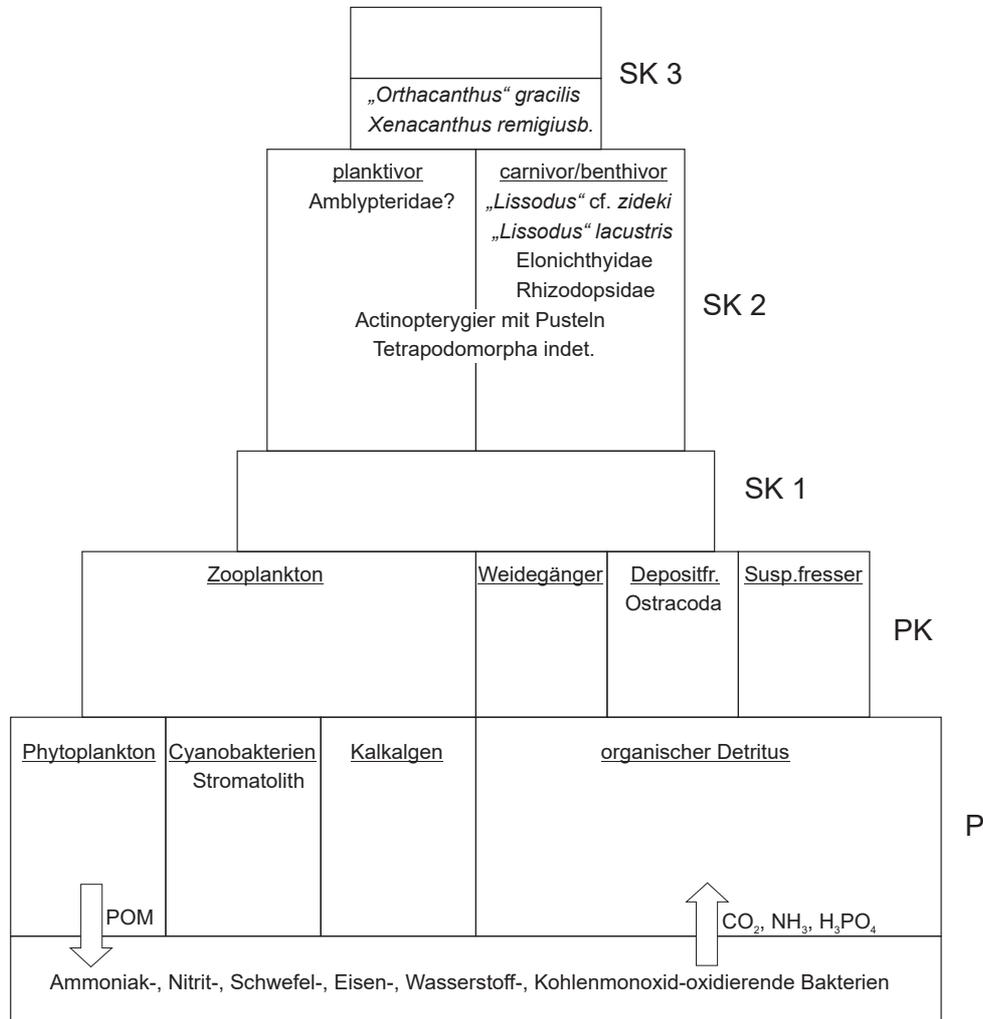


Abb. 26: Nahrungspyramide für Aufschluss 7, lgd. Mudstone; Godelhausen-See; Paläoökosystem-Typ Remigiusberg (Legende s. Abb. 25).

Vulkanische Aschen bis 13 cm Mächtigkeit störten zeitweise die Ökosysteme; eine direkte Auswirkung in Form erhöhten Anfalls von zerstörter Vegetation o. ä. konnte nicht erbracht werden.

Biostratigrafisch wird die gesamte Ottweiler-Subgruppe inklusive der Breitenbach-Formation in die Chondrichthyer-Zone SN α gestellt (SCHNEIDER et al. 2000); im Untersuchungsgebiet wurden deren Leitarten „*Orthacanthus*“ *gracilis* und „*Lissodus*“ (*Acronemus*?) *lacustris* nachgewiesen. Ökostratigrafisch gehört die Breitenbach-Formation in die Breitenbach-Phase (BOY & SCHINDLER 2000: 114). Bio- wie ökostratigrafisch sind die europäischen Karbon-Perm-Becken zu dieser Zeit von Spanien bis Böhmen korrelierbar.

Mit der Remigiusberg-Formation beginnt die Chondrichthyer-Biozone SN β (SCHNEIDER et al. 2000). Die gleichnamige Remigiusberg-Invasion setzt schon etwas früher im Gimsbach-See der obersten Breitenbach-Formation ein (BOY & SCHINDLER 2000, BOY & SCHINDLER 2012). Allerdings

wurden im Untersuchungsgebiet zwei der Leitarten dieser Biozone, *Xenacanthus remigiensis* und „*Lissodus*“ cf. „*L. zideki*“, im lithostratigrafisch noch tiefer liegenden Godelhausen-See der Breitenbach-Formation nachgewiesen (Aufschluss 6, Profil Schicht 2 und Aufschluss 7, Profil Schicht 1 lgd. Mudstone). Zusammen mit dem nun ebenfalls bereits in die Breitenbach-Formation positionierten Erstauftreten von rhizodopsiden Sarcopterygiern im Saar-Nahe-Becken muss sowohl die Biozone SN β als auch die Remigiensberg-Invasion tiefer in die obere Breitenbach-Formation verlagert werden. Das könnte durch eine gezielte Suche nach weiteren Tetrapoden-Resten in den Karbonaten der Breitenbach-Formation untermauert werden.

Paläobiogeografisch deutet die europaweite Verbreitung der auch im Untersuchungsgebiet nachgewiesenen Fischarten zur Zeit der Breitenbach-Phase auf ein gemeinsames Drainagesystem der Becken dieses Zeitabschnitts hin (BOY & SCHINDLER 2000, SCHNEIDER et al. 2000).

Danksagung

Wir danken Herrn KAI NUNGESSER (Mainz) herzlich für technische Unterstützung bei den Digital-Fotos. Die Firma BAYWA R.E WIND GmbH (Mainz) finanzierte entsprechend §21 Absatz 3 Denkmalschutzgesetz Rheinland-Pfalz die Geländearbeiten.

Literatur

- ALDINGER, H. (1937): Permische Ganoidfische aus Ostgrönland. – Meddelelser om Gronland, **102** (3): 1-392; Kopenhagen.
- ATZBACH, O. (1971): Schichtenbeschreibung (Stratigraphie). – In: ATZBACH, O. & SCHWAB, K., Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1:25.000, Erläuterungen zu Blatt Nr. 6410 Kusel: 9-23; Mainz (Geologisches Landesamt).
- ATZBACH, O. & SCHWAB, K. (1971): Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1:25.000, Blatt Nr. 6410 Kusel. – Geologisches Landesamt; Mainz.
- BERG, L.S. (1940): Systema ryboobraznykh i ryb, nyne zivuscikh i is-kopaemykh [Classification of fishes, both recent and fossil]. – Trudy Zoologicheskovo Instituta Akademia Nauk, **5** (2): 346-517; Moskau.
- BERG, L.S. (1955): Sistema ryboobraznykh i ryb, nyne zhivushchikh i isokopaemykh. 2-e izdanie [Classification of fishes and fish-like animals, living and fossil, 2nd edition]. – Trudy Zoologicheskogo Instituta Akademiia nauk Soiuza Sovetskikh Sotsialisticheskikh Respublik [Transactions of the Zoological Institute, Academy of Sciences of the USSR], **20**: 1-286; Moskau.
- Boy, J.A. (1976): Überblick über die Fauna des saarpfälzischen Rotliegenden (Unter-Perm). – Mainzer geowissenschaftliche Mitteilungen, **5**: 13-85; Mainz.
- Boy, J.A. (1998): Möglichkeiten und Grenzen einer Ökosystem-Rekonstruktion am Beispiel des spätpaläozoischen lakustrinen Paläo-Ökosystems. 1. Theoretische und methodische Grundlagen. – Paläontologische Zeitschrift, **72**: 207-240; Stuttgart.
- Boy, J.A. (2003): Paläoökologische Rekonstruktion von Wirbeltieren: Möglichkeiten und Grenzen. – Paläontologische Zeitschrift, **77**: 123-152; Stuttgart.
- BOY, J.A., HANEKE, J., KOWALCZYK, G., LORENZ, V., SCHINDLER, T., STOLLHOFEN, H. & THUM, H. (2012): Rotliegend im Saar-Nahe-Becken, am Taunus-Südrand und im nördlichen Rheingraben. – In: DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION (Hrsg.; Koordination und Redaktion: H. LÜTZNER & G. KOWALCZYK für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland

- X. Rotliegend. Teil I: Innervariscische Becken: 254-377. – Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, **61**, 882 S.; Hannover.
- BOY, J.A., HANEKE, J. & LORENZ, V. (2005): Oberkarbon und Rotliegend des Saar-Nahe-Beckens, 82-120. – In: LANDESAMT FÜR GEOLOGIE UND BERGBAU RHEINLAND-PFALZ (Hrsg.), Geologie von Rheinland-Pfalz, 400 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- BOY, J.A. & SCHINDLER, T. (2000): Ökostratigraphische Bioevents im Grenzbereich Stephanium/Autunium (höchstes Karbon) des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland) und benachbarter Gebiete. – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, **216**: 89-152; Stuttgart.
- BOY, J.A. & SCHINDLER, T. (2012): Ökostratigraphie des Rotliegend. – In: DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION (Hrsg.; Koordination und Redaktion: H. LÜTZNER & G. KOWALCZYK für die Subkommission Perm-Trias): Stratigraphie von Deutschland X. Rotliegend. Teil I: Innervariscische Becken: 143-160. – Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, **61**: 882 S.; Hannover.
- BRAUCKMANN, C., POSCHMANN, M. & SCHINDLER, T. (2007): Verzeichnis der Arten. – In: SCHINDLER, T. & HEIDTKE, U.H.J. (Eds.): Kohlesümpfe, Seen und Halbwüsten. Dokumente einer 300 Millionen Jahre alten Lebewelt zwischen Saarbrücken und Mainz; POLLICHA-Sonderveröffentlichung, **10**: CD-Anhang; Bad Dürkheim (POLLICHA).
- BRONN, H.G. (1850): Über *Gampsonyx fimbriatus* JORDAN aus der Steinkohlen-Formation von Saarbrücken und vom Murg-Thal. – Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrefaktenkunde, **1850**: 575-583. Stuttgart.
- BROOKS, H.K. (1962): On the fossil Anaspidacea, with a revision of the classification of the Syn-carida. – Crustaceana, **4**: 229-242. Leiden.
- CLAUSING, A. (1998): Sedimentologie und Paläoökologie unterpermischer Seen in Mitteleuropa. 2. Schorrenwald-See (Rotliegend; Saar-Nahe-Becken). – Mainzer geowissenschaftliche Mitteilungen, **27**: 45-66; Mainz.
- COPE, E. D. (1887): Geology and palaeontology. Zittel's Manual of Palaeontology. – American Naturalist, **22**: 1014-1019; Chicago.
- DICK, J.R.F. (1981): Diplodoselache woodi gen. et sp. nov., an early Carboniferous shark of the Midland Valley of Scotland. – Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences, **72**: 99-113; Edinburgh.
- DREYER, G., FRANKE, W.R. & STAPF, K.R.G. (1983): Geologische Karte des Saar-Nahe-Berglandes und seiner Randgebiete 1:100 000. – Mainz (Institut f. Geowissenschaften [Geologie], Johannes-Gutenberg-Universität).
- FISCHER, J. (2008): Brief synopsis of the hybodont form taxon Lissodus Brough, 1935, with remarks on the environment and associated fauna. – Freiburger Forschungshefte, **C528** (PSF 16): 1-23; Freiberg.
- FRITSCH, A. (1889): Fauna der Gaskohle und der Kalksteine der Permformation Böhmens, **2** (**4**): 93-114; Prag (Rivnac).
- GEBHARDT, U. (1988): Taxonomie und Palökologie von Lissodus lacustris n. sp. (Hybodontoida) aus dem Stefan C (Oberkarbon) der Saalesenke. – Freiburger Forschungshefte, **C419**: 38-44; Leipzig.
- GIEBEL, C.G. (1848): Fauna der Vorwelt. Band 1: Wirbelthiere, Abteilung 3: Fische: 467 S.; Leipzig (Brockhaus).
- GINTER, M., HAMPE, O. & DUFFIN, C.J. (2010): Chondrichthyes. Paleozoic Elasmobranchii: Teeth. – In: SCHULTZE, H.-P. (ed.): Handbook of Paleoichthyology, **3D**: 168 S.; München (Pfeil).
- GUTHÖRL, P. (1934): Die Arthropoden aus dem Carbon und Perm des Saar-Nahe-Pfalz-Gebietes. – Abhandlungen der preußischen geologischen Landesanstalt, n. F., **164**: 1-219; Berlin.

- HAACK, W. (1927): Zur Kenntnis des Syncariden *Uronectes (Gampsonyx) fimbriatus* JORDAN aus dem Rotliegenden. – Jahrbuch der preußischen geologischen Landesanstalt, **48**: 773-785. Berlin.
- HAMPE, O. (1989): Revision der Triodus-Arten (Chondrichthyes: Xenacanthida) aus dem saarpfälzischen Rotliegenden. – Paläontologische Zeitschrift, **63**: 79-101; Stuttgart.
- HAMPE, O. (1991): Erstfunde oberkarbonischer Hybodontierzähne aus dem Saar-Nahe-Gebiet. – Mainzer geowissenschaftliche Mitteilungen, **20**: 119-130; Mainz.
- HAMPE, O. (1994): Neue Erkenntnisse zur permokarbonischen Xenacanthiden-Fauna (Chondrichthyes: Elasmobranchii) und deren Verbreitung im südwestdeutschen Saar-Nahe-Becken. – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, **192**: 53-87; Stuttgart.
- HAMPE, O. (1996): Dermale Skelettreste von Lissodus (Chondrichthyes: Hybodontoida) aus dem Unterperm des Saar-Nahe-Beckens. – Paläontologische Zeitschrift, **70**: 225-243; Stuttgart.
- HAMPE, O. (1997): Zur funktionellen Deutung des Dorsalstachels und der Placoidschuppen der Xenacanthida (Chondrichthyes: Elasmobranchii; Unterperm). – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen, **206**: 29-51; Stuttgart.
- HEIDTKE, U.H.C. (2007a): Räuber in Flüssen und Seen – Haie im Süßwasser. – In: SCHINDLER, T. & HEIDTKE, U.H.J. (Hrsg.): Kohlesümpfe, Seen und Halbwüsten. Dokumente einer rund 300 Millionen Jahre alten Lebewelt zwischen Saarbrücken und Mainz: 206-229. – POLLICHIA Sonderveröffentlichung, **10**: 316 S.; Bad Dürkheim (POLLICHIA).
- HEIDTKE, U.H.J. (2007b): Ein ausgestorbenes Fischkonzept: Acanthodier, Stachelträger im Kettenhemd. – In: SCHINDLER, T. & HEIDTKE, U.H.J. (Eds.): Kohlesümpfe, Seen und Halbwüsten. Dokumente einer 300 Millionen Jahre alten Lebewelt zwischen Saarbrücken und Mainz: 230-238. – POLLICHIA-Sonderveröffentlichung, **10**: 316 S.; Bad Dürkheim (POLLICHIA).
- HEIDTKE, U.H.C. (2011): Revision der unterpermischen Acanthodier (Acanthodii: Pisces) des südwestdeutschen Saar-Nahe-Beckens. – Mitteilungen der POLLICHIA, **95** (für 2010): 15-41.; Bad Dürkheim.
- HEIDTKE, U.H.C. (2015): Ein bemerkenswertes Exemplar des xenacanthiden Süßwasserhais *Xenacanthus Meisenheimensis*. – In: DIEHL, P., IMHOFF, A. & MÖLLER, L. (Hrsg.): Wissenschaftsgesellschaft Pfalz: 90 Jahre Pfälzische Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften: 143-147. – Veröffentlichungen der Pfälzischen Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, **116**: 536 S.; Neustadt/W. (Verlag Regionalkultur).
- HUXLEY, T.H. (1861): Preliminary Essay upon the Systematic Arrangement of the Fishes of the Devonian Epoch. – Memoires of the geological Survey of the United Kingdom, **10**: 1-46; London.
- HUXLEY, T.H. (1880): On the application of the laws of evolution to the arrangement of the Vertebrata and more particularly of the Mammalia. – Proceedings of the Zoological Society of London, **43**: 649-662; London.
- JOHNSON, G.D. (1981): Hybodontoida (Chondrichthyes) from the Wichita-Albany Group (Early Permian) of Texas. – Journal of Vertebrate Paleontology, **1**: 1-41; Tulsa.
- JORDAN, H. (1847): Entdeckung fossiler Crustaceen im Saarbrücken'schen Steinkohlengebirge. – Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der preußischen Rheinlande und Westfalens, **4**: 89-92. Bonn.
- JOSTEN, K.H. (1956): Die Kohlen im Pfälzer Bergland. – Notizblatt des hessischen Landesamtes für Bodenforschung, **84**: 300-327; Wiesbaden.
- KÖNIGER, S., LORENZ, V., STOLLHOFEN, H. & ARMSTRONG, R.A. (2002): Origin, age and stratigraphic significance of distal fallout ash tuffs from the Carboniferous-Permian continental Saar-Nahe Basin (SW Germany). – International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau), **91**: 341-356; Berlin etc.

- KRÄTSCHMER, K. (2005): Überblick über die wichtigsten vertebratenführenden Fossilhorizonte im Rotliegend des südwestdeutschen Saar-Nahe-Beckens. Teil 2. – Geowissenschaftliche Beiträge zum Saarpfälzischen Rotliegenden, **3**: 1-28; Odernheim.
- KRÄTSCHMER, K. & FORST, M.H. (2005): Ein Neufund von assoziierten Skelettelementen von *Sphenacanthus cf. carbonarius* (GIEBEL 1848) aus dem Top Oberkarbon (Breitenbach-Fm., Stefan C) des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland) mit Anmerkungen zur Paläoökologie der Vertebraten-Lokalitäten von Altenkirchen. – Geowissenschaftliche Beiträge zum Saarpfälzischen Rotliegenden, **3**: 29-37; Odernheim.
- MARTENS, T. (2007): Die Branchiopoden (Phyllopoden). Überlebenskünstler seit 400 Millionen Jahren. – In: SCHINDLER, T. & HEIDTKE, U.H.J. (Hrsg.): Kohlesümpfe, Seen und Halbwüsten. Dokumente einer rund 300 Millionen Jahre alten Lebewelt zwischen Saarbrücken und Mainz: 144-155. – POLLICHIA Sonderveröffentlichung **10**: 316 S.; Bad Dürkheim (POLLICHIA).
- MÖHRING, G. & SCHÄFER, A. (1990): Caliche im Stefan des Saar-Nahe-Beckens. – Mainzer geowissenschaftliche Mitteilungen, **19**: 63-80; Mainz.
- OWEN, R., (1846): Lectures on the comparative anatomy and physiology of the vertebrate animals, delivered at the Royal College of Surgeons of England in 1844 and 1846. – Part 1: Fishes: 308 S.; London (Longman, Brown, Green and Longmans).
- PACKARD, A.S. (1885): The Syncarida, a group of Carboniferous Crustacea. – American Naturalist, **19**: 700-703. Chicago.
- POSCHMANN, M. & SCHINDLER, T. (2004): Sitters and Grügelborn, two important Fossil-Lagerstätten in the Rotliegend (?Late Carboniferous – Early Permian) of the Saar-Nahe Basin (SW-Germany), with the description of a new palaeoniscoid (*Osteichthyes*, Actinopterygii). – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen, **232**: 283-314; Stuttgart.
- POSCHMANN, M., SCHINDLER, T. & EMRICH, O. (2018): Ein Massenvorkommen syncarider Krebse (Malacostraca) aus dem Rotliegend des Saar-Nahe-Beckens (Rheinland-Pfalz, SW-Deutschland). – Mainzer naturwissenschaftliches Archiv, **55**: 37-49; Mainz.
- POSCHMANN, M. & UHL, D. (2007): Syncaride Krebse – Im Häutungshemd mit Fransenlook. – In: SCHINDLER, T. & HEIDTKE, U.H.J. (Hrsg.): Kohlesümpfe, Seen und Halbwüsten. Dokumente einer rund 300 Millionen Jahre alten Lebewelt zwischen Saarbrücken und Mainz: 164-168. – POLLICHIA Sonderveröffentlichung, **10**: 316 S.; Bad Dürkheim (POLLICHIA).
- REES, J. & UNDERWOOD, C.J. (2002): The status of the Shark genus *Lissodus* BROUGH, 1935, and the position of nominal *Lissodus* species within the Hybodontoida (Selachii). – Journal of Vertebrate Paleontology, **22**: 471-479; Tulsa.
- RIEPEL, O. (1982): A new genus of shark from the Middle Triassic of Monte San Giorgio, Switzerland. – Palaeontology, **25**: 339-412; London.
- ROMER, A.S. (1955): Herpetichthyes, Amphibioidei, Choanichthyes or Sarcopterygii?. – Nature, **176**: 126; London.
- SCHÄFER, A. (1986): Die Sedimente des Oberkarbons und Unterrotliegenden im Saar-Nahe-Becken. – Mainzer geowissenschaftliche Mitteilungen, **15**: 239-365; Mainz.
- SCHÄFER, A. (2005): 4.2.1 Sedimentologisch-numerisch begründeter stratigraphischer Standard für das Permo-Karbon des Saar-Nahe-Beckens. – In: DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION (Hrsg.; Koordination: V. WREDE): Stratigraphie von Deutschland V – Das Oberkarbon (Pennsylvanium) in Deutschland: 369-394. – Courier Forsch.-Inst. Senckenberg, **254**: 477 S.; Frankfurt a. M.
- SCHÄFER, P. (2007): Muschelkrebse (Ostracoden) aus permokarbonischen Karbonatbänken im rheinland-pfälzischen Teil des Saar-Nahe-Beckens. – In: SCHINDLER, T. & HEIDTKE, U.H.J.

- (Hrsg.): Kohlesümpfe, Seen und Halbwüsten. Dokumente einer rund 300 Millionen Jahre alten Lebewelt zwischen Saarbrücken und Mainz: 156-163. – POLLICHIA Sonderveröffentlichung **10**: 316 S.; Bad Dürkheim (POLLICHIA).
- SCHINDLER, T. (2007a): Geologie, Stratigraphie und Genese des permokarbonischen Saar-Nahe-Beckens. – In: SCHINDLER, T. & HEIDTKE, U.H.J. (Eds.): Kohlesümpfe, Seen und Halbwüsten. Dokumente einer 300 Millionen Jahre alten Lebewelt zwischen Saarbrücken und Mainz: 4-37. – POLLICHIA-Sonderveröffentlichung, **10**: 316 S.; Bad Dürkheim (POLLICHIA).
- SCHINDLER, T. (2007b): Knochenfische (Osteichthyes). Die häufigsten Wirbeltiere permokarbonischer Seen. – In: SCHINDLER, T. & HEIDTKE, U.H.J. (Eds.): Kohlesümpfe, Seen und Halbwüsten. Dokumente einer 300 Millionen Jahre alten Lebewelt zwischen Saarbrücken und Mainz: 240-256. – POLLICHIA-Sonderveröffentlichung, **10**: 316 S.; Bad Dürkheim (POLLICHIA).
- SCHINDLER, T. (2011): Der Niederkirchen-See des Saar-Nahe-Beckens: Ein Lebensraum für Haie (Perm, Rotliegend; SW-Deutschland). – *Semana*, **26**: 21-28; Schleusingen.
- SCHINDLER, T. (2018): Neubeschreibung und erste Rekonstruktion von *Elonichthys germari* GIEBEL, 1848 (Pisces, Actinopterygii; Oberkarbon, Mitteldeutschland). – *Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften*, **41**: 1-45; Halle (Saale).
- SCHINDLER, T. & EMRICH, O. (2009): Ein Krebsfund aus der Remigiusberg-Formation. – *Pollichia-Kurier*, **25**: 23. Bad Dürkheim.
- SCHINDLER, T., EMRICH, O. & VOIGT, S. (2017): Erstnachweis von Muscheln als sekundärer Hartgrund im Permokarbon des Saar-Nahe-Beckens. – *Mainzer geowissenschaftliche Mitteilungen*, **45**: 167-176; Mainz.
- SCHINDLER, T. & POSCHMANN, M. (2001): Das Profil einer Pipeline-Trasse bei Odenbach und seine lithostratigraphischen Leithorizonte (Lauterecken-Formation, Unterperm; Saar-Nahe-Gebiet, SW-Deutschland). – *Mainzer geowissenschaftliche Mitteilungen*, **30**: 91-104.; Mainz.
- SCHMITZ, M. (1991): Die Koprolithen mitteleozäner Vertebraten aus der Grube Messel bei Darmstadt. – *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **137**: 1-159; Frankfurt a. M.
- SCHNEIDER, J. (1993): Es gibt keine Karbon-Rotliegend-Grenze. – Kurzfassung Vortrag Sitzung der Subkommission für Karbonstratigraphie der DUGW, Freiberg 04.07.1993; Freiberg.
- SCHNEIDER, J.W., HAMPE, O. & SOLER-GIJÓN, R. (2000): The Late Carboniferous and Permian: Aquatic vertebrate zonation in southern Spain and German basins. – In: BLIECK, A. & TURNER, S., eds., *Palaeozoic Vertebrate Biochronology and Global Marine/Non-Marine Correlation. Final Report of IGCP 328 (1991-1996)*: 543-561. – *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **223**: 575 S.; Frankfurt a. M.
- SCHRAM, F.R. (1986): *Crustacea*. – Oxford University Press, New York, 606 pp.
- STAPF, K.R.G. (2005): Stromatolithe und andere Mikrobialithe sowie Kalkalgen im Rotliegend (Permo-Silesium) des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland). – *Mitteilungen der POLLICHIA*, **91**(für 2004 und 2005): 21-40; Bad Dürkheim.
- STOLLHOFEN, H. (1994): Vulkaniklastika und Siliziklastika des basalen Oberrotliegend im Saar-Nahe-Becken (SW-Deutschland): Terminologie und Ablagerungsprozesse. – *Mainzer geowissenschaftliche Mitteilungen*, **23**: 95-138; Mainz.
- STOLLHOFEN, H. (1998): Facies architecture variations and seismogenic structures in the Carboniferous-Permian Saar-Nahe Basin (SW Germany): evidence for extension-related transfer fault activity. – *Sedimentary Geology*, **119**: 47-83; Amsterdam.
- THUM, H. (1994): Geologische Karte des Saarlandes 1:25000, Blatt 6509 St. Wendel. – Landesamt für Umwelt; Saarbrücken.
- UHL, D. (1999): Syncarids (Crustacea, Malacostraca) from the Stephanian D (Upper Carboniferous) of the Saar-Nahe-Basin (SW-Germany). – *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte*, **1999**: 679-697; Stuttgart.

- UHL, D. (2002): *Uronectes fimbriatus* JORDAN (Syncarida, Malacostraca) aus dem Rotliegend (Ober-Karbon – Unter-Perm) des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland). – Mitteilungen der POLLICHIA, **89**: 43-56. Bad Dürkheim.
- VOIGT, S., SCHINDLER, T., THUM, H. & FISCHER, J. (2019): Field Trip C2 (19th International Congress on the Carboniferous and Permian, cologne 2019): Pennsylvanian-Permian of the Saar-Nahe Basin, SW Germany. – Kölner Forum für Geologie und Paläontologie, **24**: 217-250; Köln.
- WATERLOT, G. (1934): Étude de la faune continentale du terrain houiller Sarro-Lorrain. Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine. II. Faune fossile. – Études des gîtes minéraux de la France: 1-317; Lille.
- WEISS, C. (1868): Begründung von 5 geognostischen Abtheilungen in den Steinkohlenschichten des Saar-Rhein-Gebirges. – Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Preußischen Rheinlande und Westfalens, **25**: 63-164; Bonn.
- ZANGERL, R. (1981): Chondrichthyes I. – In: SCHUTZE, H.-P. (ed.), Handbook of Paleoichthyology, **3A**: 115 S.; Stuttgart, New York (G. Fischer).

Anhang 1: Aufschlüsse der Breitenbach-Formation des Untersuchungsgebietes

lfd. Nr.	Aufschluss	Bemerkung
3	Stollen an K36	JOSTEN 1956: Steinkohle; Vitrinit-Reflexion 2,61
4	Sankt Julian 9	PGIS-Datenbank der GDKE: Stromatolith in graugrünem Siltstein (Boy-Kartei)
5	Zuwegung von K36 zu WEA Ul01	Sandstein
6	Kabelgraben intern an K36, Profil Nord	Stromatolith und Onkolith über graugrünem Silt- und Feinsandstein
7	Kabelgraben intern an K36, Profil Süd	fossilreiche Mudstone-Bänke, Mergelstein, Siltstein
8	Welchweiler 3	PGIS-Datenbank der GDKE, JOSTEN 1956: Steinkohle, Vitrinit-Reflexion 0,92
9	WEA Be04, Lagerplatz, Zufahrt u. Bhrg. S07	Sandstein u.a.
10	Welchweiler 2	PGIS-Datenbank der GDKE: Stromatolith, Onkolith und unreiner Kalkstein in grüngrauem Siltstein, darunter Serie grauer Silt- und Tonsteine mit ?Steinkohle und Muschel (Boy-Kartei)
12	Kabelgraben Nord Punkt 3 + 55m	mm-dünner Kalkstein
13	Kabelgraben Nord Punkt 3 + 30m	Tonstein
14	Kabelgraben Nord Punkt 3	Silt- und Feinsandstein, darin Kalklage
16	Kabelgraben Nord Punkt 1	Sandstein
17	Bedesbach 6, Zufahrt Karlsgrube	PGIS-Datenbank der GDKE: sandiger Siltstein mit Pflanzenresten indet. (Boy-Kartei)
18	Bedesbach 5, Karlsgrube	PGIS-Datenbank der GDKE: sandiger Siltstein mit Pflanzen (Pecopteriden; Boy-Kartei), JOSTEN 1956: Steinkohle, Vitrinit-Reflexion 2,23
19	WEA Be01, Lagerplatz, Bhrg. S05 u. Bhrg. S06	Caliche, Tuff, zwei teils fossilreiche Tonsteine, Steinkohle
20	Zufahrt WEA Be03	Stromatolith
21	Zufahrt WEA Be03	Sandstein
22	Betonweg nördlich L368	Sandstein
23	WEA Be03, Lagerplatz u. Bhrg. S02	Tuff, Sandstein, Tonstein, Kalkstein und Caliche
24	Altenglan 11, Leppengraben	PGIS-Datenbank der GDKE: Lgd. dunkelgrauer Siltstein mit Pflanzen (<i>Calamites suckowi</i> , <i>Calamites</i> sp., <i>Asterophyllites equisetiformis</i> , <i>Sphenophyllum verlicillatum</i> , Wurzel <i>Hydatia capillacea</i>); darüber Siltstein, sandiger Kalkstein, toniger Siltstein und Feinsandstein, darin Muschel und <i>Endichnium Guilielmites</i> (Boy-Kartei)
25	WEA Al01, Lagerplatz, Ausweichplatz u. Bhrg. S01	Siltstein, dünne fossilführende Mudstones u. a.
29	Kabelgraben Süd Punkt 5	Sandstein
37	Kabelgraben Süd Punkt 10	Tonstein mit Pflanzen, Sandstein, Tuff
38	Kabelgraben Süd Punkt 14	Siltstein mit Pflanzen, darüber Steinkohle
39	Kabelgraben Süd Punkt 15	Siltstein mit Stigmarie
45	Altenglan 5	PGIS-Datenbank der GDKE: Stromatolith (Boy-Kartei)
47	Altenglan 13, an L367	PGIS-Datenbank der GDKE: <i>Pecopteris</i> sp., <i>Sigillaria brardi</i> (Boy-Kartei)

Anhang 2: Fossilien der Breitenbach-Formation des Untersuchungsgebietes

Fossilgruppe	Taxon	Fundort	Bemerkung
Prokaryota	Cyanobacteria: Stromatolith	4	
Prokaryota	Cyanobacteria: Stromatolith	6	basal um Pflanzenachse, sonst teils laminar, überwiegend säulig, in Onkolith
Prokaryota	Cyanobacteria: Onkoide	6	
Prokaryota	Cyanobacteria: Stromatolith	7, Schicht 1	
Prokaryota	Cyanobacteria: Stromatolith	10	mit Onkolith und unreinem Kalkstein
Prokaryota	Cyanobacteria: Stromatolith	20, untere Zone	säuliger Internbau, teils Aufwuchs auf gestreiften Stämmen
Prokaryota	Cyanobacteria: Stromatolith	20, obere Zone	säuliger Internbau, teils Aufwuchs auf gestreiften Stämmen
Prokaryota	Cyanobacteria: Stromatolith	25, Wende-/Ausweichplatz, Profil Schicht 6	knollig, säulig
Prokaryota	Cyanobacteria: Stromatolith	45	kissenförmig, ästiger Internbau
Plantae	„Algen“: cf. Charales	6	Kalkröhre gestreift
Plantae	„Algen“: indet.	19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“	phylloid, ex-karbonatisch
Plantae	Lycopodiopsida: <i>Sigillaria brardi</i>	47	
Plantae	Equisetiformes: Calamitaceae: <i>Calamites</i> sp.	7, Profil Schicht 6	Achse
Plantae	Equisetiformes: Calamitaceae: <i>Calamites</i> sp.	19, Bhrg. S05	
Plantae	Equisetiformes: Calamitaceae: <i>Calamites suckowi</i> , <i>Calamites</i> sp., <i>Asterophyllites equisetiformis</i>	24	
Plantae	Equisetiformes: Calamitaceae: <i>Calamites</i> sp.	37, Profil Schicht 2	
Plantae	Filicophyta: Pecopteridae	18	Fiedern
Plantae	Filicophyta: Pecopteridae	37, Profil Schicht 2	Fieder
Plantae	Filicophyta: Pecopteridae: <i>Pecopteris</i> sp.	47	
Plantae	Sporophyta: indet.	24	Wurzel <i>Hydatia capillacea</i>
Plantae	Sporophyta: indet.	39	Stigmarie
Plantae	Farnlaubige: indet.	7, Profil Schicht 1	Fieder
Plantae	Farnlaubige: indet.	38	Fieder
Plantae	Sphenophyllales: <i>Sphenophyllum verlicillatum</i>	24	
Plantae	Coniferophytina: Cordaitales	7, Profil Schicht 1	Blätter
Plantae	Coniferophytina: Cordaitales	7, Profil Schicht 2	Blätter
Plantae	Coniferophytina: Cordaitales	19, Bhrg. S05 ohne Teufe	Blätter
Plantae	Coniferophytina: Cordaitales	25, Bhrg. S01, Teufe 1860 cm	Blätter
Plantae	Coniferophytina: Cordaitales	37, Profil Schicht 2	dm-lange bis 8 cm breite Blätter
Plantae	Spermatophyta: indet.	9, Bhrg. S07, Teufe 3085 cm	dm-lange Achsen

Fossilgruppe	Taxon	Fundort	Bemerkung
Plantae	Spermatophyta: indet.	9, Bhrg. S07, Teufe 3260 cm	einzelne cm-lange Achsen
Plantae	Spermatophyta: indet.	9, Lagerplatz, Sandstein	räumliche dm-lange glatte Achsen; gestreifte Achse
Plantae	Spermatophyta: indet.	12	Dezimeter-lange Achsen
Plantae	Spermatophyta: indet.	14, Profil Schicht 3	Achsen
Plantae	Spermatophyta: indet.	19, Bhrg. S05 ohne Teufe	Achsen
Plantae	Spermatophyta: indet.	25, Bhrg. S01, Teufe 1600 cm	Achsen, ?Samen
Plantae	Spermatophyta: indet.	38	Achsen
Plantae	Spermatophyta: indet.	6	Wurzel-Röhre
Plantae	Spermatophyta: indet.	9, Lagerplatz	gelbe Wurzelspuren
Plantae	Spermatophyta: indet.	9, Lagerplatz, Sandstein	kohlige Wurzelspuren senkrecht und parallel Schichtung
Plantae	Spermatophyta: indet.	23, Lagerplatz, rote Siltsteine	Wurzelspuren
Plantae	Spermatophyta: indet.	25, Lagerplatz, Kalkstein	Wurzelspur auf Schichtflächen
Plantae	Spermatophyta: indet.	37, Profil Schicht 2	Wurzelspuren senkrecht Schichtung
Plantae	Spermatophyta: indet.	14, Profil Schicht 1	cm-weite Grabgänge (Wurzeln?)
Plantae	Spermatophyta: indet.	25, Bhrg. S01, Teufe 3000 cm	feine Wurzel?-Spuren (Abdrücke)
Plantae	Spermatophyta: indet.	14, Halde	sandiger Rhizolith mit verkalkten Grabgängen (Wurzeln?)
Plantae	Spermatophyta: indet.	25, Fundamentgrube	Rhizo-Konkretionen um Wurzeln
Plantae	indet.	17	Reste
Plantae	indet.	20	gestreifte Stämme
Mollusca	Bivalvia: indet.	9, Bhrg. S07, Teufe 3210 cm	
Mollusca	Bivalvia: indet.	19, Bhrg. S05 ohne Teufe	
Mollusca	Bivalvia: indet.	19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“	selten
Mollusca	Bivalvia: indet.	24	
Mollusca	Bivalvia: indet.	25, Bhrg. S01, Teufe 1425 cm	
Mollusca	Bivalvia: indet.	25, Bhrg. S01, Teufe 1860 cm	doppelklappig, cf. <i>Anthraconaia</i> sp.
Crustacea	Ostracoda: indet.	6	doppelklappig
Crustacea	Ostracoda indet.	7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone	
Crustacea	Ostracoda indet.	7, Profil Schicht 1	lagig angereichert
Crustacea	Ostracoda indet.	9 Bhrg. S07, Teufe 1210 cm	fraglich
Crustacea	Ostracoda indet.	9, Bhrg. S07, Teufe 3210 cm	
Crustacea	Ostracoda indet.	19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“	Einzel- und Doppelklappen, häufig mulmig pyritisiert
Crustacea	Ostracoda indet.	23, Lagerplatz, grüngraue und graue Tonsteine mit verwitterter kalkiger Lage	fraglich

Fossilgruppe	Taxon	Fundort	Bemerkung
Crustacea	Ostracoda indet.	25, Bhrg. S01, Teufe 1425 cm	wenige
Crustacea	Phyllopoda: Conchostraca: indet.	19, Bhrg. S05 ohne Teufe	
Crustacea	Phyllopoda: Conchostraca: indet.	19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“	klein, in organischer zerdrückter Erhaltung
Crustacea	Phyllopoda: Conchostraca: indet.	25, Bhrg. S01, Teufe 1425 cm	Pflaster, plattgedrückt
Crustacea	Malacostraca: Syncarida: Palaeocaridacea	19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“	Reste mit drei Tergiten; wenige Dorso-Ventral-Einbettungen; eine Seitenlage; etliche Schwanzfächer
Chondrichthyes	Xenacanthiformes: „ <i>Orthacanthus</i> “ <i>gracilis</i>	7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone	Oralzahn
Chondrichthyes	Xenacanthiformes: <i>Xenacanthus remigiusbergensis</i>	6	Oralzahn
Chondrichthyes	Xenacanthiformes: <i>Xenacanthus remigiusbergensis</i>	7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone	Oralzahn
Chondrichthyes	Xenacanthiformes: <i>Xenacanthus</i> sp.	6	Oralzahn
Chondrichthyes	Xenacanthiformes: <i>Triodus lauterensis?</i>	6	Oralzahn
Chondrichthyes	Xenacanthiformes: <i>Triodus lauterensis?</i>	19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“	Oralzahn
Chondrichthyes	Xenacanthiformes: indet.	6	Oralzahn
Chondrichthyes	Xenacanthiformes: indet.	6	Dentikel
Chondrichthyes	Hybodontoida: „ <i>Lissodus</i> “ cf. „ <i>L.</i> “ <i>zideki</i>	7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone	Oral-Zahn
Chondrichthyes	Hybodontoida oder Ctenacanthoidea: „ <i>Lissodus</i> “ (<i>Acronemus?</i>) <i>lacustris</i>	6	Oralzähne
Chondrichthyes	Hybodontoida oder Ctenacanthoidea: „ <i>Lissodus</i> “ (<i>Acronemus?</i>) <i>lacustris</i>	7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone	Oralzähne
Chondrichthyes	Hybodontoida: indet.	7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone	Oralzahn-Bruchstück
Chondrichthyes	indet.	6	Zahn/Dentikel
Chondrichthyes	indet.	6	Dentikel
Chondrichthyes	indet.	6	Hai-Knochen
Chondrichthyes	indet.	7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone	Dentikel
Chondrichthyes	indet.	7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone	Kiemendentikel
Chondrichthyes	indet.	6	Koprolith
Chondrichthyes	indet.	7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone	Koprolith
Chondrichthyes	indet.	19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“	Koprolithen, räumlich-rundlich in ?Phosphatkonkretion, mit Actinopterygier-Schuppen
Chondrichthyes	indet.	7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone	Koprolith, teils mit glatten Actinopterygier-Schuppen
Chondrichthyes	indet.	25, Wende-/Ausweichplatz, Profil Schicht 8	Koprolith mit Actinopterygier-Schuppen

Fossilgruppe	Taxon	Fundort	Bemerkung
Acanthodii	Acanthodidae: indet.	19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“	wenige quadratische Schuppen, Flossenstachel
Osteichthyes	Actinopterygii: cf. „ <i>Elaveria</i> “ <i>barroisi</i>	12	schwach mit Leisten skulpturierte Schuppe
Osteichthyes	Actinopterygii: Elonichthyidae	6	Kegelzähne, Kiefer, skulpturierte Schuppen, Knochenfragmente
Osteichthyes	Actinopterygii: Elonichthyidae	7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone	Schuppen, Kegelzähne, Kiefer mit Zähnen
Osteichthyes	Actinopterygii: Elonichthyidae	9, Bhrg. S07, Teufe 1210 cm	Schuppen, Kegelzahn
Osteichthyes	Actinopterygii: Elonichthyidae	19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“	skulpturierte Schuppen
Osteichthyes	Actinopterygii: Elonichthyidae	23, Fundamentgrube, Profil Schicht 5	Schuppen, Knochen, Kiefer, Kegelzähne
Osteichthyes	Actinopterygii: Elonichthyidae	25, Wende-/Ausweichplatz, Profil Schicht 8	Knochen, Kiefer, skulpturierte Schuppen
Osteichthyes	Actinopterygii: indet.	7, Profil Schicht 1, lgd. Mergelstein & Bonebed	glatte Schuppen (Bonebed)
Osteichthyes	Actinopterygii: indet.	7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone	glatte Schuppen
Osteichthyes	Actinopterygii: indet.	19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“	glatte dicke Schuppen
Osteichthyes	Actinopterygii: indet.	23, Fundamentgrube, Profil Schicht 5	glatte Schuppe
Osteichthyes	Actinopterygii: indet.	6, Profil Schicht 2	glatte Schuppen
Osteichthyes	Actinopterygii: indet.	6, Profil Schicht 2	Schuppen
Osteichthyes	Actinopterygii: indet.	7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone	Knochen mit Schmelz-Pusteln
Osteichthyes	Actinopterygii: indet.	9, Bhrg. S07, Teufe 1400 cm	Schuppe
Osteichthyes	Actinopterygii: indet.	19, Fundamentgrube, unterer Tonstein	Schuppe
Osteichthyes	Actinopterygii: indet.	19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“	Anhäufung aus mm-großen bezahnten Kiefern und einem Cleithrum in einem Speiballen
Osteichthyes	Actinopterygii: indet.	19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“	Schuppe
Osteichthyes	Actinopterygii: indet.	7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone	Schuppen mit konzentrischen Zuwachslinien
Osteichthyes	Sarcopterygia: Rhizodopsidae	6, Profil Schicht 2	Schuppen
Osteichthyes	Sarcopterygia: Rhizodopsidae	7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone	Schuppe
Osteichthyes	indet.	6, Profil Schicht 2	Knochenfragmente
Pisces	indet.	19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“	Speiballen, Inhalte: -Ostracoden -Syncariden -Acanthodier-Stachel -Actinopterygier
Tetrapodomorpha	indet.	6, Profil Schicht 2	Langknochen
Tetrapodomorpha	indet.	7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone	Wirbel, Langknochen

Fossilgruppe	Taxon	Fundort	Bemerkung
Vertebrata	indet.	6, Profil Schicht 2	labyrinthodonter Zahn
Vertebrata	indet.	7, Profil Schicht 1, lgd. Mudstone	Knochenfragmente
Vertebrata	indet.	19, Lagerplatz, „oberer Tonstein“	leicht gebogener hohler Zahn
Endichnia	Grabgänge	7, Profil Schicht 12	schwarzer 5 mm-Grabgang senkrecht zur Schichtung
Endichnia	Grabgänge	23, Bhrg. S02 ohne Teufe	grauer Siltstein mit Feinsand- gefüllten cm-Grabgängen
Endichnia	Grabgänge	23, Fundamentgrube außerhalb Profil	plattige olivgrauer Siltstein, im sandigen Top senkrechte mm-Grabgänge
Endichnia	Grabgänge	23, Fundamentgrube, Profil Schicht 3	oliver Siltstein mit gelben mm- Tonhäuten, fein geschichtet mit spiraligen mm-Grabgängen
Endichnia	Grabgänge	25, Wende-/Ausweich- platz, Profil Schicht 6	Mudstone mit mm-Grabgang senkrecht zur Schichtung
Endichnia	<i>Guilielmites</i> sp.	24	

Manuskript eingegangen am 11.5.2020

Anschriften der Autoren:

Dr. THOMAS SCHINDLER
Dr. SABINE GLIENKE
MARKUS POSCHMANN
Generaldirektion Kulturelles Erbe Rheinland-Pfalz (GDKE)
Direktion Landesarchäologie Erdgeschichte
Niederberger Höhe 1
D-56077 Koblenz
E-Mail: thomas.schindler@gdke.rlp.de
sabine.glienke@gdke.rlp.de
markus.poschmann@gdke.rlp.de

Prof. Dr. ORTWIN EMRICH
Ochsenbachstraße 24
D-66879 Kottweiler-Schwanden
E-Mail: o.emrich@gmx.de

Dr. SEBASTIAN VOIGT
Urweltmuseum GEOSKOP
Burgstraße 19
D-66871 Thallichtenberg
E-Mail: s.voigt@pfalzmuseum.bv-pfalz.de