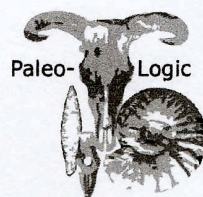
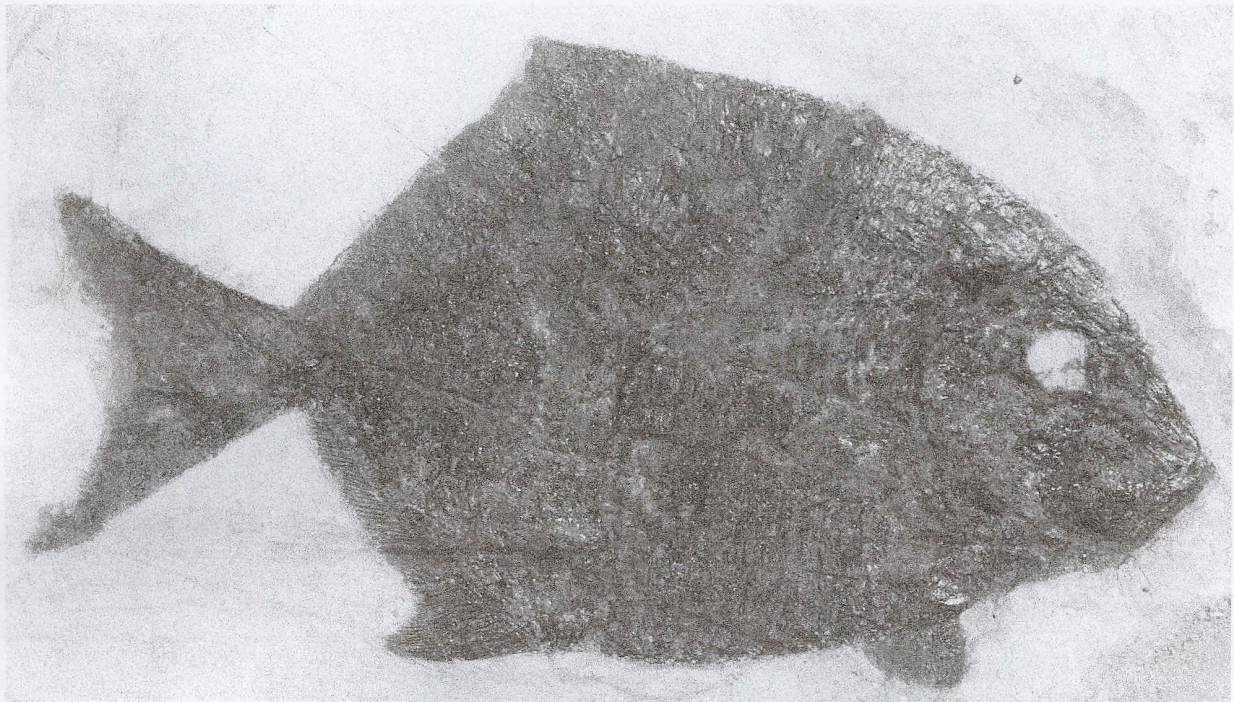


**Grabungsbericht über die zweite Flächengrabung
im Kupferschiefer (Ober-Perm)
von Hasbergen (NW-Deutschland)
– Biodiversität der Quastenflosser-Fossilagerstätte –**

CAJUS DIEDRICH

2005



© alle Rechte vorbehalten

Kurzfassung: In Hasbergen am Hüggel (Osnabrücker Bergland, NW-Deutschland) wurden taphonomische und paläoökologische Untersuchungen in ca. 258 Millionen Jahre alten Schichten des Ober-Perm (Kupferschiefer Member, Werra Formation, Zechstein) in einem zweiten Grabungsprojekt mit dem Ziel der Erforschung der Biodiversität durchgeführt. Die doppelte Fläche des Vorjahres von 12 qm wurde ergraben und 473 Fossilfunde, davon 169 botanische Reste, 57 Invertebraten, 118 Fische und 129 Koprolithen dokumentiert. Im Schwarzschiefer konnten durch systematische Flächengrabungen neue Invertebraten, wie die Bivalve *Bakevillia* cf. *binneyi* (Bronn 1841) und insbesondere mehrere für diese Region noch unbekannten Fischarten meist jeweils mit nur einem Exemplar nachgewiesen werden. An Haien sind *Wodnika striatula* Münster 1843 erstmals präpariert worden, weiterhin fand sich der Raubfisch *Pygopterus humboldti* Agassiz 1833 mehrfach unter anderem auf einer größeren geborgenen „Fischplatte“, auf der auch drei *Palaeoniscum freieslebeni* Blainville 1818 ein einmaliges Exponat geliefert haben. Mehrere unterschiedlich alte *Platysomus striatus* Agassiz 1833 fanden sich, darunter ein ausgewachsenes und sehr schönes Exponat. Der „Muschelknacker“ *Eurysomus macrurus* (Agassiz 1833) ist neu im Artenspektrum, aber nur mit einem stark verschwemmten Teilskelett mit den typischen Kugelzahnkiefern. In diesem Jahr gelang der Fund eines gut erhaltenen männlichen *Dorypterus hoffmanni* Gernar 1842 mit seiner langen Rückenflosse. *Acentrophorus glaphyrus* (Agassiz 1833) wurde mit einem Fund ergraben. Ein größerer Astfund und verkohlte Holzreste sind neue botanische Hinweise auf Stürme und Waldbrände auf dem Festland. Durch Einregelungen von Fischen und Pflanzenresten kann wieder der generelle Einfluß eines SW-Passates auf die Paläoströmungen ermittelt werden. Der relativ häufige *Coelacanthus granulatus* Agassiz 1833, der diesmal u.a. mit einem spektakulären 22 cm kleinen Jungtier aufgefunden wurde, sowie die Pflanzenfunddichte, aber auch Koniferenäste belegen eine nahe Lage zu einem Süßwassereinflussbereich eines Wadis. Anscheinend ist der gelegentlich brackische Lebensbereich verantwortlich für den Fossilreichtum und das Häufige Auftreten der Quastenflosser – was dadurch die Fundstelle Hasbergen in Europa einmalig macht.

1 Einleitung

Bereits im 19. Jahrhundert wurden erste Fische des Deutschen Kupferschiefermeeres abgebildet (vgl. Germar 1824). Auch der bedeutende Schweizer Paläontologen Agassiz bearbeitete in seiner Monographie (1833-1843) über die fossilen Fische in Europa einige Funde aus dem Kupferschiefer von Deutschland. Über die sagenhaften ersten deutschen "Ursaurier" des Kupferschiefers publizierte der Deutsche von Meyer (1847-1855). Auch der bekannte deutsche Paläontologe Geinitz (1848) arbeitete im 19. Jahrhundert über Kupferschieferfossilien.

Paläontologisch wichtige Kupferschiefer-Fundstellen sind in Polen und England (z.B. Harwood & Smith 1986), vorwiegend aber in Zentraldeutschland mit den großen, heute stillgelegten Kupfer-Minen in Eisleben, Sangerhausen oder Mansfeld sowie Richelsdorf bekannt geworden (vgl. Haubold & Schaumberg 1985). Aus hessischen Fundstellen befindet sich die bedeutendste Sammlung im Naturkundemuseum Ottoneum in Kassel (Fichter 2003). Im Westen des damaligen Meeresbeckens lieferte lediglich Kamp-Lintfort am Niederrhein wenige Kupferschieferfossilien, wobei ein Insektenfund von dort einmalig ist (z.B. Bechtel & Puettmann 1997).

Bisher wurden Fossilien lediglich von den Abraumhalden der erwähnten Fundstellen aufgesammelt, wobei statistisch subjektive Fundhäufigkeitsangaben (vgl. Haubold & Schaumberg 1985) von diesen Bergbauhalden ein Artefakt der Sammeltätigkeit und anthropogener Selektion darstellt. Hier wurde hingegen in Europa in Anlehnung an eine erste Grabung in Hasbergen eine zweite umfangreichere systematische Flächengrabung an oberflächlich austreichenden Kupferschiefern durchgeführt und statistisch taphonomisch und paläoökologisch ausgewertet. Sie erlaubt weitere Aussagen zur damaligen Paläoökologie und dem Paläoenvironment im heutigen Raum Hasbergen.

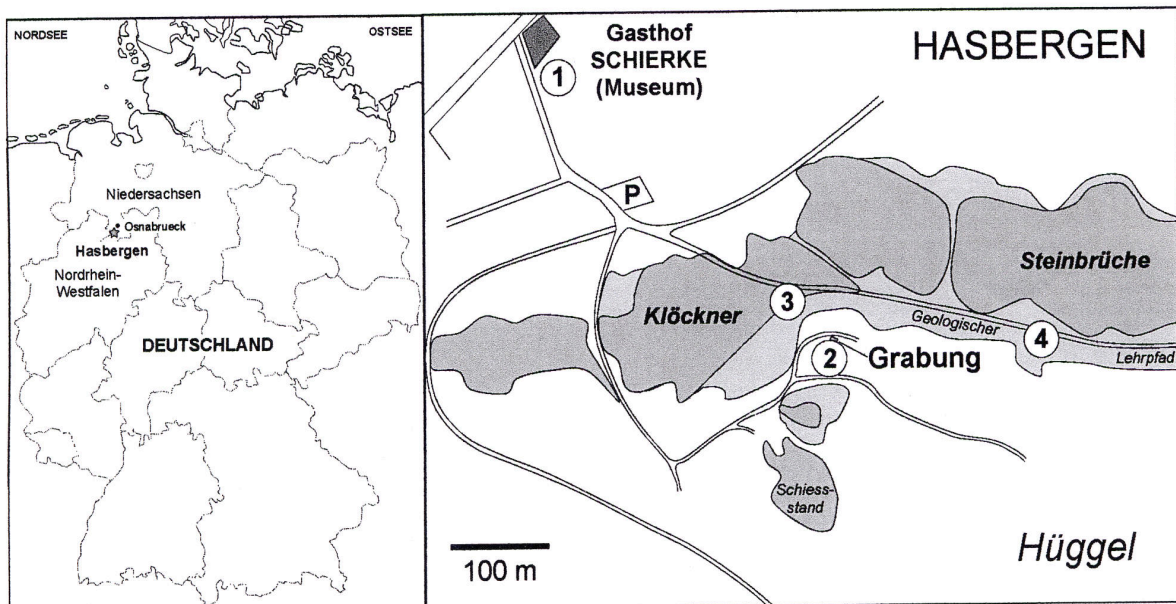


Abb. 1. Lage des Museumsstandortes Gasthof Schierke (1), der Kupferschiefer-Grabungsstelle (2) sowie Stationen des geologischen Lehrpfades (3, 4) am Hüggel (Osnabrücker Bergland) (Grafik PALEOLOGIC).

1.1 Forschungsgeschichte

Am Hüggel im Osnabrücker Bergland finden sich die Schichten des Perms (Rotliegend, Zechstein) mit verschiedenen Schichten aufgeschlossen, die bereits als Geotope teilweise in einen Geologischen Lehrpfad eingebunden sind. Während die geologische Situation des mittelalterlich begonnenen Eisenerz-Abbaus bereits dargestellt wurde (vgl. Harms 1985, 1995), ist die Paläontologie nur am Rande erwähnt worden. Dieses verwundert, da in anderen Regionen Deutschlands, wie am Harz (vgl. z.B. Brandt 1997) oder in Nordhessen (Richelsdorf, vgl. z.B. Schaumberg 1977a-c), der erhaltene und fossilreiche Kupferschiefer des Zechsteins gezielt abgebaut wurde und am Hüggel durch den Eisenerz-Tagebau des metasomatisch vererzten Zechsteinkalkes bereits vor über 80 Jahren aufgeschlossen war (vgl. Harms 1985).

Besonders am Schaffberg bei Ibbenbüren und in Hasbergen am Hüggel (Abb. 1-2) stehen im Geopark Terra.Vita die Schichten des Kupferschiefers an. Diese Bereiche sind ein wichtiges



A



B



C



D



E

Abb. 2. Grabung 2005. A. Grabungsfläche, B. Grabungsteam von „Arbeiten und Lernen“, C. Zwei Fische in den zerscherten Kupferschiefern (*Palaeoniscum* und *Platysomus*, Planum I Nr. B-I-3 und 10, vgl. Abb. 23), sicher geborgen mit der Eingießtechnik und gefestigt mit Kunstharzklarlack, D. Aufbeulung vom 20 cm im Durchmesser im Kupferschiefer als Folge eines E. ursprünglich dreidimensional erhaltenen Treibholzes (Holzrest im Planum IV, Nr. A-III-1). Wahrscheinlich sind es verkohlte Treibhölzer, die im Gegensatz zu unverkohnten, noch lange nach der Sedimentation dreidimensional erhalten bleiben, bis schliesslich auch sie durch Kompaktion flachgedrückt werden (Fotos PALEOLOGIC).

1.2 Grabungstechnik

Die Grabungstechnik (Abb. 2A-B) und Dokumentation orientierte sich an den systematischen paläontologischen Flächengrabungen vom letzten Jahr (Diedrich 2004), in denen sämtliche Funde und Befunde von Invertebraten und Vertebraten stratigraphisch und flächig unselektiert dokumentiert wurden. Der Kupferschiefer wurden paläoökologisch sowie taphonomisch untersucht, um ein erweitertes Paläoenvironment-Modell entwerfen zu können.

Hierzu wurde mit einem Bagger an die alte Fundstelle angeknüpft und am Rande der alten Klöckner-Steinbrüche südlich von Hasbergen nördlich des "Schießstandes" freigelegt (Abb. 1-2). Die Kalkbank über den Kupferschiefer wurde zum Schutz der Kupferschiefer per Hand abgetragen. Dadurch fanden sich weitere Fossilien im *Horridonia*-Event, wie ein Erstnachweis der linguliden Brachiopode *Orbiculoidea konincki* (Geinitz 1846).

Der Kupferschiefer wurde flächig freigelegt und anschließend systematisch vom Top zum Liegenden hin abgegraben. Insgesamt wurde eine Fläche von ca. 20 qm mit einem Grabungsteam von durchschnittlich sechs Personen vollständig abgegraben. Hierbei konnte Schicht für Schicht mit Messern und Flachmeißeln abgetragen werden, wobei die Funde zuerst auf dem Planum verblieben und eine Einmessung und Übertragung in jeweiligen Befundplänen vorgenommen wurde.

Auf 12 qm wurden die Funde von mehr als 5 mm Größe jeweils in sechs Ebenen mit je fünf cm Schichtmächtigkeit (Kupferschiefermächtigkeit = 30 cm) in Befundplana (Abb. 18-23) dokumentiert, beschriftet und gegen zu schneller Austrocknung in Microsnapbeuteln verpackt. Außerhalb dieser Fläche wurde einfach abgegraben, um erste Funddichten oder Erhaltungszustände bzw. Bergungstechniken testen zu können.

Die Funde wurden weitestgehend mit Positiv- und Negativplatten entnommen. Nur bei zu schlecht erhaltenen und verwitterten Negativabdrücken konnten diese nicht geborgen werden. Viele Fossilien wurden erfolgreich mittels Transfermethode (Direkteinguss mit Quickmix-Produkten) gerettet. Besonders große Fische lagen meist in zerscherten oder zerstückelten Bereichen, deren sichtbare Partien abgedeckt und im Block geborgen wurden. Ein größere „Fischplatte“ und ein großer Ast waren die größten geborgenen Objekte. Durch das Auftragen von schnell abbindenden Quickmix-Produkten in Verbindung mit einer grobmaschigen eingelassenen Glasfasermatte konnte nach der Aushärtung die Platte durch Unterstechen abgehoben und abtransportiert werden (Abb. 2C).

Interessant sind gelegentliche Aufbeulungen im Kupferschiefer, die bisher nur bei Nautiliden oder in diesem Jahr an zwei Treibhölzern (Planum II, Nr. A-I-2 und Planum IV, A-III-1) beobachtet wurden (Abb. 2D-E). Dieses ist dadurch zu erklären, dass sich ein dreidimensional eingebettetes Objekt lange als solches spätdiagenetisch erhalten hat, bevor die Kompaktion auch dieses, jedoch nicht die Aufbeulung flachdrückte. Bei den Treibhölzern ist zu vermuten, dass nur verkohlte und damit stabile Reste solche Sedimentbeulen gebildet haben, was aber noch genau analysiert werden muss.

Einige wichtige Fossilien wurden aus dem umfangreichen Fundus selektiert und mechanisch präpariert. Hierbei wurde eine spezielle Methode zum Plattenaufspaltung angewendet. Befanden sich Fische in zerstückelten Schieferplatten, wurden diese mit Ponal wieder in einem Sandbett zusammengeklebt und Stück für Stück aufgebaut, anschließend mit einem neuen Kunststoff-/Mörtel-Produkt der Fa. Quickmix und Glasfaser beidseitig verstärkt. Nach dieser Prozedur konnten die Platten unter Erhaltung beider Fischhälften aufgespaltet und präpariert werden. In der Regel war eine der Hälften besser erhalten. Nach verschiedenen Tests zur Konservierung der Fische und Pflanzen wurde wieder der Holzlack (Clou L1) auf Nitrobasis verwendet. Dieser wurde in einer ersten Schicht in 50% Verdünnung und später nur wenig verdünnt mit dem Pinsel aufgetupft.

Das gesamte Fundmaterial ist Eigentum des Kultur- und Verkehrsvereins Hasbergen und wird derzeit im Gasthof Schierke, teilweise in einem Magazin, als öffentlich zugängliche Sammlung aufbewahrt. Einige wichtige und in diesem Bericht abgebildeten Stücke sind dort in einer kleinen Präsentation zu sehen. Dieser Ausstellungsraum mit dem Thema "Permian Blue Ocean Visitor Center" wird mit dem bereits vorhandenen Geologischen Lehrpfad am Hüggel verbunden.

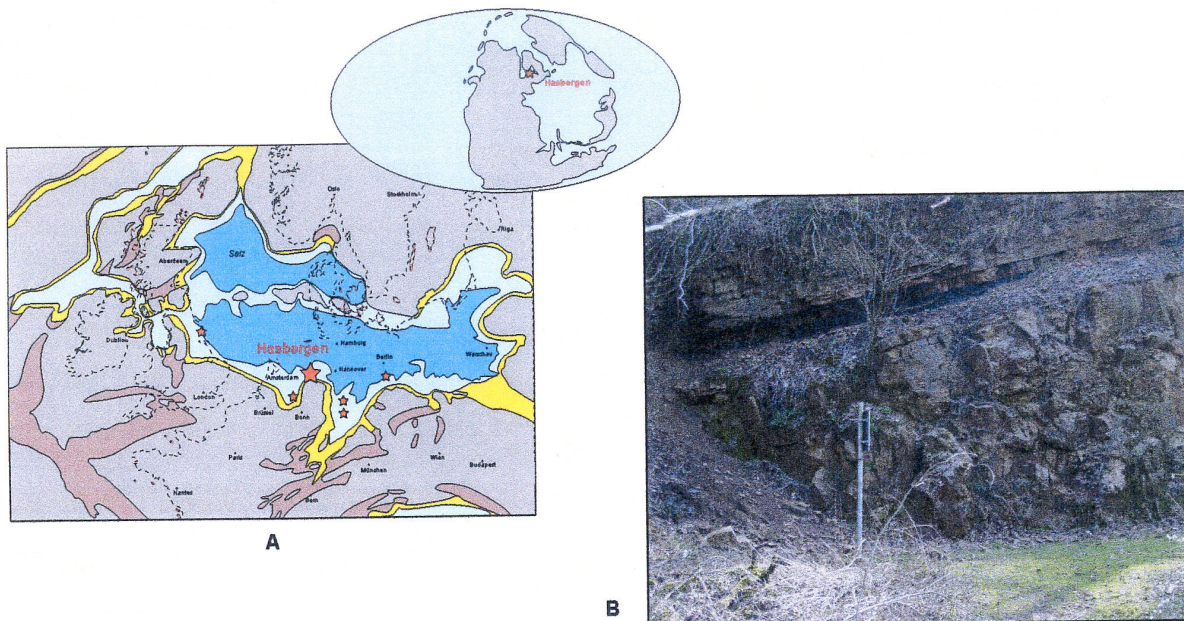


Abb. 3. A. Paläogeographie des Ober-Perm und Lage von Hasbergen, sowie anderer wichtiger Kupferschiefer-Fundstellen in Europa (rote Sterne). Die Fundstellen in England und Mitteldeutschland sind reine Bergbauhalden, von denen Fossilien aufgesammelt wurden. B. Perm-Aufschluß mit dem 50 cm mächtigen herausgewitterten Kupferschiefer am Hügel unterhalb der Grabungsstelle (Geschützter Geologischer Lehrpfad-Aufschluss Nr. 4) (Paläogeographie umgezeichnet nach Ziegler 1990 durch PALEOLOGIC).

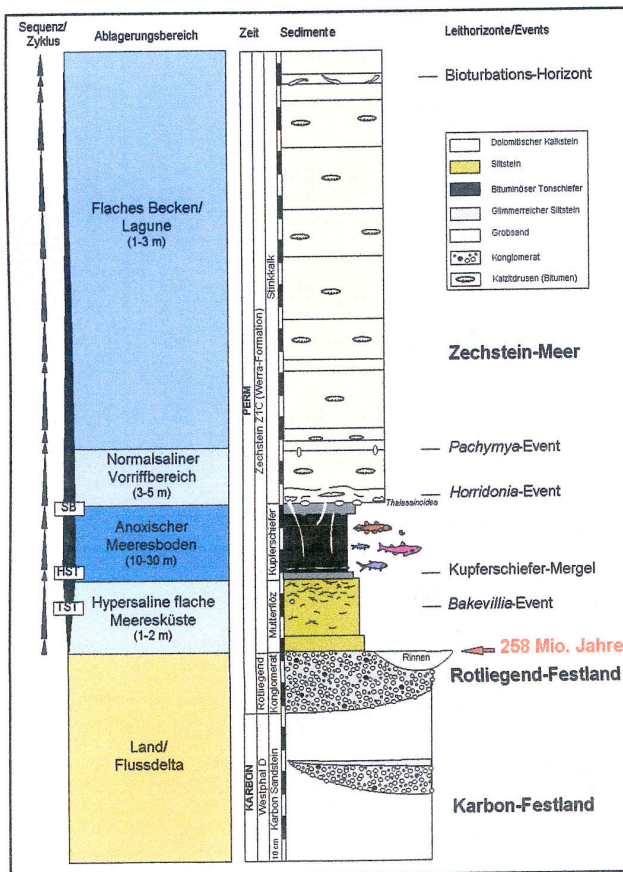


Abb. 4. Profil des aufgeschlossenen und untersuchten Bereiches im Übergang vom Ober-Karbon zum basalen Ober-Perm (TST = Transgressive Systems Tract, HST = High Stand Systems Tract, SB = Sequence Boundary) (Grafik PALEOLOGIC).

2 Geologie

Erste geologische Untersuchungen führte Haack (1935) zur Erstellung der preußischen Geologischen Karten am Hügel durch. Später wurde der Hügel aus rein bergbautechnischer und geologisch-tektonischer Sicht durch Harms (1985, 1995) betrachtet. Das Profil und das Palaeoenvironment an der Grabungsstelle wurden bereits erstmals detailliert 2004 erarbeitet und im Grabungsbericht bereits genau beschrieben (vgl. Diedrich 2004).

3 Paläontologie

Im folgenden werden die Kupferschieferfossilien (Invertebraten, Vertebraten) der Grabung 2005 vorgestellt, wobei hier vorwiegend nur neue Arten oder besser erhaltene Fossilien abgebildet werden. Wichtige Übersichtsarbeiten zur taxonomischen Systematik der Fauna des Kupferschiefers finden sich z.B. in Haubold & Schaumberg (1985), Schaumberg (1977b), Holzapfel & Malzahn (1984) oder Brandt (1997) sowie Fichter (2003).

Aus dem Hüggel des Osnabrücker Berglandes listeten Haack (1935) und Harms (1985, 1995) nur wenige Fossilien aus dem Kupferschiefer auf: *Platysomus gibbosus*, *Palaeoniscus freieslebeni*, *Janassa bituminosa*, *Coelacanthus granulatus*, außerdem die Pflanzen *Walchia piniformis* Sternberg, *Pseudovoltzia* sp. und *Ullmannia* sp. Einige der erwähnten Fischreste wurden beim Abbau der Eisenerze am Hüggel gefunden, die sich im Museum der Villa Stahmer Georgsmarienhütte befinden.

Mit der ersten Grabungskampagne am Hüggel wurden etliche Fossilien erstmalig in diesem Raum nachgewiesen und gut erhaltene Stücke präsentiert die im ersten Grabungsbericht beschrieben sind (vgl. Diedrich 2004).

Mit der zweiten Grabungskampagne sollte versucht werden die Biodiversität genauer zu fassen und seltenere Funde oder bisher für Hasbergen noch nicht nachgewiesene zu ergraben, was auch ausserordentlich gut gelang. Die Neufunde werden hier vorgestellt:

3.2 Systematik

Die Systematik der Permischen Pflanzen des Kupferschiefers ist noch unbefriedigend untersucht als Folge meist fehlender Kutikulen. Alleine die Form der Pflanzenreste, speziell der Koniferen-Äste läßt in den meisten Fällen eine Gattungs- und Artbestimmung zu. Die Fische sind hingegen recht gut systematisch bearbeitet, wobei einige Details erst bei vollständigeren Stücken zukünftig erarbeitet werden können.

Das Problem der marinen Invertebraten-Bestimmung liegt an der fehlenden Schalensubstanz. Die Steinkerne sind aber von anderen Fundstellen durch calzitisch metasomatisch ersetzte Schalen bestimmt worden. In einem Fall einer Spiriferide aus der *Horidonia*-Bank zeichnen solche sekundären „Kalzitischen“ die eigentliche Schalenoberfläche ab. Während die Pflanzen inkohlt und farblich meist schwarz bis dunkelbraun als „Kohlefilm“ erhalten sind, so wurden die ursprünglich weißen Kalziumphosphat-Schuppen und -Knochen mit Eisen- und Manganmineralien aus dem ölhaltigen Schiefen imprägniert.

3.2.1 Plantae

Es sind lediglich Koniferenreste ausgegraben worden. Diese bestehen vorwiegend aus Astbruchstücken und Treibhölzern, sowie zwei Zapfenfunden und einigen isolierten kleinen Samen. Bei etwa drei Holzresten müsste geklärt werden, ob es sich um Holzkohlereste, also in Folge von Waldbränden verkohlte Stücke handelt wie z.B. die größeren Holzreste aus dem Planum IV (Nr. A-III-1, vgl. Abb. 2E) und Planum II (Nr. A-I-2, vgl. Abb. 7).



Abb. 5. Pflanzen aus dem Ober-Perm von Hasbergen. Die Konifere *Ullmania frumentaria* (Schlotheim), Zweig (Planum IV, Nr. A-III-8) (Foto PALEOLOGIC).

Abb. 6. Pflanzen aus dem Ober-Perm von Hasbergen. Die Konifere *Pseudovoltzia liebeana* (Geinitz), Zweige (Planum V, Nr. A-IV-2) (Foto PALEOLOGIC).

***Ullmania frumentaria* (Schlotheim)**

Material: Von den 100 gefundenen Koniferen-Zweigreste aus allen Plana (Abb. 18-23) stammen die Meisten von *Ullmania frumentaria* (Abb. 5).

Beschreibung: Die heterophyll beblätterten Zweigreste sind meist zwischen 3-12 cm lang. In dieser Grabungskampagne fand sich kein größerer gegabelter Zweigrest. Manchmal sind Teile der Beblätterung bereits vom Ast abgefallen. Es hat den Anschein, dass auch oft kurze Jungtriebe im Material vorhanden sind. Diese sowie die vielen Aststücke deuten auf Sturmereignisse hin, subtropische Stürme, die besonders Jungtriebe und Ästchen von den Bäumen rissen, die dann direkt an der Küste ins Wasser fielen oder durch einen Fluß ins Meer verfrachtet wurden.

***Pseudovoltzia liebeana* (Geinitz)**

Material: Nur sehr wenige Koniferen-Zweigreste stammen von diesem Nadelbaum (Abb. 6).

Beschreibung: Die spitz auslaufenden Blätter sind heterophyll angeordnet und länger als bei *Ullmania*.

***Quadrocladus solmsii* (Schweitzer)**

Material: Lediglich einige Nadeln wurden isoliert gefunden aber aufgrund der zu geringen Größe nicht in die Plana eingetragen, wie auch andere isolierte Blätter anderer Koniferen.

Beschreibung: Die länglichen Nadeln sind typischerweise am Ende abgerundet und nicht spitz zulaufend wie bei *Ullmania*.

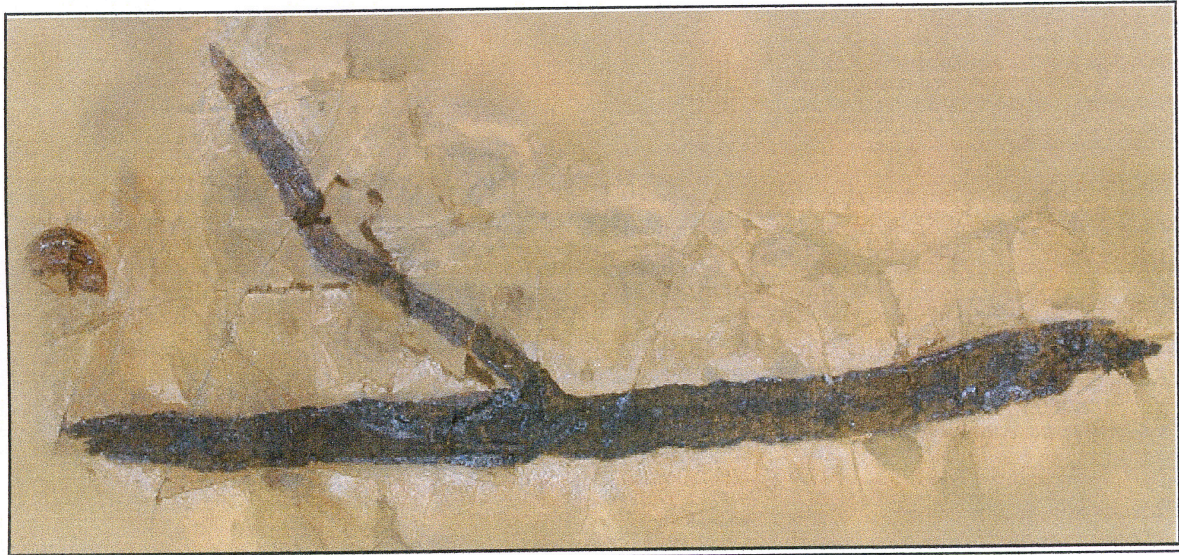


Abb. 7. Pflanzen aus dem Ober-Perm von Hasbergen. Treibholz (Planum II, Nr. A1-2) (Foto PALEOLOGIC).

3.2.2 Invertebrata***Bakevillia cf. binneyi* (Bronn)**

Material: Auf 12 qm Grabungsfläche konnte erstmals in den Kupferschiefern eine Muschalklappe im Planum II dokumentiert werden (Abb. 8)

Beschreibung: Im Planum II (Nr. A-II-2) wurde eine Klappenhälfte in der stabilen „Gewölbt-Ober Stellung“ gefunden. Es handelt sich um ein verdriftetes Exemplar, dass entweder durch Meeresströmungen oder biogen durch Meerestiere aus der damaligen Uferregion umgelagert wurde.



Abb. 8. Invertebraten aus dem Ober-Perm von Hasbergen. *Bakevillia cf. binneyi* (Bronn) (Nr. A-II-2) (Foto PALEOLOGIC).

***Peripetoceras freieslebeni* (Geinitz)**

Material: Auf 12 qm Grabungsfläche fanden sich insgesamt 54 flachgedrückte Stücke (vgl. Plana I-VI, Abb. 18-23).

Beschreibung: Das Material aus den Grabungen zeigt die kupferschiefertypische dorsoventrale und selten laterale Einbettung wobei oft erhaltene Hohlräume in den Nautiliden zu beobachten sind. Dieses deutet darauf hin, dass die Gaskammern noch längere Zeit postmortal gefüllt gewesen sind und nicht mit Schlamm zulaufen konnten. Die Gehäuse des Nautiliden sind alle dorso-ventral, in einigen Fällen leicht schräg eingebettet und durch die spätdiagenetische Kompaktion verdrückt.

***Nautilus seebachianus* Geinitz**

Material: Auf 12 qm Grabungsfläche fand sich ein flachgedrücktes Stück (Planum II, Nr. A-III-9, Abb.).

Beschreibung: Das Material aus den Grabungen zeigt die kupferschiefertypische Einbettung wobei oft Hohlräume in den Nautiliden zu beobachten sind. Das Gehäuse des Nautiliden ist dorso-ventral eingebettet und durch die spätdiagenetische Kompaktion verdrückt.

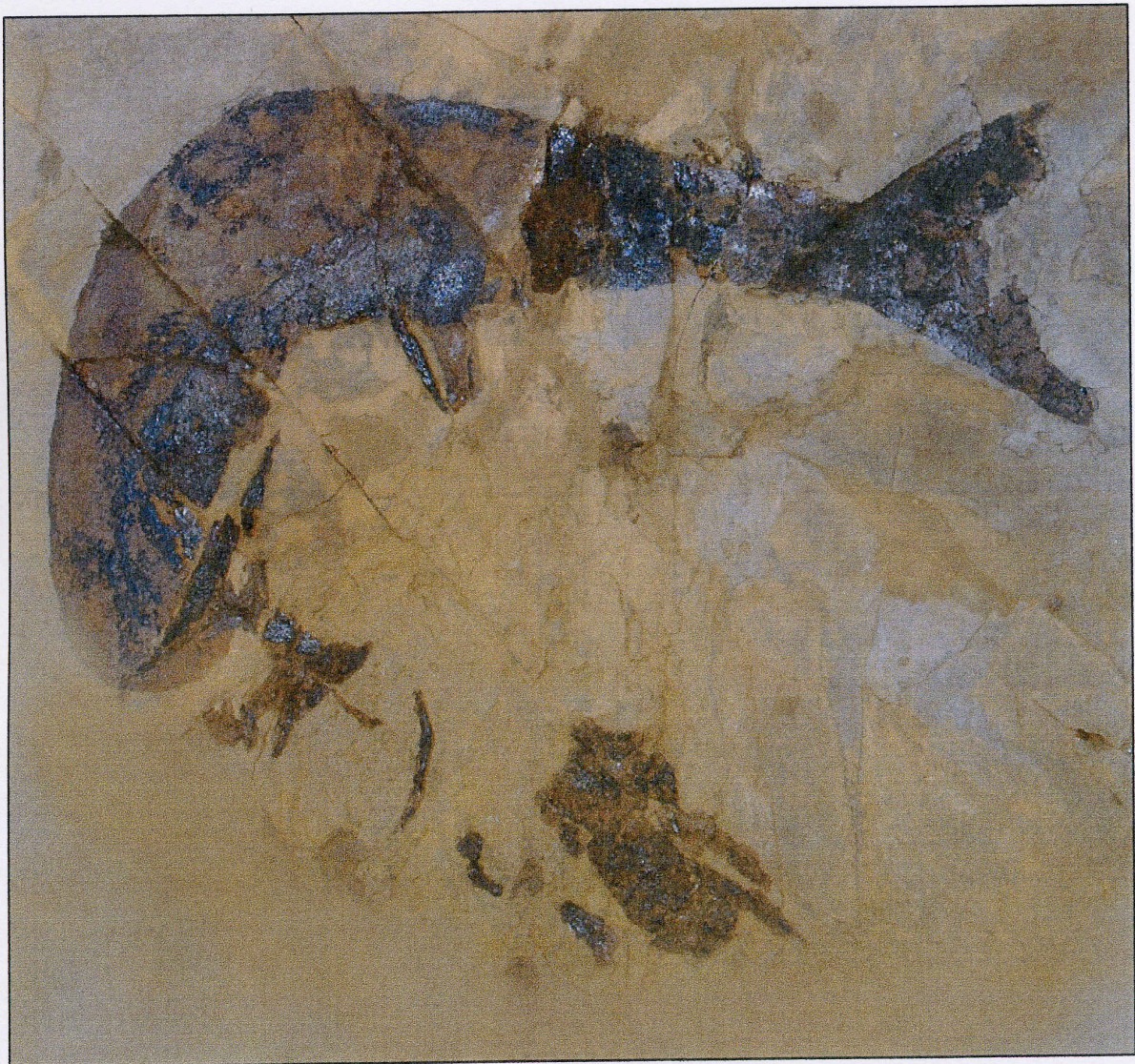


Abb. 9. Der Kupferschieferhai *Wodnika striatula* Münster, lateral eingebetteter Fisch mit gut erhaltenen Flossenstacheln (außerhalb Planum I, Nr. 2005-0-4) (Foto PALEOLOGIC).

3.2.2 Vertebrata

***Wodnika striatula* Münster**

Material: Insgesamt wurden drei mehr oder weniger vollständige Haiskelette in diesem Jahr ergraben. Eines dieser fand sich außerhalb des Planum I (Abb. 9), zwei weitere im Planum I und

II (Planum I, C-IV-9, Abb. 23, Planum II, Nr. A-III-12, Abb. 22). Die letzteren zwei Stücke sind bisher aufgrund der schwierigen und aufwendigen Präparation nicht weiter aufgearbeitet worden. **Beschreibung:** Das Exemplar des Planum I (Nr. C-IV-9) zeigte typische leistenförmige skulptierte Zähne wie sie bei Zangerl (1981) oder Schaumberg (1999) abgebildet wurden. Teile des haitypischen Placoidschuppenkleides lagen bereits bei allen drei Skelettfunden frei. Der Fund außerhalb des Planums I ist der erste präparierte Fund, der auch die typischen Dorsalfinnen-Flossenstacheln zeigt (Abb. 9). Diese Flossenstacheln sind triangulär im Querschnitt und mit longitudinalen Furchen versehen, was den Fund damit als *W. striatula* ausweist, ebenso die Bezeichnung mit leistenförmigen und länglichen sowie skulptierten Quetschzähnen.

***Palaeoniscum freieslebeni* Blainville**

Material: 101 unterschiedlich vollständige Fische in unterschiedlichen Altersstadien und Erhaltungsformen aus allen Schichten des Kupferschiefers, wobei die häufigste Funddichte im Planum I angetroffen wurde. Die Funde verteilen sich folgendermaßen auf die Plana: Planum I: 61, Planum II: 23, Planum III: 8, Planum IV: 4, Planum V: 2, Planum VI: 3. Auffällig ist das Größenverhältnis in den unterschiedlichen Schichten. Während im Planum I häufiger ausgewachsene große Fische bis zu 35 cm Länge vorkommen (vgl. Abb. 22), so sind in allen darauffolgenden Plana nur Jungfische mit Größen zwischen 5-20 cm gefunden worden (vgl. Abb. 18-22). Weiterhin konnte eine „Fischplatte“ mit drei *Palaeonisciden* aus dem Quadrant B-II (Planum I, Nr. B-II-4, -5 und -9) geborgen werden. Viele der Fische konnten nur als Bruchstücke als Belege mitgenommen werden, einige wenige noch unpräparierte Funde sind aber wunderbare zukünftige Exponate.

Beschreibung: In Hasbergen finden sich unterschiedlich alte Exemplare zwischen 5 bis 35 cm Länge (Altersstadien Abb. 10-11, 21-22). Verschiedene Erhaltungen von stark dorsal oder sigmoidal eingekrümmten Todesstarreerhaltungen bis bereits teilzerfallenen Fischen (nur Kopf, Rumpf oder Schwanzflosse bzw. mittleres Schuppenkleid erhalten) sind dokumentiert. Auch bereits am Meeresboden abgelagerte Fische zeigen oft Verdriftungen einzelner Knochenelemente oder Schuppen. In diesem Jahr gelang ein Fund eines hervorragend erhaltenen und seitlich eingebetteten großen Exemplars (Abb. 10).

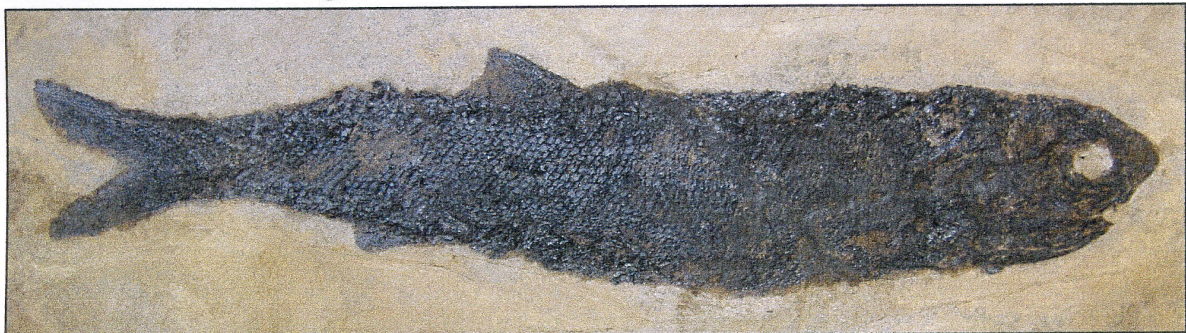


Abb. 10. Der Kupferschieferhering *Palaeoniscum freieslebeni* Blainville, lateral eingebetteter Fisch mit gut erhaltenem Schädel (Planum I, Nr. B-I-10) (Foto PALEOLOGIC).



Abb. 11. *Palaeoniscum freieslebeni* Blainville, lateral eingebetteter Jungfisch in Leichenstarreerhaltung - „Rollmops“ (außerhalb Planum VI, Nr. 2005-0-5) (Foto PALEOLOGIC).

***Pygopterus humboldti* Agassiz**

Material: Ein nahezu vollständiges Skelett aus dem Planum VI ist ein erster Nachweis dieses Raubfisches in Hasbergen. Da der Schädel durch einen Störungsbereich stark beschädigt ist wurde auf eine aufwendige Präparation verzichtet. Ein weiteres vollständiges Exemplar in dorsaler Einbettung stammt aus dem Planum VI (außerhalb des Planum VI), ein weiterer wurde

im Planum I (Nr. B-I-4) auf der zweiten „Fischplatte“ zusammen mit drei *Palaeoniscum*, Nr. B-IV-1, (Abb. 12) gefunden.

Beschreibung: Der sehr stark eingekrümmte Fisch ist dorsolateral eingebettet, daher erscheint der dorsal flachgedrückte Schädel sehr breit triangular wobei die Dorsalfinne im Körperzentrum erkennbar ist, ausserdem die rechte Brustflosse breit aufgefächert feiliegt. Der hintere Teil der Schwanzflosse ist lateral eingebettet. Am Schädel ist der linke Unterkieferast leicht verdriftet. Die Caudalflosse ist sehr stark heterozoeerk gegliedert, mit dem deutlich längeren dorsalen Anteil. Die Größe des Fisches von 45 cm Länge deutet auf ein ausgewachsenes Tier. Der Fisch aus dem Planum VI ist in lateraler Einbettung und relativ stark dorsal eingekrümmt. Typisch ist die stark heterozoeerke Caudalflosse zu erkennen, auch die kleinen typischen und skulptierten Schuppen.



Abb. 12. Nahezu vollständiger ausgewachsener, 65 cm langer *Pygopterus humboldti* Agassiz (Planum VI, Nr. B4-4, Hälfte auf der „Fischplatte“ zusammen mit *Palaeoniscum*) (Foto PALEOLOGIC).

***Acentrophorus glaphyrus* (Agassiz)**

Material: Zwei nahezu vollständige Exemplare wurden im Planum II gefunden (Abb. 22).

Beschreibung: Diese kleinen, nur maximal 6 cm langen Fische sind leider durch die Grabungen beschädigt und wurden daher nicht präpariert oder abgebildet.

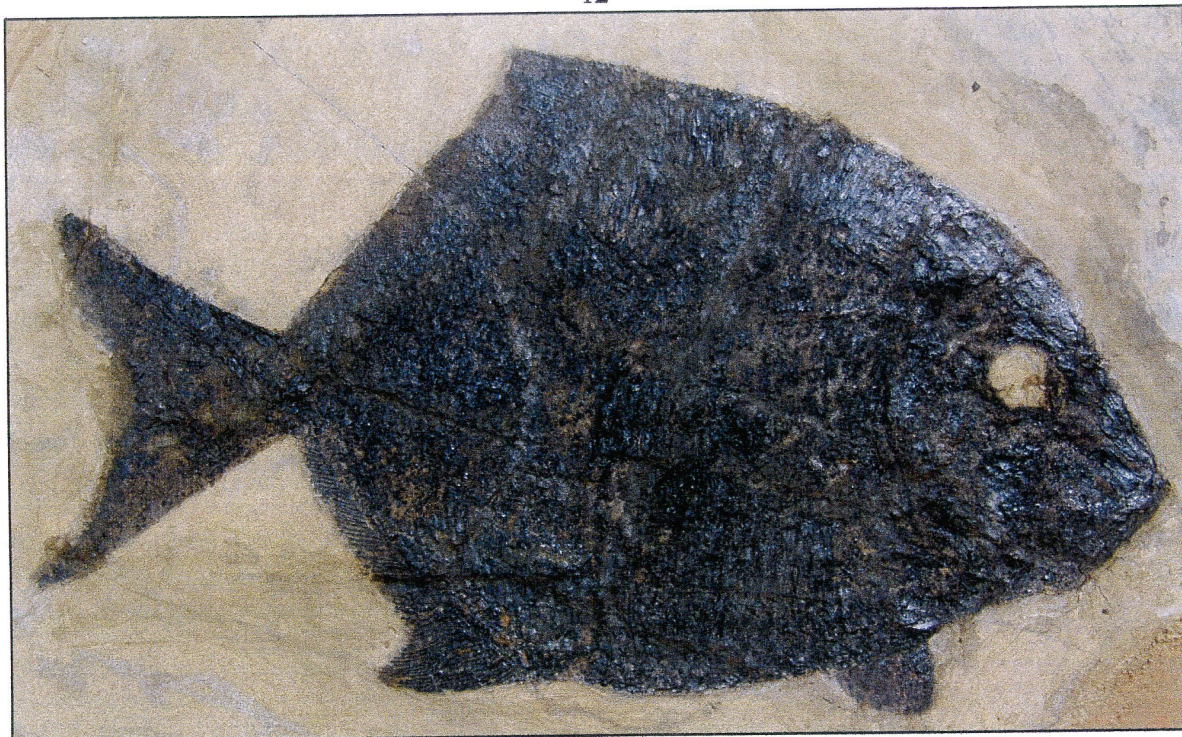


Abb. 13. Nahezu vollständig ausgewachsener, 35 cm langer *Platysomus striatus* Agassiz (ausserhalb des Planum VI, Nr. 2005-0-1) (Foto PALEOLOGIC).

***Platysomus striatus* Agassiz**

Material: Sechs juvenile Exemplare aus allen Plana (vgl. Abb. 18-23) liegen vor. Ein sehr gut erhaltenes adultes Tier, einer der besten Funde der diesjährigen Grabungen (Abb. 13), wurde ausserhalb der Dokumentationsfläche des Planums I geborgen.

Beschreibung: Die Fische sind von 8 cm bis 25 cm in unterschiedlichen Altersstadien belegt, wobei teilweise Knochenelemente aus dem Schädelbereich verdriftet sind. Nur zwei Funde waren Präparationswürdig, ein Jungtier aus dem Planum I (Nr. B-I-10, vgl. Abb. 2C) und der Fund des bisher größten Exemplars (Abb. 13).



Abb. 14. Ausgewachsenes, aber auseinandergeschwemmtes Exemplar von *Eurysomus macrurus* (Agassiz) (ausserhalb des Planum II, Nr. 2005-0-3). Deutlich sichtbar sind die Kugelzähne (Foto PALEOLOGIC).

***Dorypterus hoffmanni* Germar**

Material: Ein wunderbar erhaltenes und exponatwürdiges männliches Exemplar liegt aus dem Planum V, Nr. B-II-3 vor (Abb. 15, Abb. 19), ein weiterer Rest stammt aus dem Bereich ausserhalb der Plana.

Beschreibung: Die sehr hohe Rückenflosse des männlichen Tieres ist hervorragend und komplett erhalten, ebenso noch der vordere Körperbereich jedoch nicht das posteriore Skelett.

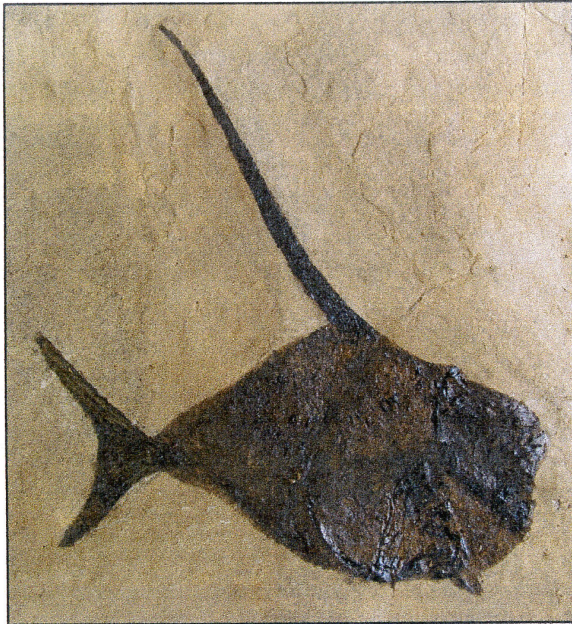


Abb. 15. Unvollständiges ausgewachsenes männliches Exemplar von *Dorypterus hoffmanni* Gernar (Planum V, Nr. B2-3), teilweise ergänzt (Foto PALEOLOGIC).

***Euryosomus macrurus* (Agassiz)**

Material: Zwei Reste, die ggf. zu einem Individuum gehörten, das auseinandergedriftet wurde. Ein Schuppenkleid des mittleren Körperabschnittes fand sich auf Planum II (Nr. C-II-9, Abb. 22).

Beschreibung: Die Fische sind nur mit adulten Tieren bisher belegt und eindeutig an dem Kugelzahngebiß von *Platysomus* zu trennen, die beide äußerlich auf den ersten Blick ähnlich aussehen. Teile des Kiefers aus dem auseinandergeschwemmten Fischskelettes wurden präpariert, sodaß die Kugelzähne sichtbar wurden (Abb. 14).

***Coelacanthus granulatus* Agassiz**

Material: Es liegen mehrere isolierte Schuppen aus allen Plana vor (vgl. Abb. 18-23). Ein nicht präpariertes Exemplar eines ausgewachsenen Individuums wurde am Rande und gerade noch mit einem verdrifteten Schuppenkleidrest in das Planum I hineinreichenden Skelettes gefunden (Schuppenkleid: Nr. C-III-3, Schädelreste: Nr. C-II-3, Quasten und andere Reste: ausserhalb des Planums, Abb. 23), auch fand sich in diesem Planum (Nr. C-I-1) ein Jungtier (Abb 16).

Beschreibung: Das auseinandergeschwemmte nicht präparierte Exemplar eines ausgewachsenen Individuums besteht aus Schädelresten, ein zusammenhängenden Schuppenkleid und der Quaste, ggf. auch anderen noch nicht sichtbaren Knochen. Spektakulär ist der Fund eines Jungtieres in Dorsolateraleinbettung (Abb. 17), der sicherlich aufregendste Fund der Gabungskampagne 2005. Der Schädel ist dorsal eingebettet, gut sichtbar die Rückenflosse erhalten, ebenso die hintere lateral eingebettete Rückenflosse. Auf der Bauchseite ist nur noch die vorderste der drei Flossen vorhanden. Auch ist nur ein Teil der Neuralbögen erhalten. Der ventrale Teil der Quaste ist umgeknickt und überlappt daher den oberen Flossenanteil. Möglicherweise finden sich die anderen Knochenelemente auf der noch unpräparierten Gegenplatte.

3.2.3 Plantae

Beschreibungen der Kupferschieferflora finden sich z.B. in Weigelt (1928), Mädler (1957), Schaumberg (1963, 1977c), Mägdefrau (1968) oder Haubold & Schaumberg (1985) wobei die Problematik einer genauen Artzuweisung in den fehlenden Kutikulenstrukturen zu sehen ist. Die „Schattenzweige“, also inkohlte Koniferenzweige, lasen sich anhand der Beblätterung und Anordnung trennen. Zahlreiche botanische Reste aus den Kupferschiefen von Hasbergen sind teilweise durch die Schichtverwitterung schlecht erhaltenen geblieben. Einige Stücke sind sehr kontrastreich mit schwarzen inkohlten Resten auf hellgrauen Schieferplatten als zukünftige Exponate anzusehen (Abb. 5-6).



Abb. 16. *Coelacanthus granulatus* Agassiz, unvollständiges Jungtier („Klein Hannes“) in Laterodorsaleinbettung (Planum I, Nr. C-I-1, Abb. 23) (Foto PALEOLOGIC).

Koniferenresten sind besonders an den Ästen, aber auch an Treibhölzern und seltenen Zapfen mit den Arten *Ullmania frumentaria* (Schlotheim) (Zweig Abb. 5) und *Pseudovoltzia liebeana* (Geinitz) (Zweige Abb. 6), sowie seltenen *Quadrocladus solmsii* (Gothan & Nagelhard) bestimmbar. Auch kleine tropfenförmige Koniferen-Samen sind gefunden, aber aufgrund der geringen Größe nicht in die Plana eingetragen worden.

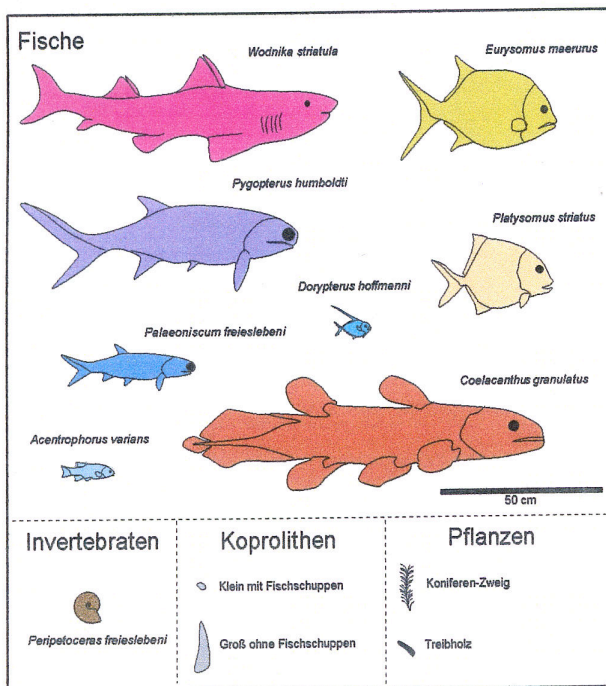


Abb. 17. Befundplanlegende zu den Plana I-VI (Abb. 19-23) der nachgewiesenen Fische, Invertebraten, Koprolithen und Pflanzenreste aus den Kupferschiefern von Hasbergen (NW-Deutschland).

3.2.4 Koprolithen

Eine detaillierte Untersuchung der Koprolithen des Kupferschiefers liegt noch nicht vor. Am Material von Hasbergen können zwei verschiedene Koprolithengruppen unterschieden werden. Der kleinere Typ ist nur bis zu 3 cm groß, in der Regel stark flachgedrückt und beinhaltet Fischschuppen. Er muss daher von Raubfischen und weniger von Haien stammen. Haie haben

meist spindelförmige Koprolithen. Der auffälligere große Koprolithentyp wird bis zu 15 cm lang und zeigt keine Fischreste. Diese Form variiert von zweiseitig abgerundet bis einseitig abgerundet und länglich topfenförmig spitz zulaufend. Solche langen Koprolithen mit Einschnürungen werden Crossopterygiem zugeordnet (Müller 1985) und könnten daher von *Coelacanthus granulatus* produziert worden sein. Nach Haubold & Schaumberg (1985), sollen sie jedoch vom Raubfisch *Pygopterus* stammen, wobei es hierfür aber keinerlei Beweise gibt, im Gegenteil, *Pygopterus* als Fisch-Räuber muss schuppenhaltige Koprolithen produziert haben.

3.3 Taphonomie

Auf einer Grabungsfläche von 12 qm wurden alle Funde qualitativ bestimmt, in Befundplänen dokumentiert und quantitativ, sowie taphonomisch ausgewertet. Eine Dokumentation jeder einzelnen millimeterdünnen Schicht war grabungstechnisch nicht möglich. Innerhalb des Kupferschiefer-Paketes konnten die Funde eines Schichtpaketes von jeweils fünf cm Mächtigkeit auf einem Planum zusammengefasst dargestellt werden. Die fünf übereinanderliegenden Plana zeigen Differenzen sowohl in der Faunen- und Florenzusammensetzung, als auch in der Taphonomie, wobei besonders das Planum I und II mit der Fundichte hervortreten.

Planum VI

In den obersten fünf cm der Kupferschiefer (30-25 cm) wurden 23 Fossilien ergraben (Abb. 18). Diese verteilen sich auf vier Fische und zwei *Coelacanthus*-Schuppen, sechs Koprolithen, zwei Nautiliden, und fünf kleine Treibhölzer sowie vier kurzen Koniferenzweigen. Zwei unterschiedlich große Exemplare und ein Schuppenkleidrest des häufigen *Palaeoniscum freieslebeni* wurden dokumentiert. *Pygopterus humboldti* wurde mit einem ausgewachsenen Exemplar in dorsaler Krümmung und Lateraleinbettung aufgefunden. Die Einstreuungsrichtungen sind Abb. 24 zu entnehmen.

Planum V

In den oberen 25-20 cm des Kupferschiefers der sechs qm sind 40 Fossilien ergraben worden (Abb. 19). Von Bedeutung ist ein Skelett von *Dorypterus hoffmanni* (Nr. B-II-3, vgl. Abb. 15). *Palaeoniscum freieslebeni* ist mit einem Schuppenkleidrest und einem jungen Tier (Nr. A-IV-6) vorhanden. Eine isolierte Schuppe belegt den Quastenflosser *Coelacanthus granulatus*. Ein Nautilide *Peripetoceras freieslebeni* und neun Koprolithen sind weitere tierische Reste. An Pflanzen fanden sich unter 11 Holzresten ein größeres gegebeltetes Stück, und 15 Koniferenästchen (Koniferenzweig von *Ullmannia frumentaria*, Nr. A-I-2, vgl. Abb. 4).

Planum IV

Im Bereich zwischen 20-15 cm konnten auf den sechs Quadratmetern 42 Funde dokumentiert werden (Abb. 20). Von vier jüngeren *Palaeoniscum freieslebeni* sind drei dorsolateral eingebettet (Nr. A-IV-1, C-I-1, C-II-2). Der Nautilide *Peripetoceras* ist mit einem Exemplar senkrecht eingeeben sehr junger *Platysomus striatus* ist neben einer *Coelacanthus*-Schuppe vorhanden. Fünf *Peripetoceras* wurden neben 18 Koprolithen ergraben. An Florenresten ist das größere Treibholzstück zu nennen (Nr. A-III-1), dass eine Aufbeulung im Kupferschiefer verursachte (vgl. Abb. 2D-E). Möglicherweise handelt es sich um ein verkohltes Holzstück. Weiterhin wurden neun Koniferen-Astfragmente dokumentiert.

Planum III

In einer Höhe von 15-10 cm steigerte sich schlagartig die Fundichte wobei 104 Fossilien auf der dokumentierten Fläche nachgewiesen wurden (Abb. 21). Die acht *Palaeoniscum freieslebeni* Fische sind allesamt Jungtiere und verschieden erhalten. Ein Schuppenhaufen (B-II-5) könnte zum Raubfisch *Acrolepis* gehören, der damit auch erstmals im Kupferschiefer von Hasbergen nachgewiesen wäre. Dieses müssen aber noch genauere Studien bestätigen. *Coelacanthus* ist wieder durch Schuppen (drei Stück) belegt. Bei den extrem häufigen 38 Koprolithen handelt es sich vorwiegend um die „Schuppen-Koprolithen“ von Raubfischen. Nautiliden sind nur mit einem Exemplar belegt. Neu kleinere Treibhölzer traten neben 15 Koniferen-Astresten auf. Auch hier scheint, aufgrund der Struktur, wieder ein verkohlter Holzrest (A-I-11) vorzuliegen.

Planum II

Zwischen 10 und 5 cm Schichthöhe ließen sich 150 Fossilien dokumentieren (Abb. 22). Zwei *Platysomus striatus*, ein Schuppenkleidrest und ein Jungtier konnten nur bruchstückhaft geborgen werden. *Palaeoniscum freieslebeni* wurde mit 23 unterschiedlich großen und in einigen

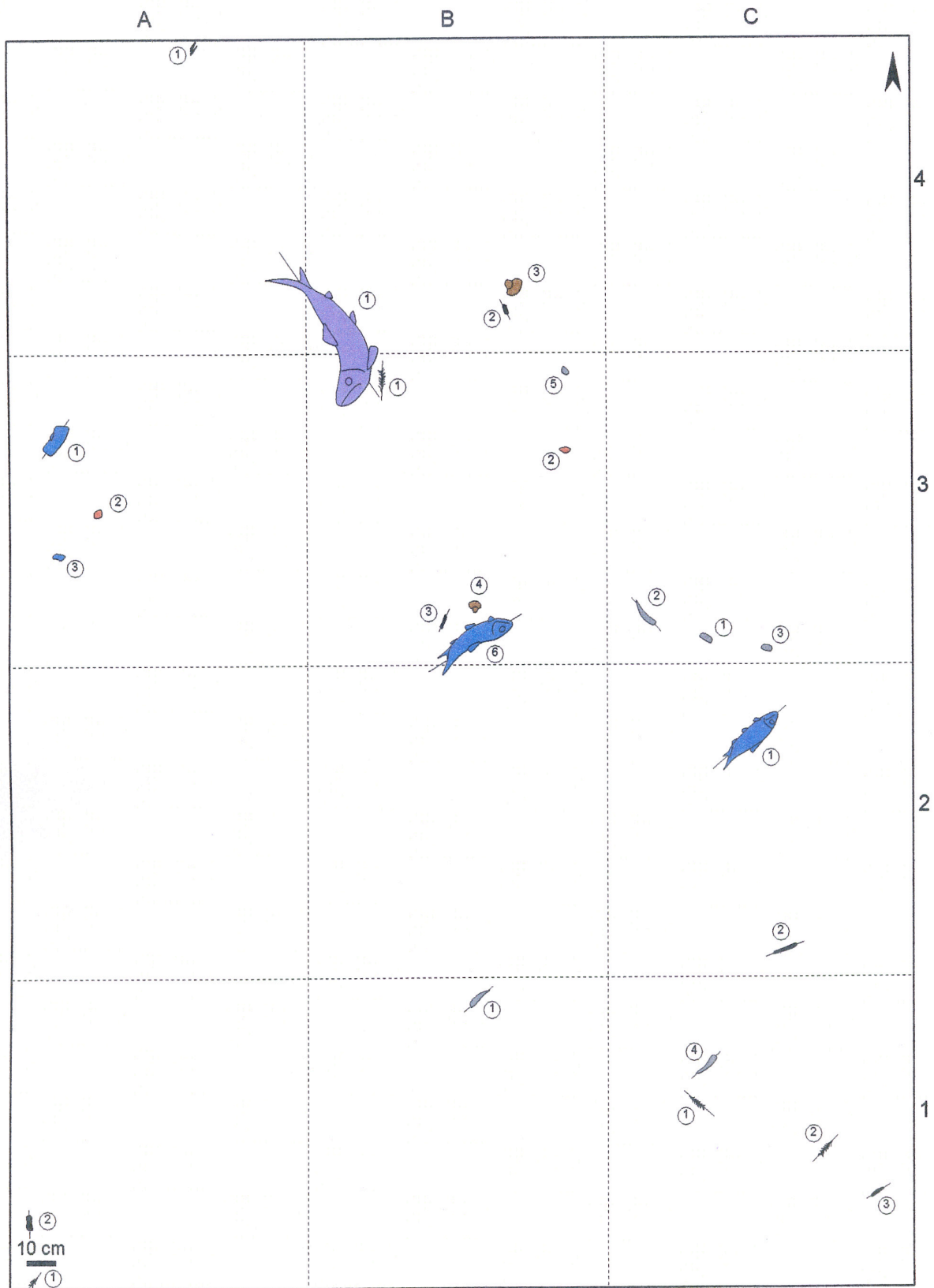


Abb. 18. Befundplan des Planums VI mit 23 Funden. Hervorzuheben ist ein *Pygopterus humboldti* (Nr. B1-1). *Palaeoniscum freieslebeni* ist mit zwei mittelalten Tieren (Nr. B2-6, C2-1) sowohl in Leichenstarrenerhaltung (dorsal gekrümmt), als auch mit elongiert eingebetteten Skeletten sowie Schuppenkleidresten (A2-1 und 3) vorhanden. Zwei isolierte *Coelacanthus*-Schuppen belegen die Quastenflosser. An Invertebraten sind zwei Nautiliden ausgegraben worden. Fünf Treibholzreste und vier Koniferenäste vertreten die botanischen Funde. Schließlich fanden sich sechs Koprolithen (Grafik PALEOLOGIC).

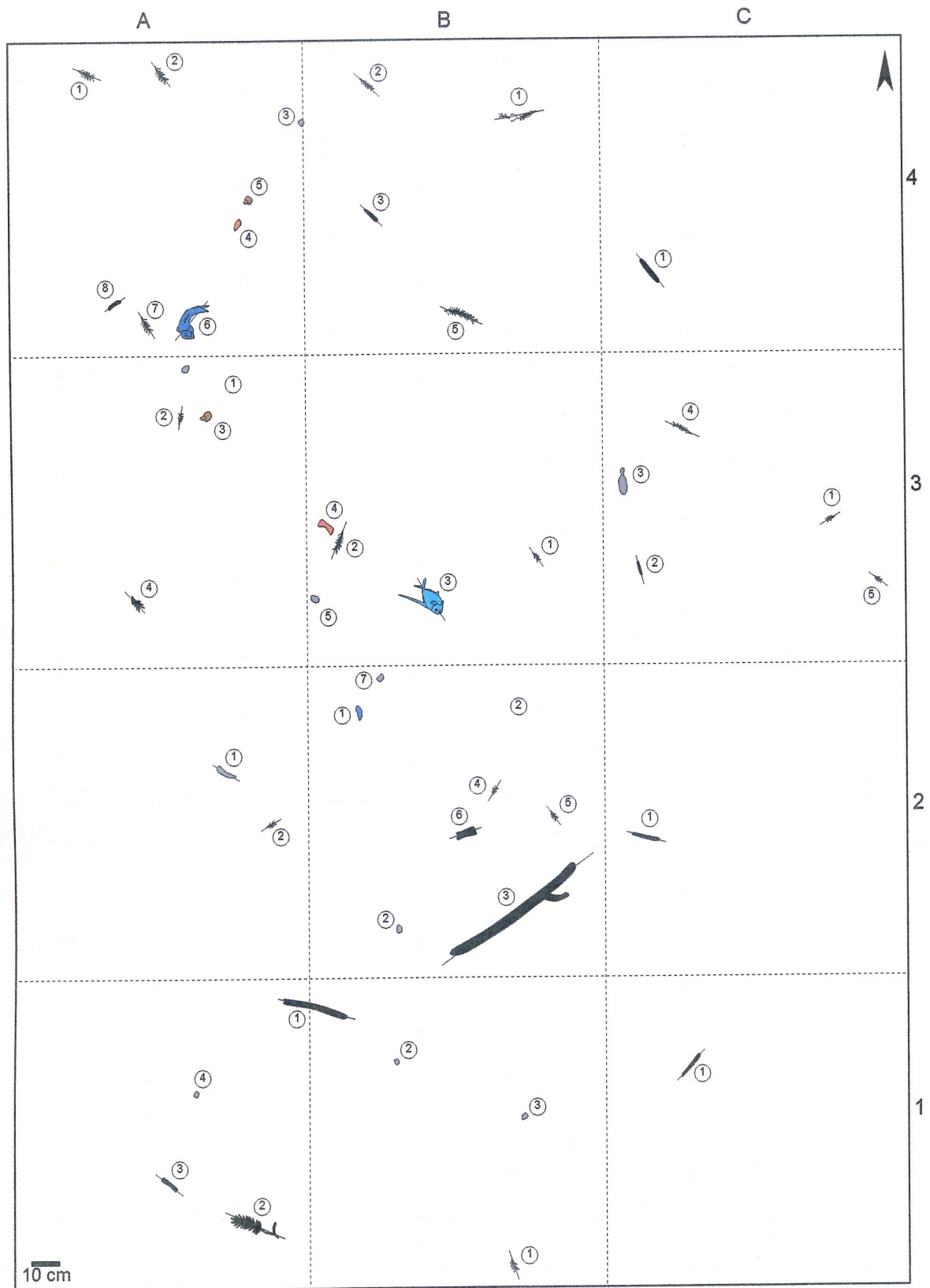


Abb. 19. Befundplan des Planums V mit 40 Funden. Ein Skelett von *Dorypterus hoffmanni* (Nr. B-III-3) ist neben einem Schuppenkleidrest und einem jungen *Palaeoniscum freieslebeni* (Nr. A-IV-6) vorhanden. Eine isolierte *Coelacanthus*-Schuppe belegt den Quastenflosser. Ein Nautilide, neun Koprolithen sowie 11 Holzreste, u.a. ein größeres gegebeltetes Stück, und 15 Koniferenästchen wurden ergraben. Abgebildet wurde der *Dorypterus hoffmanni* Gernar (Nr. B-II-3, vgl. Abb. 15) und Koniferenzweige von *Ullmannia frumentaria* (Nr. A-I-2, vgl. Abb. 4) (Grafik PALEOLOGIC).

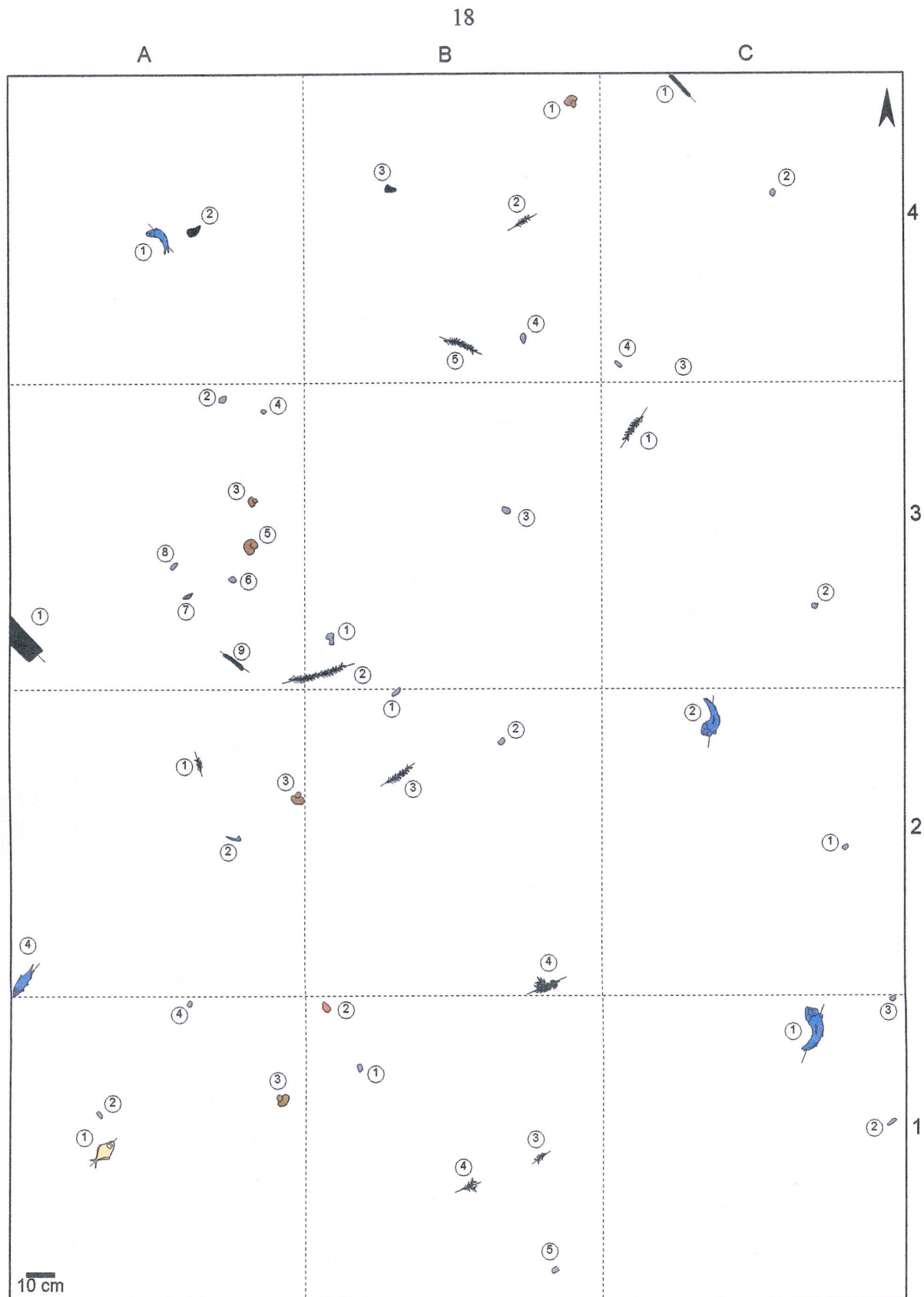


Abb. 20. Befundplan des Planums IV mit 42 Funden. Von vier jüngeren *Palaeoniscum freieslebeni* sind drei dorsolateral eingebettet (Nr. A-IV-1, C-I-1, C-II-2). Der Nautilide *Peripetoceras* ist mit einem Exemplar senkrecht eingeeben sehr junger *Platysomus striatus* ist neben einer *Coelacanthus*-Schuppe vorhanden. Fünf *Peripetoceras* wurden neben 18 Koprolithen ergraben. Von den Florenresten ist das größere Treibholzstück zu nennen (Nr. A-III-1), dass eine Aufbeulung im Kupferschiefer verursachte (vgl. Abb. 2D-E). Weiterhin wurden neun Koniferen-Astfragmente dokumentiert (Grafik PALEOLOGIC).

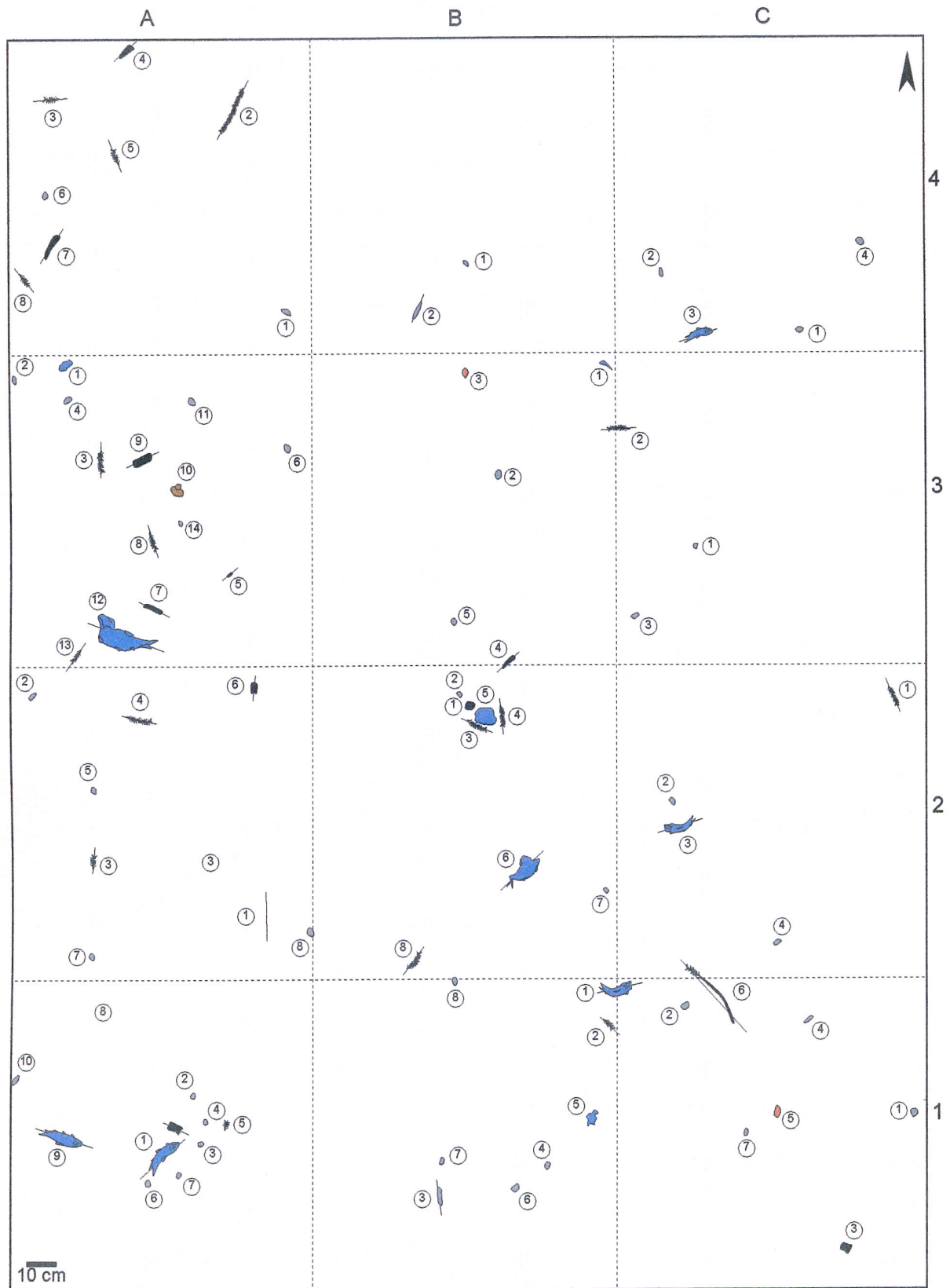


Abb. 21. Befundplan des Planums III mit 104 Funden. Acht *Palaeoniscum freieslebeni* sind allesamt Jungtiere und verschieden erhalten. Ein Schuppenhaufen (B-II-5) könnte zum Raubfisch *Acrolepis* gehören. *Coelacanthus* ist wieder durch Schuppen (drei Stück) belegt. Bei den extrem häufigen 38 Koprolithen handelt es sich vorwiegend um die „Schuppen-Koprolithen“ von Raubfischen. Nautiliden sind nur mit einem Exemplar belegt. Neu Treibhölzchen traten neben 15 Koniferen-Astresten auf. Auch hier scheint wieder ein verkohlter Holzrest (A-I-11) vorzuliegen (Grafik PAEOLÓGIC).



Abb. 22. Befundplan des Planums II mit 150 Funden. Zwei *Platysomus striatus*, ein Schuppenkleidrest und ein Jungtier sind neben 24 unterschiedlich großen und erhaltenen *Palaeoniscum freieslebeni* vorhanden. Typische starke dorsale Einkrümmungen zeigten die meisten Fische, die überwiegend Jungfische darstellen. Ein *Acentrophorus glaphyrus* (Agassiz) wurde im Quadrant B-II gefunden. Der einzige Haifund einer *Wodnika striatula* war im Quadrant A-III zu verzeichnen. Das Schuppenkleid von *Eurysomus macrurus* (Agassiz) wurde im Quadrant C-II geborgen. *Coelacanthus*-Schuppen liegen mit drei Funden vor. 48 meist kleine schuppenreiche Koprolithen waren neben 12 *Peripetoceras* belegbar. Ein Nautilide ist wahrscheinlich *Nautilus seebachianus* Geinitz (A-II-9). Die Pflanzenreste verteilen sich auf 18 Treibhölzer, 36 Koniferen-Aststücke und zwei Koniferen-Zapfen im Quadrant B-I (Nr. 6 und 15). Der besondere Fund im Quadrant A-I bis II war ein größeres Stammstück mit Astgabel. Auch hier scheint wieder ein verhohles Holz vorzuliegen. Wieder war entlang des Treibholzes eine längliche Aufbeulung im Kupferschiefer sehr augenfällig. Abgebildet wurde das größere Treibholz (Abb. 7) (Grafik PALEOLOGIC).

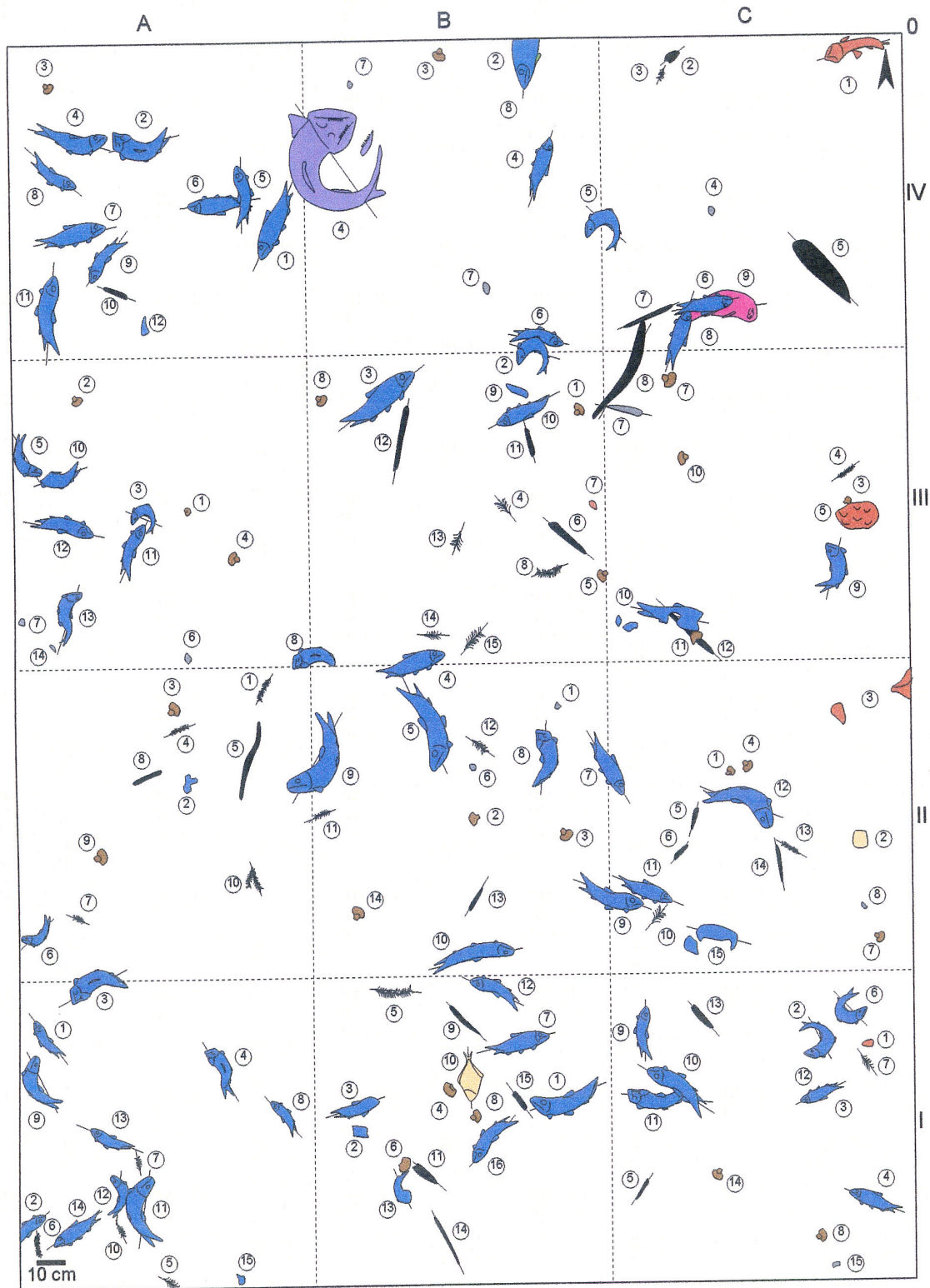


Abb. 23. Befundplan des Planums I mit 145 Funden. Auffällig ist die Dominanz der 61 Palaeonisciden, besonders ihre Größe. Diese zeigen, wie in allen Horizonten, unterschiedlich alte Tiere in verschiedenen Zerfallsstadien. Hier wurde eine mittelalte *Wodnika striatula* (Nr. C-IV-9), ein junger *Platysomus striatus* (Nr. B-I-10), ein adulter *Pygopterus humboldti* (Nr. B-IV-4), ein juveniler (Nr. C-IV-1) und ein auseinandergeschwemmter mittelgroßer *Coelacanthus granulatus* (Schuppenkleid: Nr. C-III-3, Schädelreste: Nr. C-II-3, Quasten und andere Reste: ausserhalb des Planums) gefunden. Einige Pflanzenreste wie 20 Treibhölzer und 21 Koniferen-Zweigreste sind neben häufigen Nautiliden (25 Stück) vertreten. Lediglich zehn Koprolithen sind auf der Fläche vorhanden. Mit Fotos abgebildet wurden die Funde *Coelacanthus granulatus* (Nr. C-IV-1, vgl. Abb. 16), *Pygopterus humboldti* (Nr. B-IV-4, vgl. Abb. 12) und *Palaeoniscum freieslebeni* (Nr. B-II-10, vgl. Abb. 10) (Grafik PALEOLOGIC).

Fällen kopf- und caudalflossenlosen Skeletten oder Schuppenkleidstücken gefunden. Typische starke dorsale Einkrümmungen zeigten die meisten Fische, die überwiegend Jungfische darstellen. Lediglich zwei scheinen ausgewachsene Exemplare zu sein. Zwei *Acentrophorus glaphyrus* (Agassiz) wurden in den Quadranten B-II und C-II gefunden. Der einzige Haifund einer *Wodnika striatula* war im Quadrant A-III zu verzeichnen. Das Schuppenkleid von *Eurysomus macrurus* (Agassiz) wurde im Quadrant C-II geborgen. Möglicherweise gehört es zu einem ausgewachsenen Fisch, dessen meisten Reste bestehend aus auseinandergeschwemmten Schuppenkleid-, Schädel- und Flossenresten (siehe Abb. 14) ausserhalb des Planums östlich des Quadranten C-II gefunden wurde. *Coelacanthus*-Schuppen liegen mit drei Funden vor. 48 Koprolithen, meist kleine schuppenreiche, waren vorhanden. Auffällig häufig waren auch in diesem Planum die Nautiliden *Peripetoceras* mit 22 Tieren, wobei einer dieser wahrscheinlich einen *Nautilus seebachianus* Geinitz darstellt (A-II-9). Die Pflanzenreste verteilten sich auf 18 Treibhölzer, 36 Koniferen-Aststücke und zwei Koniferen-Zapfen aus dem Quadrant B-I (Nr. 6 und 15). Der besondere Fund im Quadrant A-I bis II war ein größeres Stammstück mit Astgabel (Abb. 7). Auch hier scheint wieder ein verholhtes Holz vorzuliegen. Wieder war entlang des Treibholzes eine längliche Aufbeulung im Kupferschiefer sehr augenfällig.

Planum I

Im Planum I sind 145 Funde aufgetreten. In den unteren 5 cm direkt über den pflanzenreichen Kupferschiefermergeln wurde wieder, wie schon im letzten Jahr (vgl. Diedrich 2004) der fischreichste Bereich in den untersten Schichten lokalisiert (Abb. 23). Er befindet sich direkt unterhalb einer von großen Tongeröllen und selten Grabgängen durchzogenen Schicht und damit in der untersten Ablagerungssequenz. Hier wurden drei „Fischplatten“ mit jeweils zwei bis vier Fischen geborgen. Auffällig ist die Dominanz der 61 Palaeonisciden, besonders ihre Größe. Diese zeigen, wie in allen Horizonten, unterschiedlich alte Tiere in verschiedenen Zerfallsstadien. An besonderen Funden sind ein juveniler (Nr. C-IV-1, Abb. 16) und ein zurschwemmter *Coelacanthus granulosus* zu nennen. Letzterer wurde nur teilweise in die Fläche hineinragend dokumentiert. Die Quaste lag außerhalb der Aufzeichnungsfläche, Schuppenkleid und Schädelreste in den Quadranten C-II bis III (Schuppenkleid: Nr. C-III-3, Schädelreste: Nr. C-II-3, Quasten und andere Reste: ausserhalb des Planums). Im Planum I wurde eine mittelalte *Wodnika striatula* (Nr. C-IV-9), ein junger *Platysomus striatus* (Nr. B-I-10), ein *Pygopterus humboldti* (Nr. B-IV-4, Abb. 12). Einige Pflanzenreste wie 20 Treibhölzer und 21 Koniferen-Zweigreste sind neben 25 Nautiliden vertreten. Lediglich zehn Koprolithen sind auf der Fläche ausgegraben worden, davon nur ein schuppenloser länglicher Typ (Nr. C-III-7).

4. Diskussion

Das Zechstein-Profil der basalen Werra-Folge (unteres Zechstein 1, Ober-Perm) konnte bereits in der ersten Grabungskampagne im Osnabrücker Bergland sequenz- und eventstratigraphisch international angegliedert werden (vgl. Diedrich 2004).

An der Basis des Zechsteins findet sich im Hüggel ein schillreicher *Bakevillia*-Event als siltige schillreiche Dolomitbank (= "Mütterflöz") ausgebildet. Die Bivalven gehören zu den epifaunistischen Sedimentaufliegern und treten nahezu monofaunistisch und mit nur bis zu fünf mm kleinwüchsigen Arten zahlreich auf. Sie deuten auf ungünstige benthische flachmarine Bedingungen und Hypersalinität des transgredierenden Kupferschiefermeeres hin (= Transgressive Systems Tract).

Auf dieser Dolomitbank lagert zuerst der pflanzenreiche Kupferschiefermergel und darauf der nur 30 cm mächtige fossilreiche Kupferschiefer, der an anderen Stellen des Osnabrücker Berglandes bis zu 70 cm mächtig werden kann (vgl. Harms 1985). Nach einer zweiten größeren Prospektionsgrabung im angewitterten Kupferschiefer des Hügels kann wieder eine enorm hohe Funddichte an Fossilien festgestellt werden. Diese zeigt auf 12 qm mehrfach alle häufigeren Kupferschieferfossilien, aber auch eigentlich andernorts seltenere Funde wie Quastenflosser oder Haie. Die zahlreichen botanischen Reste und möglicherweise auch die hohe Funddichte an *Coelacanthiden* belegt eine Süßwasserzufuhr. Diese kann in subtropisch ariden Klimaten nur mit Stürmen und periodischem Eintrag von Süßwasser über Wadis erklärt werden. Innerhalb des Kupferschiefers (High Stand Systems Tract, Regressive Systems Tract) kann anhand der Sedimentologie, der Fischerhaltung und Faunen-, sowie Florenzusammen-setzungen insgesamt eine bathymetrische Verflachung

(mit drei internen Sequenzen) belegt werden, die im Kupferschiefermeer von "Europa" beckenweit stattgefunden haben muss. Innerhalb der Schiefer ändern sich die Faunen- und Florenvergesellschaftungen von einer *Pygopterus/Wodnika*-Tiefwasserfauna (erste Sequenz) über eine *Palaeoniscum/Acentrophorus*-Mitteltiefwasserfauna (zweite Sequenz) zu einer *Dorypterus*-Flachwasserfauna (dritte Sequenz).

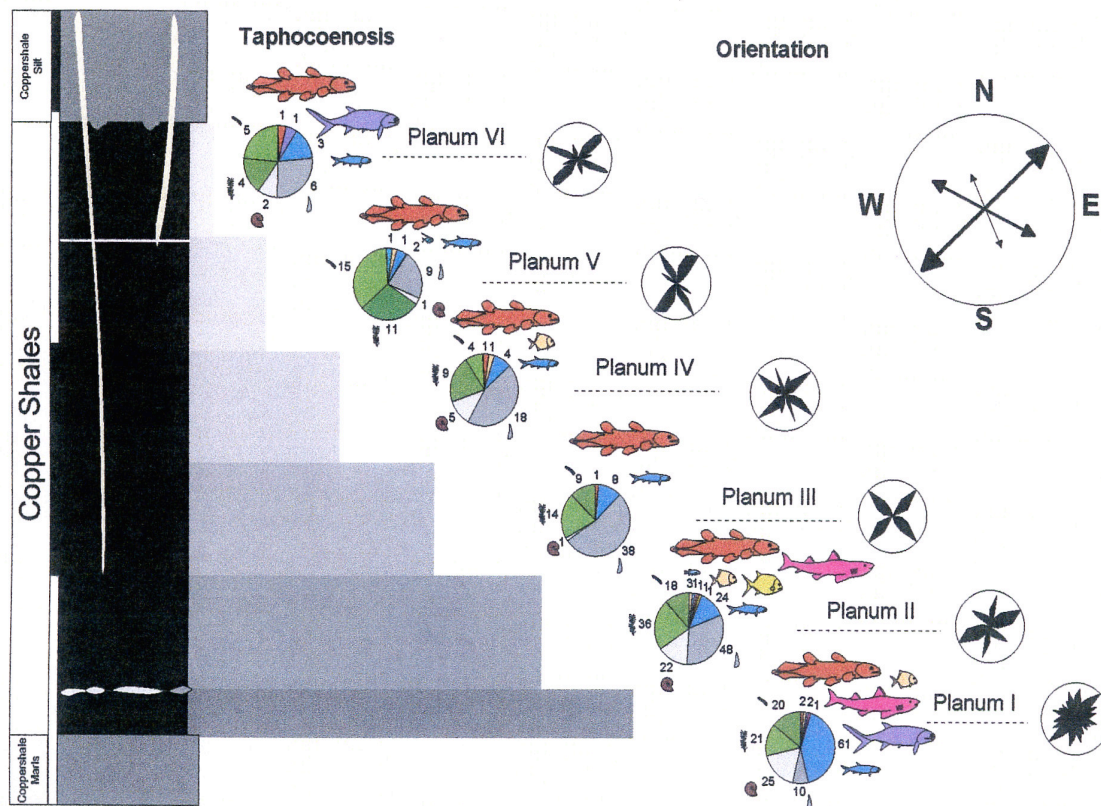


Abb. 24. Taphozönosen sowie Einsteuerung von Fischen und Pflanzen. In den Faunen- und Florentodesgemeinschaften zeichnen sich Veränderungen ab. An der Basis des Kupferschiefers befindet sich in der ersten sedimentären Ablagerungssequenz (Planum I) eine außergewöhnlich hohe Fischfunddichte und eine auffällige Dominanz von *Palaeoniscum* (blau). In der zweiten Sequenz (Planum II-V) sind zuerst häufig die Koprolithen und Nautiliden (hellgrau) und in den Plana II-IV die hohen Anteile (ca. 40-70%) an botanischen Resten (grünliche Farben) auffällig. Zwischen Planum II-VI treten Fische der oberen Wassersäule bzw. des flacheren Meeres, wie *Coelacanthus* (rotbraun), *Dorypterus* (hellblau) und *Acentrophorus* (mittelblau) auf. Zwischen Planum I-II fanden sich hingegen häufiger Fische der tieferen Meeresbereiche wie *Pygopterus* (violett) oder der Hai *Wodnika* (pink). Die Einsteuerungen von Fischen und botanischen Resten sind nahezu einheitlich. Insgesamt sind propellerartige Einsteuerungen zu beobachten. Diese belegen eine Längs- oder Quereinsteuerung der Objekte zur Strömungsrichtung. Die wechselhafte Einsteuerung im untersten Planum I belegt größere Wassertiefen, bei denen die Fischleichen durch den starken Einfluß der Oberflächenwasserströmungen in den meisten Fällen nicht mehr eingeregelt wurden.

Die Einregelmessungen besonders an Fischen, Koniferenzweigen und Treibhölzern aus dem Kupferschiefer zeigen in fast allen Befundebenen (Planum II-VI) einheitliche Einregelungen der Fische und Pflanzenreste mit einer Längs- und Quereinsteuerung. Die Haupteinsteuerungsrichtung ist NO-SW orientiert, auf der in einem Winkel von etwa 90° eine zweite Quereinsteuerung vorhanden ist. Mit eindeutigen Einregelungsanzeigern, wie einem Koniferenast und der Verfrachtungsrichtung auseinanderfallender Fische kann eine Hauptströmungsrichtung nach SW angenommen werden. Auffällig ist das massenhafte, meist uneingeregelter Auftreten des Kupferschieferherings *P. freieslebeni* in einer Schicht im untersten Bereich des Kupferschiefers (Planum I), dass damit anscheinend den tiefsten Meeresbereich oder besondere fazielle Bedingungen widerspiegelt. Das oberste Planum mit wenigen Quastenflossernresten und botanischen Resten hingegen weist auf die flachsten Meeresbedingungen zur Zeit des Kupferschiefers hin.

Aufgrund der Koniferendominanz kann ein arides Klima angenommen werden. Quastenflosser und die Pflanzenreste deuten auf ein landnahe Lage "Hasbergens" im Einflussbereich eines Wadis hin. Die Einsteuerungswerte korrespondieren mit angenommenen Windrichtungen des damaligen Nordpassats nach SW (vgl. auch Haubold & Schaumborg 1985).

Während im basalen Kupferschieferpaket oft vollständige Schmelzschupperfische in hoher Funddichte meist uneingeregelt zu finden sind (Abb. 23, 24), so werden Fische zum Top hin deutlich seltener (Abb. 18, 24). Der Quastenflosser *Coelacanthus granulosus* trat mit zwei Exemplaren und mehreren isolierten Schuppen in allen Plana, besonders in dem unteren Drittel (1-15 cm Höhe) auf. Der Selachier *Wodnika* hingegen fand sich ebenfalls mit zwei Tieren im unteren Drittel (1-10 cm Höhe). Ein weiterer Fund stammt aus derselben Höhe außerhalb des Planums. *Pygopterus* war in 30 cm Höhe und im untersten Horizont mit jeweils einem Exemplar angetroffen worden. Zwei *Acanthophorus* und ein *Dorypterus* wurden in der Mitte der Schwarzschiefer ausgegraben (Planum II-V, 1-25 cm Höhe).

Einstreuung: Die Einregelung langgestreckter Objekte wie Fische, Zweige oder Treibhölzer muss im Kupferschiefer für die jeweiligen Plana gesondert betrachtet werden, da es leichte Veränderungen der Einregelungsrichtungen innerhalb der Schwarzschiefer gibt (Abb. 24). An der Basis der Kupferschiefer (Planum I) sind die Objekte nahezu regellos orientiert, es zeichnet sich jedoch die im gesamten Kupferschiefer zu beobachtende NO-SW Haupteinstreuungsrichtung bereits ab. Ebenso die beiden anderen Einstreuungsrichtungen NW-SO und NNW-SSO bildeten sich mit leichten Peaks noch aus (Abb. 24). In den folgenden Schichten zeichnen sich die erwähnten Einstreuungsrichtungen wesentlich deutlicher ab. Betrachtet man alle Plana zusammengefasst, so ist die Haupteinstreuung von NO-SW deutlich zu erkennen. Nicht eindeutig ist, ob es sich hierbei um eine Längs- oder Quereinstreuung handelt. Im ersten Fall würde die bereits angenommenen Windrichtungen für eine SW-Drift der Oberflächenwässer sprechen. Diese bewirkten besonders im flacheren Wasser eine deutliche Einstreuung von länglichen Objekten, im tieferen Wasser wirkten sie sich nur bei tiefgreifenden Strömungen aus. Einige Fische und Pflanzenreste steuerten sich typischerweise quer dazu ein. Dies verursachte vermutlich die zweite ermittelte Einstreuungsrichtung NW-SO. Eine dritte, untergeordnete Richtung von NNW-SSO könnte mit Gezeitenströmungen zusammenhängen.

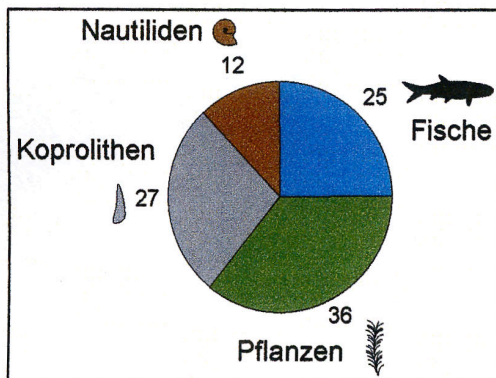


Abb. 26. Zusammensetzung der gesamten Fischfunde (Angaben in %) aus der sechs qm großen Flächengrabung und des gesamten Schwarzschiefers. Es dominiert *Palaeoniscum freieslebeni*. Andere Fische sind mit nur 1-4% am Fischmaterial vertreten. Der relativ hohe Anteil an Quastenflossern deutet auf eine stärkere Süßwasserzufuhr hin.

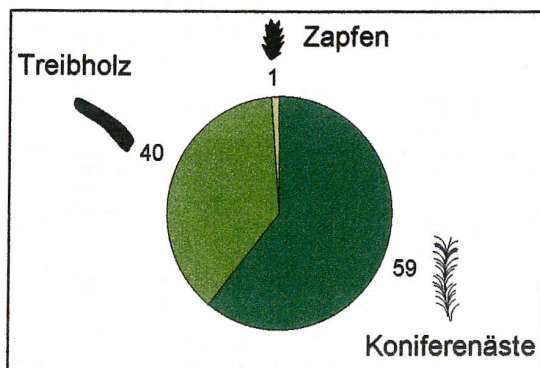


Abb. 25. Zusammensetzung der gesamten Funde (Angaben in %) aus der sechs qm großen Flächengrabung. Der hohe Anteil an Pflanzen und an Nautiliden ist typisch für eine damalige Küstennähe.

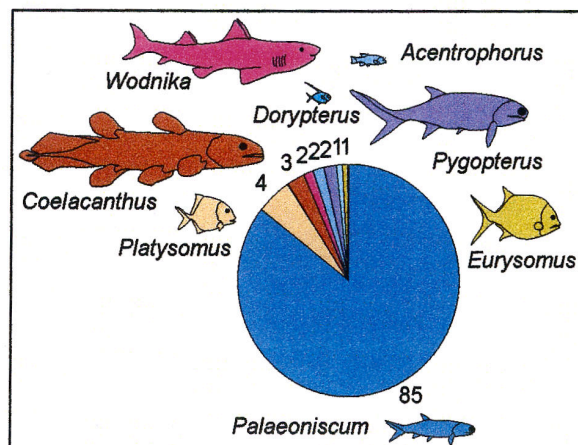


Abb. 27. Zusammensetzung der gesamten Pflanzenfunde (Angaben in %) aus der 6 qm großen Flächengrabung. Die Dominanz an Nadelhölzern, insbesondere Zweigen, deutet auf aride subtropische Klimate hin.

Fundanteile: Von den 473 Fossilfunden aus der 12 qm großen Flächengrabung entfallen 25% auf Fische (Abb. 25). Der enorm hohe Pflanzenanteil von 36% belegt eine insgesamt

sehr küstennahe bzw. wadinahe Position von Hasbergen zur gesamten Kupferschieferzeit, wobei im unteren Kupferschiefer (Planum I) deutlich weniger Pflanzenreste auftreten. Auffällig häufig (12%) sind auch die Nautiliden *Peripetoceras freieslebeni*, die aber ein Häufigkeitsmaximum im unteren mittleren Kupferschiefer-Paket (Planum I-III) von Hasbergen zeigen (Abb. 22, 23). Koprolithen sind die zweithäufigsten Funde (27%) im Hasberger Kupferschiefer. Diese geben jedoch keine weiteren Informationen zur Bathymetrie und können den ursprünglichen Erzeugern nicht genau zugeordnet werden.

Fischanteile: Insgesamt wurden 118 Fische auf 12 qm Fläche gefunden. 85% fallen auf den Kupferschieferhering *Palaeoniscus*, gefolgt von *Platysomus* (4%) und dem Quastenflosser *Coelacanthus* (3%) (Abb. 26). Andere Arten wie *Acentrophorus*, *Dorypterus* und der Hai *Wodnika* sind mit jeweils 2% an den Fischen beteiligt. *Pygopterus* und *Eurysomus* sind mit jeweils 1% an den Fischfunden beteiligt.

Nach Haubold & Schaumberg (1985) sollen im mitteldeutschen Raum die Kupferschieferheringe 95% an den gesamten Kupferschieferfunden ausmachen. Nach den ersten Grabungen am Hüggel konnte eine exakte Fundstatistik für Hasbergen einen Anteil von 83% ermitteln (Diedrich 2004), wobei in diesem Jahr geringfügige Abweichungen mit 85% vorliegen. Auch die Anteile der anderen Arten sind relativ identisch mit den Ergebnissen vom letzten Jahr (vgl. Diedrich 2004).

Da das früher beschriebene Material der Bergbauhalden durch Aufsammeln anthropogen selektiert wurde, können die Angaben von Haubold & Schaumberg (1985) keine objektive Faunenstatistik wiedergeben. Eine Statistik für beobachtete Unterschiede in Fischfaunen des Beckenzentrums und der Küstenzonen fehlt bisher. Eine einzelne zusammenfassende statistische Auswertung von Fischfaunen innerhalb des gesamten Schwarzschieferpaketes an einer kleinräumigen Fundstelle macht nach den Untersuchungen in Hasbergen ebenfalls Schwierigkeiten bezüglich einer beckenweiten Aussage, da der basale Bereich der Kupferschiefer von Hasbergen im tieferen Meeresbereich lag, als zu Zeiten der höheren Schichten. Damit wechseln die Fischfaunenanteile zumindest ein wenig innerhalb der Zeit und der Wassertiefe. Nimmt man in Hasbergen anhand der Fischfaunenzusammensetzung und der Erhaltung an, dass die Plana I-II den tieferen Beckenbereich darstellen (vgl. auch Diedrich 2004), so nimmt dort der Kupferschieferhering gemittelt an beiden Grabungen 84% der Fische ein. *Coelacanthus granulosus* ist immerhin der dritthäufigste Fisch in Hasbergen. Dieses Verhältnis ist auffällig hoch, wenn man den subjektiv betrachteten Angaben von Haubold & Schaumberg (1985) Glauben schenkt, dass sie nur 1% an den Kupferschieferfischen in Mitteldeutschland einnehmen sollen. Die Statistiken von Hasbergen zeigen ein sehr häufiges Auftreten von Quastenflossern, zusammen mit einer auffälligen relativen Häufigkeit des Haies *Wodnika*. Um weitere detailliertere Fisch-Statistiken und bathymetrische Faziesdifferenzierungen oder unterschiedliche Perioden der Süßwasserzufuhr innerhalb des Kupferschiefers über alle Fischarten rekonstruieren zu können, müssten weitere großflächige Grabungen erfolgen. Die hier vorliegenden Ergebnisse bestätigen den in 2004 ermittelten Trend, der dann weiter zu verifizieren wäre.

Florenanteile: Auf der Grabungsfläche von sechs qm dominierten Koniferenäste (Abb. 27) in den Kupferschiefen mit 59%, gefolgt von Treibhölzern (40%, teilweise oder meist Koniferen). Ein geborgener größerer und gegabelter Ast von ca. einem Meter Länge im Planum II (NNO-SSW eingesteuert) könnte einen verkohlten Holzrest darstellen, wie auch zwei andere Holzstücke. Weitere botanische Reste, wie Koniferenzapfen machen lediglich 1% der Florenfunde in Hasbergen aus.

Die dominierenden Anteile an Koniferen müssen taphonomisch betrachtet werden. Besonders Nadelgehölze und die stabilen Nadeln sind gegen Salzwasser sehr resistent und werden im Meeresbereich nur äußerst langsam zersetzt. Daher könnte eine Selektion von fragileren Blättern des Ginkgo oder Farnen sowie Schachtelhalmen ein falsches Bild der damaligen Botanik liefern.

Weiterhin stammen die Pflanzenreste höchstwahrscheinlich primär aus dem Hinterland (Rheinischen Masse) und weniger direkt aus der versalzene Küstenzone. Diese muss man sich aktuopaläontologisch eher wie die flachen Zonen des Persischen Golfes vorstellen, in denen keinerlei Bäume (heute bis auf Mangrovensümpfe, die es damals aber noch nicht

nicht gab) wachsen. Man muss davon ausgehen, dass bei subtropischen Stürmen Geäst und andere Florenstücke abgerissen und in Wadis zusammengespült in die Küstenzone des Kupferschiefermeeres verfrachtet wurden. Bei solchen Sturmereignissen konnten auch ganze Baumstämme an die Küsten verfrachtet werden, ebenso Landreptilien. Für Waldbrände sprechen mehrere, möglicherweise verkohlte Holzreste.

Danksagung

Für die Projektfinanzierung danke ich dem Sponsor, der Aktion Mensch, dem Projektträger Kultur- und Verkehrsverein Hasbergen e.V., hier besonders Herrn H.-U. Bardelmeier und Herrn W. Wessel und der Bildungswerkstatt Hügge, hier insbesondere Herrn T. Sautmann. Durch der Erlaubnis des Grundstücksbesitzers F. Plogmann war eine Grabung erst möglich geworden. Herr H. Schallenberg als Produktentwicklungsleiter der Fa. Quickmix setzte sich besonders durch die Bereitstellung von Materialien und die fachgerechte Bergung auf der Grabung und der nachbereitenden Präparation für das Projekt ein. Durch den Einsatz des Grabungstechnikers Herr J. Haunert konnte die Grabung vorbereitet und erfolgreich durchgeführt werden. H. Bigowski drehte Videofilme, die für eine zukünftige Präsentation der Fundstelle hilfreich sind. Allen Grabungshelfern danke ich schließlich für ihren vollen Einsatz.

Literatur

- Agassiz, L. (1833-1843): *Recherches sur les Poissons fossiles*. - 3 + 8, +390 + 32 S.; Neuchatel et Soleure.
- Aldinger, H. (1937): Permische Ganoidfische aus Grönland. - *Meddelelser om Groenland* (3) 102: 1-393; Kopenhagen.
- Bechtel A. & Puettmann, W. (1997): Palaeoceanography of the early Zechstein Sea during Kupferschiefer deposition in the Lower Rhine Basin (Germany): A reappraisal from stable isotope and organic geochemical investigations. - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 136: 331-358; Amsterdam.
- Brandt, S. (1997): Die Fossilien des Mansfelder und Sangerhäuser Kupferschiefers. - *Schriftenreihe des Mansfeld-Museums, Neue Folge*, 2: 1-68; Hettstedt.
- Diedrich, C. (2004). Grabungsbericht Kupferschiefergrabung Hsbergen 2004. - 32 S., Unveröff. Grabungsbericht, Hasbergen.
- Deutsche Stratigraphische Kommission (2002): Stratigraphische Tabelle von Deutschland. - Poster und Begleitheft, Druckerei Stein GmbH; Potsdam.
- Ernst, A. (2000): Permian Bryozoans of the NW-Tethys. - *Facies*, 43: 79-102; Erlangen.
- (2001): Bryozoa of the Upper Permian Zechstein Formation of Germany. - *Senckenbergiana Lethaea*, 81: 135-181; Frankfurt.
- Fichter, J. (2003): Katalog des publizierten Materials aus der paläontologischen Sammlung des Naturkundemuseums der Stadt Kassel. - *Philippia*, 7 (2): 129-157; Kassel.
- Füchtbauer, H. & Müller, G. (1970): *Sedimente und Sedimentgesteine*. - 726 S., Schweizbart'sche Verlagsbuchhandlung; Stuttgart.
- Geinitz, H.-B. (1848): *Die Versteinerungen des deutschen Zechsteingebirges*. - 26 S.; Dresden und Leipzig.
- Germar, E.F. (1824): *Die Versteinerungen des Mansfelder Kupferschiefers*. - 38 S.; Halle/Saale.
- Ginsburg R.N. & Hardie, A.H. (1975): Tidal and storm deposits northwestern Andros Island, Bahamas. - In: Ginsburg, R.N. (Hrsg.): *Tidal deposits: 202-208*, Springer-Verlag; Berlin - Heidelberg - New York.
- Grice, K., Schwark, L., Schaeffer, P., Eckardt, C.B. & Maxwell, J.R. (1995): Stable carbon isotopic compositions and distributions of biomarkers in the Permian Kupferschiefer. - In: Grimalt, J.O. & Dorronsoro, C. (Hrsg.): *Organic Geochemistry: Developments and Applications to Energy, Climate, Environment and Human History*, 61-64, A.I.G.O.A.; San Sebastian.
- Haack, W. (1935): Erläuterungen zu Blatt Hasbergen. - 84 S., Geologische Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern 1 : 25 000; Berlin.
- Harms, F.-J. (1985): Perm. - In: Klassen, H. (Hrsg.): *Geologie des Osnabrücker Berglandes*, 79-113, Rasch-Verlag, Bramsche.
- Harms, F.-J. (1995): Hügge. Geologischer Exkursionsführer. - 79 S., 2 Aufl., Rasch Druckerei und Verlag GmbH & Co.KG; Hasbergen.
- Harwood, G.M. & Smith, D.B. (1986): The English Zechstein and related topics. - *Geological Society Special Publication*, 22: 1-244; Oxford, London, Edinburgh, Boston, Palo Alto, Melbourne.

- Haubold, H. & Schaumberg, G. (1985): Die Fossilien des Kupferschiefers. - 223 S., Neue Brehm-Bücherei, Ziemsen-Verlag; Lutherstadt-Wittenberg.
- Hollingworth, N. & Pettigrew, T. (1988): Zechstein reef fossils and their palaeoecology. - Palaeontological Association field guides to fossils, 3: 1-75; London.
- Holzapfel, H.W. & Malzahn, E. (1984): Die Fischreste der küstennahen Sedimente des unteren Zechstein 1 Westdeutschlands. - *Geologica et Palaeontologica*, 18: 81-99; Marburg.
- Josten, K.-H., Köwing, K. & Rabitz, A. (1985): Oberkarbon. - In: Klassen, H. (Hrsg.): Geologie des Osnabrücker Berglandes, 7-78, Rasch-Verlag; Bramsche.
- Knaust, D. (1997): Die Karbonatrampe am SE-Rand des Persischen Golfes (Vereinigte Arabische Emirate) - rezent Analogon für den Unteren Muschelkalk der Germanischen Trias? - Greifswalder Geowissenschaftliche Beiträge, 5: 101-123; Greifswald.
- (1998): Trace fossils and ichnofabrics on the Lower Muschelkalk carbonate ramp (Triassic) of Germany: tool for high resolution sequence stratigraphy. - *Geologische Rundschau*, 87: 21-31; Stuttgart.
- Kulick, J. & Paul, J. (1987): Internationales Symposium Zechstein 1987. Exkursionsführer I und II. - 309 S.; Wiesbaden.
- Laatsch, W. (1931): Die Biostratonomie der Ganoidfische des Kupferschiefers. - *Palaeobiologica*, 4: 175-238; Wien und Leipzig.
- Long, J.A. (1995): The Rise of Fishes: 500 million years of evolution. - 223 S., Johns Hopkins University Press; Baltimore & London.
- Mädler, K. (1957): *Ullmania*-Blätter und andere Koniferenreste aus dem Zechstein der Bohrung Friedrich-Heinrich 57. - *Geologisches Jahrbuch*, 73: 75-90; Berlin.
- Mägdefrau, K. (1968): Die Nadelhölzer am Strande des mitteldeutschen Kupferschiefermeeres. - In: *Palaeobiologie der Pflanzen*, 227-241; Jena-Stuttgart.
- Malzahn, E. (1968): Über neue Funde von *Janassa bituminosa* (Schloth.) im niederrheinischen Zechstein. - *Geologisches Jahrbuch*, 85: 67-96; Hannover.
- Mc Kerrow, W.S. (1978): Palökologie. - 248 S., Franck'sche Verlagsbuchhandlung W. Keller & Co.; Stuttgart.
- Meyer, H. v. (1847-1855): Zur Fauna der Vorwelt. 2 Abt. Die Saurier des Muschelkalkes mit Rücksicht auf die Saurier aus Buntem Sandstein und Keuper. - VIII + 167 S.; Frankfurt a. Main.
- Müller, A.-H. (1985): Lehrbuch der Paläozoologie, Band III Vertebraten, Teil 1, Fische im weiteren Sinne und Amphibien. - 694 S., VEB Gustav Fischer Verlag; Jena.
- Munk, W. (1996): *Horridonia horrida* (Brachiopoda, Productacea) aus dem Zechstein (Ober-Perm, Tatarium) der "Korbacher Bucht". - *Geologisches Jahrbuch Hessen*, 123: 39-47; Wiesbaden.
- Reineck, H.-E. & Singh, I.B. (1973): Depositional Sedimentary Environments. - 439 S., Springer-Verlag; Berlin - Heidelberg - New York.
- Schaumberg, G. (1963): Der weibliche Zapfen von *Pseudovoltzia liebeana* und seine Bedeutung für die Phylogenie der Koniferen. - *Palaeontographica*, B, 113: 1-29; Stuttgart.
- (1977a): Der Richelsdorfer Kupferschiefer und seine Fossilien. II. Die tierischen Fossilien des Kupferschiefers. 1. Invertebraten. - *Aufschluss*, 28: 189-198; Heidelberg.
- (1977b): Der Richelsdorfer Kupferschiefer und seine Fossilien. II. Die tierischen Fossilien des Kupferschiefers. 1. Vertebraten. - *Aufschluss*, 28: 297-352; Heidelberg.
- (1977c): Der Richelsdorfer Kupferschiefer und seine Fossilien. IV. Die pflanzlichen Fossilien des Kupferschiefers, sonstige Lebensspuren, Aufrechnung der Fundhäufigkeit. - *Aufschluss*, 28: 427-442; Heidelberg.
- (1978): Neubeschreibung von *Coelacanthus granulatus* Agassiz (Actinistia, Pisces) aus dem Kupferschiefer von Richelsdorf (Perm, W.-Deutschland). - *Paläontologische Zeitschrift*, 52: 159-197; Stuttgart.
- (1979): Neue Nachweise von Bryozoen und Brachiopoden als Nahrung des permischen Holocephalen *Janassa bituminosa* (Schlotheim): Ein Beitrag zur Ökologie des Kupferschiefers. - *Philippia*, 4 (1): 3-11; Kassel.
- (1999): Ergänzungen zur Revision des Euselachiers *Wodnika striatula* Münster 1843 aus dem oberpermischen Kupferschiefer und Marl-Slate. - *Geologica et Palaeontologica*, 33: 203-217; Marburg.
- Schieber, J., Zimmerle, W. & Sethi, P. (1998): Shales and Mudstones. Volume 1. Basin Studies, Sedimentology and Paleontology. - 384 S., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung; Stuttgart.
- Schieber, J., Zimmerle, W. & Sethi, P. (1998): Shales and Mudstones. Volume 2. Petrography, Petrophysics, Geochemistry, and Economic Geology. - 296 S., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung; Stuttgart.
- Warren, J.K. (1989): Evaporite sedimentology. - 285 S., Prentice Hall Inc.; New Jersey.
- Weigelt, J. (1928): Die Pflanzenwelt des mitteldeutschen Kupferschiefers und ihre Einschaltung ins Sediment. - *Fortschritte der Geologie und Paläontologie*, 19 (6): 395-592; Berlin.
- Westoll, T.S. (1941): The Permian fishes *Dorypterus* and *Lekanichthys*. - *Proceedings of the Zoological Society London*, B, 111: 39-58; London.