

Geol. Paläont. Westf.	88	11-37	21 Abb. 1 Tab.	Münster Dezember 2016
--------------------------	-----------	-------	-------------------	--------------------------

Die paläontologische Grabung in der Rhät-Lias-Tongrube der Fa. Lücking bei Warburg-Bonenburg (Kr. Höxter) im Frühjahr 2015

P. Martin Sander¹, Tanja Wintrich¹, Achim H. Schwermann¹ und René Kindlimann²

Kurzfassung

Dieser Bericht gilt einer von der Universität Bonn vom 22. bis 30. Mai 2015 durchgeführten wissenschaftlichen paläontologischen Grabung in den Rhät-Bonebeds einer Tongrube in Ostwestfalen, der neuen Grube („Grube III“) der Fa. August Lücking GmbH & Co. KG in Bonenburg, Stadt Warburg, Kreis Höxter. Die Grabung wurde durch einen außerordentlich bedeutenden Plesiosaurierfund im Sommer 2013 angeregt, des einzigen Skelettes eines Plesiosauriers aus der Trias. Die neue Grube schließt ungewöhnlich mächtige Sedimente des Rhäts (oberer Keuper) auf, von dessen Basis bis an die Trias/Jura-Grenze. Der unter Teil des Rhäts (Contorta-Schichten) ist als ca. 11 m mächtige Abfolge grau-schwarzer Ton- und Siltsteine ausgebildet, ähnlich der englischen Westbury-Formation. In diesem Profilabschnitt finden sich drei Bonebeds in ähnlicher Ausbildung wie in Südwest-England, wobei das mittlere zwei fossilreiche Lagen umfasst (Bonebed 2a und 2b) und auch größere isolierte Knochen enthält. Bonebed 2 wurde auf einer Gesamtfläche von ca. 72 m² ausgegraben, dabei wurden ca. 300 makroskopisch sichtbare Wirbeltierreste geborgen, sowie ca. 850 kg Bonebedmaterial durch Schlämmen aufbereitet. Die Aufbereitung des Bonebeds zum Schlämmen erfolgte im Gelände mit Wasserstoffperoxid, zur vollständigen Entfernung von Tonpartikeln wurde das Konzentrat im Labor mit dem Tensid Rewoquat nochmals aufbereitet. Die Fauna enthält Chondrichthyes, Osteichthyes und Tetrapoden. Chondrichthyes sind durch die Zähne von *Grozonodon candau*, „*Hybodus*“ *cloacinus*, *Lissodus minimus*, *Parascylloides turnerae*, *Pseudocetorhinus pickfordi*, *Rhomphaiodon minor* und *Synechodus rhaeticus*, sowie durch drei Typen von Flossenstacheln vertreten (*Nemacanthus monilifer* und *Hybodontiformes* indet.). Osteichthyes sind als Makrofossilien durch ein Maxillare von *Severnichthys acuminatus* und mehrere Lungenfischzahnplatten (*Ceratodus latissimus*) vertreten, im Schlämmkonzentrat außerdem durch die Actinopterygier *Sargodon tomicus* und *Birgeria/Saurichthys*. Tetrapoden liefern ein erstaunlich disparates ökologisches Signal, von Resten Süßwasser bewohnender Temnospondylen bis zu Wirbeln der pelagischen Ichthyosaurier-Gattung *Shonisaurus*. Ebenfalls marin waren die durch mindestens drei Taxa in Form von Wirbeln und Zähnen belegten Plesiosaurier, sowie das hier häufigste Reptil, der vermutliche Choristodere *Pachystropheus rhaeticus*. Tetrapoden sind weiterhin durch einen Cynodontier-Zahn (*Lepagia gaumensis*) und das Kieferfragment eine Sphenodonten (cf. *Diphyodontosaurus*) aus dem Schlämmkonzentrat belegt. Die Bearbeitung der Funde steht erst am Anfang, aber der Fundreichtum und die wissenschaftliche Bedeutung des Materials legen eine jährliche Grabung in der neuen Grube Bonenburg nahe.

Anschriften der Verfasser:

¹ Steinmann-Institut für Geologie, Mineralogie und Paläontologie, Nußallee 8, 53115 Bonn, martin.sander@uni-bonn.de, tanja.wintrich@uni-bonn.de, achim.schwermann@uni-bonn.de

² Zürichstraße 58, CH-8607 Aathal-Seegräben, Schweiz, mad_design@gmx.ch

Abstract

Here we report on a paleontological excavation conducted by the University of Bonn from May 22 to May 30, 2015. The excavation took place in a Rhaetian bone bed exposed in the New Pit ("Pit III"), a clay pit operated by the August Lücking GmbH & Co. KG brick company in Bonenburg, City of Warburg, Kreis Höxter, North Rhine-Westphalia, Germany. The excavation was catalyzed by a particularly important find, that of the first Triassic plesiosaur skeleton, in the summer of 2013. The New Pit exposes an unusually thick and complete sequence of Rhaetian (Upper Keuper) sediments, from basis of the Rhaetian to the Triassic-Jurassic boundary. The lower part of the Rhaetian (Contorta Beds) is developed as a ca. 11 m-thick sequence of grey-black clay stone and silt stone, similar to the Westbury Formation in southwestern England. This sequence contains three superimposed bone beds similar to the classic bone beds of southwestern England. The middle bone bed actually consists of two closely spaced bone beds (Bone bed 2a und 2b) and contains isolated larger bones. We excavated a total area of 72 m² of this bone bed and recovered about 300 macroscopic vertebrate remains. In addition, we screen-washed 850 kg of bone bed matrix in the field, using hydrogen peroxide. However, to completely remove clay particles, we further processed the field concentrate in the lab using the industrial surfactant Rewoquat. The fauna contains Chondrichthyes, Osteichthyes, and Tetrapods. Chondrichthyes are represented by the teeth of *Grozonodon candau*, „*Hybodus cloacinus*“, *Lissodus minimus*, *Parascylloides turnerae*, *Pseudocetorhinus pickfordi*, *Rhomphaiodon minor* und *Synechodus rhaeticus* as well as by three types of fin spines (*Nemacanthus monilifer* and Hybodontiformes indet.). Osteichthyes are represented as macrofossils by a maxilla of *Severnichthys acuminatus* and several lungfish tooth plates assigned to *Ceratodus latissimus*. The screen washing concentrate also contained teeth of the actinopterygians *Sargodon tomicus* and *Birgeria* or *Saurichthys*. The tetrapods we recovered from the bone bed have a very divergent ecology, from the remains of temnospondyls inhabiting freshwater to vertebrae of the pelagic ichthyosaur genus *Shonisaurus*. Plesiosaurs are represented by vertebrae and teeth and pertain to at least three taxa, also documenting the marine habitat, as do the most frequent bones encountered, those of the presumable choristodere *Pachystropeus rhaeticus*. In the microfauna, tetrapods are represented by a cynodont tooth (*Lepagia gaudensis*) and the jaw fragment of a sphenodont (cf. *Diphyodontosaurus*). The description of the material is at an early stage, but the many finds and the scientific importance of the material suggest annual excavation campaigns in the New Pit of Bonenburg.

1. Einleitung

Im Mai 2015 wurde unter Leitung der Verfasser im Rhät einer Tongrube bei Bonenburg, Stadt Warburg, Kreis Höxter (Abb. 1), eine paläontologische Grabung durchgeführt. Das Ziel war, die Fauna der von dort neuerdings unter Sammlern bekannt gewordenen Bonebeds zu untersuchen. Die Grabung wurde durch den weltweit ersten Fund eines triassischen Plesiosaurierskelettes katalysiert (Wintrich et al., 2015). Im Jahr 2007 war bereits ein kopfloses Skelett eines unterjurassischen Plesiosauriers in Ostwestfalen bei Höxter gefunden worden, das 2011 unter dem Namen *Westphaliasaurus simonsensii* als neue Spezies beschrieben wurde (Schwermann & Sander, 2011). Über Herrn Dr. Detlef Grzegorzcyk vom LWL-Museum für Naturkunde in Münster bekam der Verfasser PMS im Frühjahr 2014, noch während seines Forschungssemesters in Los Angeles, Bilder des Plesiosaurier-Neufundes (Abb. 2). Dieser Fund, der im Sommer 2013 von dem Privatsammler Michael Mertens



Abb. 1: Geographische Lage von Bonenburg, Stadt Warburg, Kreis Höxter, in Ostwestfalen, NRW, Deutschland.



Abb. 2: Der im Jahr 2013 von Herrn Michael Mertens in den dunklen Rhät-Tonen der neuen Grube Bonenburg gemachte Skelettfund eines Plesiosauriers (LWL MfN P64047). Foto Georg Oleschinski, Uni Bonn.

aus Altenbeken-Schwaney gemacht worden war, stammte allerdings angeblich aus dem Rhät und nicht dem Unterjura, im Gegensatz zu *W. simonsensii*. Außerdem ist der Fund von Herrn Mertens vollständiger als das *Westphaliasaurus*-Exemplar, da z.B. Reste des Schädels erhalten sind. Diese Ausgangslage ließ uns nicht lange zögern, die angetragene Bearbeitung des Fundes zu übernehmen. Der Fund besteht aus einem teilkomplettierten Skelett, von dessen Anatomie nur Teile des Oberschädels und die distalen Extremitäten nicht repräsentiert sind (Wintrich et al., 2015). Außerdem war der posteriore Teil der Halswirbelsäule vor der Auffindung durch den Tonabbau zerstört worden (Wintrich et al., 2015). Da die Hangendseite des Skeletts präpariert wurde, während die Liegendseite noch in der Matrix eingebettet ist, sind nicht alle Teile der Anatomie sichtbar. Das Skelett ist in vielen Regionen durch Mikroverwerfungen gestört.

Neben der hohen Vollständigkeit war der Fund insbesondere durch sein rhätisches Alter von großer Bedeutung. Aus dem Rhät sind bisher nur isolierte und nicht diagnostische Wirbel von Plesiosauriern beschrieben worden (Übersicht in Storrs, 1993). Trotz der anfänglichen Skepsis von PMS, ob sich das rhätische Alter bestätigen lassen würde, ergab eine Begehung der sogenannten "neuen Grube" der Firma Lücking bei Bonenburg am 19. Juni 2014 einen eindeutigen Befund. Nicht nur bestätigten Sammler aus der Region, nämlich die Herren Karl-Josef Ortmann (Bonenburg), Michael Kaiser (Bad Salzuflen) und Dr. Rainer Ebel (Bünde), die stratigraphische Einordnung, sondern der Finder, Herr Mertens, zeigte Wirbeltierfossilien aus einem Bonebed im Hangenden der Skelett-Fundstelle, die eindeutig triassisches Alter haben. Konkret handelte es sich um Reste großer temnospondyler Amphibien, vermutlich aus der Gruppe der Capitosaurier (Abb. 3), die nur aus der Trias bekannt sind. Damit hat das Bonenburger Plesiosaurier-Skelett eindeutig Rhät-Alter (vgl. auch Simonsen, 2015).

Die von Herrn Mertens gesammelten Fossilien stammten aus mehr als einem Bonebed im rhätischen Teil des Profils und erwiesen sich bei einer näheren Begutachtung durch die Verfasser PMS und TW als sehr bedeutsam. Begründet durch diese Funde wurde eine Pilotgrabung konzipiert, die auf eine Dauer von zehn Tagen angelegt und auf den 22. bis 30. Mai 2015, also auf die vorlesungsfreie Zeit nach Pfingsten, terminiert wurde. Das LWL-Museum für Naturkunde finanzierte diese Grabung aus Mitteln des Denkmalförderprogramm des Landes NRW großzügig. Ziele der Grabung waren folgende Aspekte:

- Erfassung des geologischen Rahmes des Plesiosaurierskeletts und der Bonebeds.
- Bergung von makroskopisch erkennbaren Vertebratenfossilien, vor allem marinen Reptilien, aus den Bonebeds.
- Entwicklung von Methoden zur Bergung der Fossilien.
- Gewinnung von Vertebraten-Mikrofossilien, vor allem Chondrichthyes-Reste und Zähne früher Säuger, aus den Bonebeds durch Schlämmprozeduren.
- Entwicklung von Methoden zur Aufbereitung und Stabilisierung der Funde.
- Bewertung der Fundstelle als Standort für zukünftige Lehrgrabungen der Universität Bonn.
- Bewertung der Fundstelle als Fokus für ein interdisziplinäres Forschungsprojekt zu Rhät und Trias/Jura-Grenze.



Abb. 3: Repräsentatives Material aus der Sammlung Michael Mertens aus dem Bonebed 2, das ein großes Spektrum von Lebensräumen repräsentiert. Einen kontinentalen Eintrag stellt das Angulare eines Temnospondylen (**a**) dar, ein Bewohner des Süßwassers. Die großen Ichthyosaurier der Gattung *Shonisaurus*, belegt durch Wirbel (**b**) und Paddelknochen (**c**), müssen dagegen Bewohner des offenen Meeres gewesen sein. Küstennah scheint *Pachystropeus* gelebt zu haben, hier repräsentiert durch Wirbel (**d**). Foto PMS.

2. Abriss der Geologie der neuen Grube

Die neue Grube der Firma Lücking bei Bonenburg, auch als „Grube III“ in der Sammler-Literatur bezeichnet (Simonsen & Lücke, 2011), ist erst seit 2007 in Betrieb und schließt zwei grundsätzlich unterschiedliche Schichtglieder auf, die durch eine fast exakt NW-SO-streichende Verwerfung gegeneinander versetzt sind: das Rhät und das unterste Hettangium im Südwestteil und das mittlere Sinemurium im Nordostteil, (Abb. 4). Hier soll ein Abriss der Geologie der rhätischen Sedimente mit den Bonebeds und ihres geologischen Umfeldes gegeben werden, der vor allem auf Geländebegehungen der Verfasser in den Jahren 2014 und 2015 beruht und mit den Kollegen Prof. Dr. Paul E. Olsen (Columbia University, New York), PD Dr. M. Aberhan (Museum für Naturkunde, Berlin), Dr. Robert Bussert (TU Berlin) und Prof. Dr. J. Rust (Universität Bonn) vor Ort diskutiert wurde. Wenige Informationen konnten der Literatur entnommen werden (Simonsen, 2015). Ursprünglich war die neue Grube auf die Gewinnung der dunklen Sinemurium-Tonsteine angelegt, nachdem die entsprechenden Sedimente in der nördlich gelegenen Grube II (Abb. 4) erschöpft waren. Äußerlich sind die dunklen Tonsteine des Rhäts denen des Sinemuriums zunächst erstaunlich ähnlich (Abb. 5). Sie unterscheiden sich jedoch deutlich durch ihren Fossilgehalt.

Die lokale Tektonik im Raum Bonenburg wird durch die Heraushebung des Eggegebirges und die Lage am Rand der hessischen Senke bestimmt. So finden sich wenige hundert Meter NW der neuen Grube Ablagerungen des Röts und des unteren Muschelkalks (Abb. 4A), die sehr gut in der Grube I der Fa. Lücking aufgeschlossen sind (Niermeyer, 1996). Die tektonische Situation konnte im Aufschluss nicht abschließend geklärt werden, es zeigte sich jedoch deutlich, dass zumindest der Trias-Teil der Grube durch zahlreiche kleine Verwerfungen beeinflusst ist, welche Profilaufnahmen und die Grabungen erschweren (siehe unten). Die Schichten des Rhäts liegen in der Nähe der Hauptverwerfung nahezu horizontal, fallen aber bereits in einer Entfernung von wenigen Zehner Metern in westlicher Richtung konstant mit ca. 35° nach Westen ein (Abb. 5).

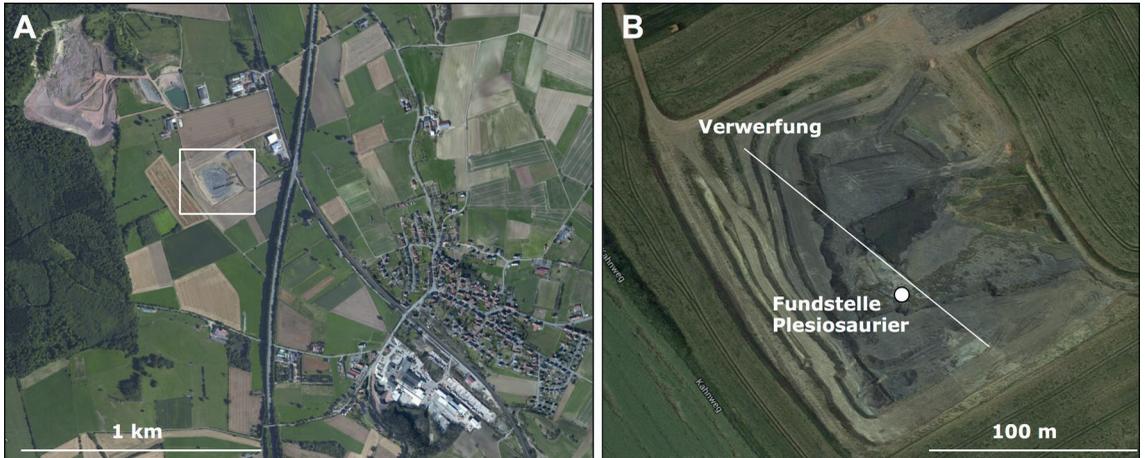


Abb. 4: **A** Satellitenbild des Dorfes Bonenburg und der Tongruben der Ziegelei August Lücking GmbH & Co. KG. Der weiße Kasten zeigt die Lage des Ausschnittes in B an. **B** Satellitenbild (Stand 2015) der neuen Grube („Grube III“) mit der Fundstelle des Plesiosaurierskelettes und der Lage der Verwerfung, die das Rhät im Südwesten gegen das Sinemurium im Nordosten versetzt hat. Satellitenbilder verändert nach Apple Maps v. 1.0.

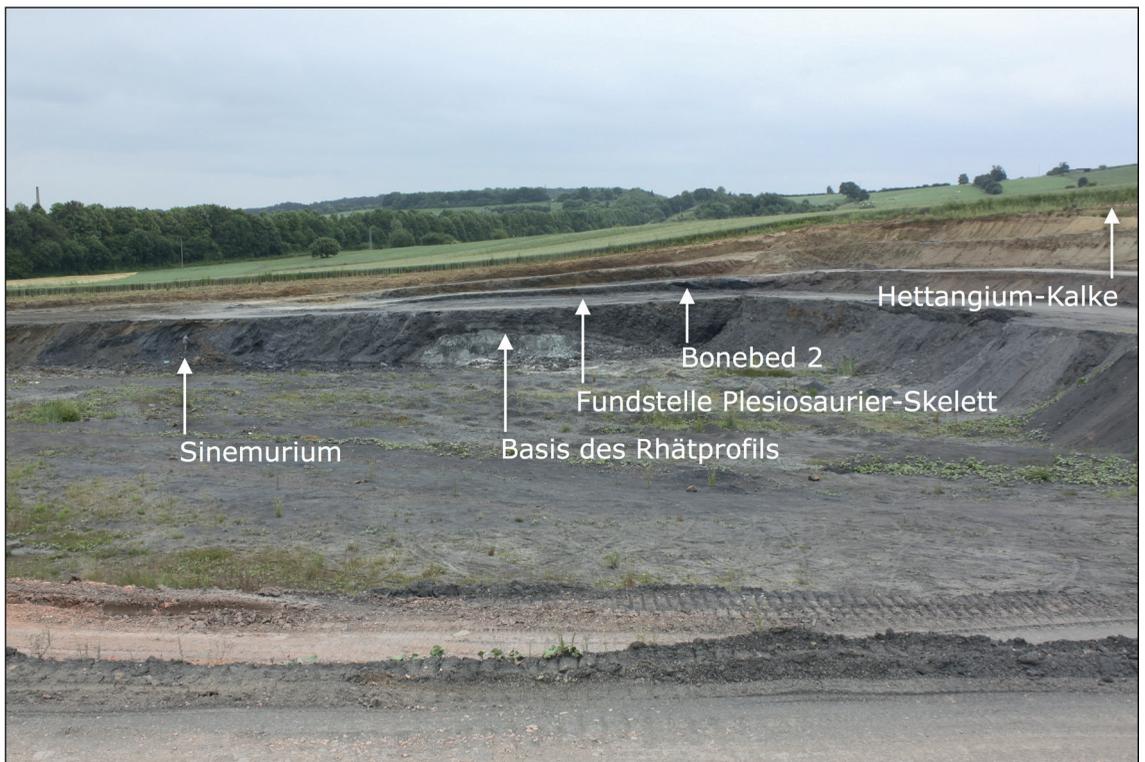


Abb. 5: Aufschlussverhältnisse des Rhät-Profiles in der neuen Grube Bonenburg („Grube III“) am 19.06.2014. Blickrichtung ist Süden. Die Schichten fallen mit ca. 35° nach Westen ein. Foto PMS.

Das Trias/Jura-Profil in der neuen Grube (Abb. 6) beginnt mit einer graugrünen, homogenen Mergelschicht, die dem Steinmergelkeuper (oberer Mittelkeuper) angehört. Die Mächtigkeit dieser Schicht beträgt mindestens 5 m, ist aber aufgrund der Beanspruchung durch die Verwerfung und den unvollständigen Aufschluss nicht sicher einzugrenzen. Das Rhät (Oberkeuper) setzt mit einem basalen Bonebed ein, das teils durch Pyrit verfestigt und lediglich fleckig ausgebildet ist. Dieses Bonebed, hier als Bonebed 1 bezeichnet, ist höchstens 1 cm mächtig und wird von einer ca. 5 cm mächtigen Schicht grauen feinkörnigen Sandsteins überdeckt. Darauf folgen ca. 11 m dunkelgraue bis schwarze, geschichtete, teils feingeschichtete, Ton- und Siltsteine, die Partien mit feiner Rippellamination in Feinsanden enthalten. Lithologisch ähnelt diese Einheit der gleich-alten südwestenglischen Westbury-Formation, ist aber wesentlich mächtiger. Die dunklen Tonsteine werden hier als Contorta-Schichten bezeichnet (Abb. 6). Die dunklen Tonsteine enthalten eine marine Fauna aus Invertebraten und Vertebraten. Unter den Invertebraten findet sich die für das Rhät leitende *Rhaetavicula contorta*, sowie weitere Bivalven. Außerdem kommen im unteren Drittel des Profils, in den dunklen Tonsteinen, gehäuft Schilllagen mit *Lingula* vor, wobei diese Brachiopoden teils eine sehr gut erhaltene Farbbänderung der Schale zeigen. Ebenfalls im unteren Drittel des Profils findet man eine besonders dichte und tonreiche Lage, die gehäuft artikuliert juvenile Ophiuroiden-Exemplare mit Durchmessern bis zu 15 mm enthält. 4,6 m über der Basis der dunklen Tonsteine liegt der Fundhorizont des 2013 von Herrn Mertens entdeckten Plesiosaurierskelettes (vgl. Wintrich et al., 2015). Wiederum etwa 3,5 m höher, also 8,1 m über der Basis, liegt ein Bonebed-Komplex, der sich in zwei gut entwickelte Bonebeds unterteilt, die durch eine etwa 8 cm mächtige Tonsteinschicht voneinander getrennt werden. Diese Bonebeds werden als Bonebed 2 oder Doppelbonebed bezeichnet, wobei das liegende Bonebed als 2a geführt wird und das hangende als 2b. Etwa 60 cm unter der Hangendgrenze der dunklen Tone liegt Bonebed 3. Dieses ähnelt Bonebed 2, wurde aber bislang noch wenig untersucht. Wenige Zentimeter über Bonebed 3 folgt eine unregelmäßige Feinsandschicht, auf deren Oberseite häufig sternförmige Ruhespuren von Echinodermen, vermutlich Ophiuroiden, erhalten sind.

Mit einem abruptem Farbwechsel von dunkelgrau nach dunkelrot folgt die nächste Schichteinheit (Abb. 5), die ebenfalls siltig-tonig ausgebildet und ca. 5 m mächtig ist. In einem mit dem Bagger freigelegten Profilschnitt war zu erkennen, dass auch graue Lagen in dieser Einheit enthalten sind. Das frisch aufgeschlossene Gestein zeigt ein blockiges Brechen, ohne Anzeichen einer Schichtung. Offenbar wurden diese Sedimente durch Bodenbildung überprägt. Auf die dunkelrote Einheit folgt eine hellgraue, schlecht geschichtete, siltig-tonige Folge von ebenfalls ca. 5 m Mächtigkeit. Sie verwittert gelblich und ist deutlich geschichtet. Die letzte Einheit des Rhäts, die in Bonenburg ansteht, ist mit ca. 20 m recht mächtig und besteht aus gelben, teilweise auch rot gefärbten, feingeschichteten bis laminierten Siltsteinen. Gelegentlich sind Tepee-Strukturen anzutreffen, was auf ein Trockenfallen hinweist. Dieses Schichtglied dürfte ein hypersalines Watt repräsentieren, nicht unähnlich manchen randmarinen Fazies im unteren Muschelkalk (z.B. Vossensfeld-Formation, Winterswijk, Niederlande) und im mittleren Keuper (Gansinger Dolomit und obere bunte Mergel, Frick, Schweiz). Auch in den südwestenglischen Profilen (z.B. Manor Farm Quarry über Aust Cliff; Allard et al., 2015; siehe auch Korneisel et al., 2015) sind derartige Wattsedimente als jüngste Ablagerung der Trias aufgeschlossen.

Sämtliche über den dunklen Tonsteinen liegenden Rhätschichten werden als Triletes-Schichten zusammengefasst (Abb. 6). Sie haben bisher außer Pflanzenhäcksel und Palynomorphen (pers. Mitt. M. Aberhan) keine Fossilien geliefert. Die Fossilführung setzt erst wieder mit einer Pyrit-reichen, schokoladenbraun verwitternden Austernschillbank mit kalkiger Grundmasse und ca. 5 cm Mächtigkeit ein, die in der Grube gut zu verfolgen ist. Wir stellen diese Austernschillbank in den untersten Jura, da sie eindeutig die erste Transgression markiert. Um die genaue biostratigraphische Position zu bestimmen, wurden von RK aus dieser Bank Proben genommen, um Mikrovertebraten zu gewinnen. Chondrichthyes sind an der Trias/Jura-Grenze aussagekräftig und könnten in derartigen Schilllagen enthalten sein.

Die folgenden ca. 70 cm oberhalb der Grenzbank gelegenen Abschnitte des Profils bestehen aus gelbbraun verwitternden, geschichteten Siltsteinen, gefolgt von einer konkretionär ausgebildeten Karbonatbank, die flachgedrückte und schlecht erhaltene, aber sehr häufig auftretende Psiloceraten enthält und damit sicher dem Hettangium angehört (Abb. 6 & 7). Nach weiteren ca. 50 cm gelben Siltsteins folgt eine aushaltende reine Karbonatbank, die die ältesten gerippten Ammoniten in dreidimensionaler Erhaltung enthält. Diese Bank und die darin enthaltenen Leitformen für das Hettangium sind auch den regional tätigen Ammonitensammlern bekannt. Noch mindestens zwei weitere Karbonatbänke ließen sich in den obersten zwei Metern des Profils erkennen.

Die Profilaufnahme hat gezeigt, dass das Rhät in der neuen Grube außergewöhnlich gut und mächtig entwickelt ist und hier eines der umfangreichsten epikontinentalen Trias/Jura-Grenzprofile in Europa aufgeschlossen ist.

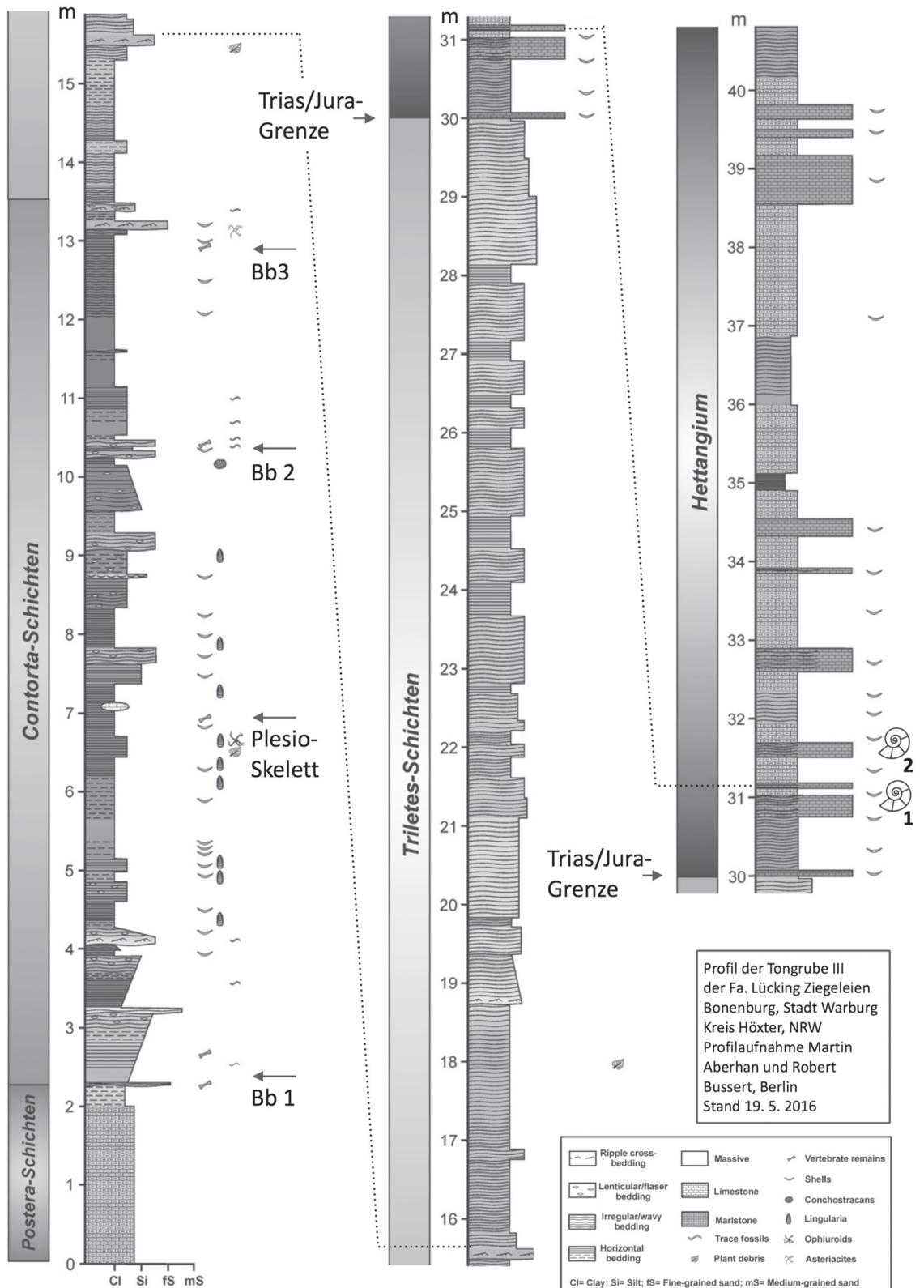


Abb. 6: Das Rhät-Profil in der neuen Grube Bonenburg („Grube III“), aufgenommen an mehreren Terminen vom 27.05.2015 bis 19.05.2016 durch PD Dr. Martin Aberhan (Museum für Naturkunde Berlin) und Dr. Roland Bussert (Technische Universität Berlin). Die Signatur „Ophiuroids“ bezieht sich auf die Körperfossilien von Ophiuroiden in den dunklen Tonsteinen im Bereich des Plesiosaurier-Skelettes und auf die Ruhespuren wenig oberhalb von Bonebed 3. Die Ammoniten-Signatur 1 zeigt das unterste Vorkommen von Psiloceraten an; die Ammoniten-Signatur 2 bezieht sich auf das unterste Vorkommen gerippter Ammoniten. Abkürzung: Bb = Bonebed.

3. Grabungsvorbereitungen vom 30.04. bis 03.05.2015

Am 07.04.2015 erfolgte eine Geländebegehung mit dem Geschäftsführer der Fa. Lücking, Herrn Joachim Thater, und Herrn Dr. Grzegorzcyk vom LWL-Museum für Naturkunde. Es wurden zwei Grabungsflächen im Süden der Grube auf der dritten Sohle abgesteckt, auf denen das Bonebed 2 unproblematisch freigelegt werden konnte und deren Ausgrabung im Einklang mit der Abbauplanung des Betreibers stand. Beide Grabungsflächen befinden sich auf dem Besitz des Landwirtes Moritz Wiemers, dessen Hof direkt östlich der Grube liegt. Diese zwei Grabungsflächen wurden ausgewählt, um die lateralen Variationen in Ausbildung und Fossilführung des Bonebeds zu erfassen.

Am Donnerstag, dem 30.04., wurden dann mit einem Radbagger der Fa. Pflasterbetrieb Müller¹ von Herrn Markus Müller die Vorbereitungen für die Grabung und die geologische Profilaufnahme durch die Autoren PMS und TW, sowie Herrn Prof. Olsen vorgenommen. Mit großer Geschicklichkeit und einer am Bagger montierten breiten Schaufel ohne Zähne legte Herr Müller nicht nur ein Profil von den grünen Mergeln (Steinmergelkeuper) im Liegenden des Rhäts bis in die Schichten des Hettangiums am oberen (südwestlichen) Grubenrand frei (Abb. 8A), sondern bereitete auch eine der beiden Grabungsflächen vor (Abb. 8B). Diese lag ca. 70 m nördlich des damaligen südöstlichen und 50 m östlich des südwestlichen Grubenrandes und umfasste eine Fläche von ca. 4 m Ausdehnung im Schichtfallen und 12 m im Streichen. Die Strategie bei den Baggerarbeiten bestand darin, das Hangende bis auf 30 bis 60 cm oberhalb des Bonebed 2 maschinell zu entfernen, damit bei der Grabung der Rest bis auf das Bonebed von Hand abgegraben werden konnte. Außerdem wollten wir eine leichte Anwitterung der Schichten erreichen, sodass der Abbau von Hand einfacher sein würde. Dies erwies sich im Nachhinein allerdings als ungünstig, da die Schichten auch im bergfeuchten Zustand gut mit Pickel und Schaufel zu entfernen sind und das Bonebed gerade an seinem Ausbiss zu sehr austrocknete und damit unnötige Klüfte entwickelte.

Da die Rhät-Schichten an den geplanten Grabungsstellen mit ca. 30° nach Westen einfielen, das Gelände aber nach Westen ansteigt, fiel die freigelegte Fläche gegen den Hang ein und lag auch am Fuß der Wand zur nächsthöheren (vierten) Sohle. Diese Lage machte einen Entwässerungsgraben von einer Schaufelbreite am Südenende der Grabungsfläche nötig. In diesem Entwässerungsgraben ließ sich nochmals der Fundhorizont des 2013 entdeckten Plesiosaurier-Skelettes mit dem Bonebed 2 korrelieren. Die Korrelierung basiert dabei auf deutlichen Schilllagen aus *Lingula*-Schalen, die direkt unterhalb des Skeletts auftreten und nur an dieser stratigraphischen Position im Profil vorkommen.

Im Bereich der zweiten Grabungsfläche wurden keine größeren Erdarbeiten vorgenommen, da hier das Bonebed weniger überdeckt war. Lediglich eine kleine Fläche am Südostrand der Grube wurde freigelegt, von der wir vermuteten, dass sich dort direkt unter dem Farbwechsel das Bonebed 3 befände. Allerdings ergaben die späteren Arbeiten auf der zweiten Grabungsfläche, dass es sich hier ebenfalls um das Bonebed 2 handelt, das durch eine Verwerfung nach Westen versetzt ist (siehe unten).

Für die Profilaufnahme wurde, ausgehend von dem Ausstreichen der graugrünen Mergel auf der zweiten Sohle entlang der Böschung der Rampe zur dritten Sohle, mit dem Bagger das anstehende Gestein freigelegt und mit gewissen lateralen Versätzen bis in die Juraschichten verfolgt. Am 02.05.2015 trafen sich dann TW und PMS mit Herrn Prof. Olsen zur Profilaufnahme und Besprechung des Profils (Abb. 9). Herr Prof. Olsen, der führende Experte für Trias/Jura-Grenzprofile und deren Stratigraphie, nahm das Profil am 02. und 03. Mai auf. Herr Olsen bestätigte die große Bedeutung des Aufschlusses in der neuen Grube Bonenburg als das beste derzeit in Europa verfügbare Profil in den Schichten des Rhäts. Ebenso wies er auch auf die Ähnlichkeit der dunklen Tone mit der Westbury-Formation hin, die im Bereich der klassischen Aufschlüsse in Südwest-England, z.B. Aust Cliff, vorkommt, aber dort nur wenige Meter mächtig ist (Storrs, 1994; Nordén et al., 2015; auch eigene Beobachtungen PMS und TW).

4. Durchführung der Grabung vom 22. bis 30.05.2015

Während der Grabung wurden zwei unterschiedliche Methoden zur Gewinnung von Fossilien aus den Bonebeds 2a und 2b angewendet. Zum einen wurde das Bonebedmaterial abgebaut und makroskopisch nach Fossilien (etwa >5 mm) durchsucht. Zum anderen wurde das abgebaute Material geschlämmt, um Fossilien im Millimeter-Bereich zu gewinnen.

¹ Fa. Johannes Müller Gartenbau und Pflasterbetriebe, Graf-Boyneburg-Strasse 22, 34414 Warburg-Bonenburg

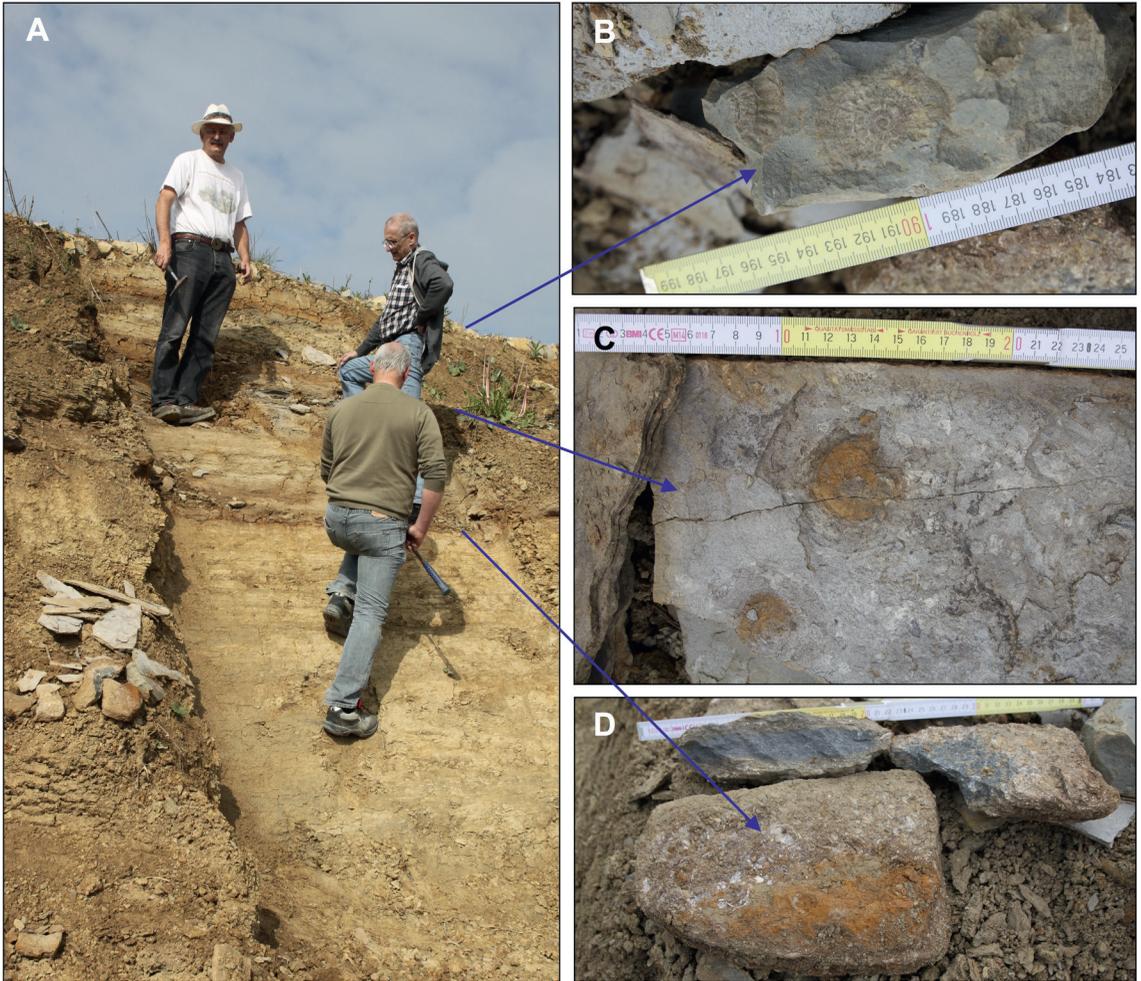


Abb. 7: **A** Die Trias/Jura-Grenze in der neuen Grube Bonenburg (vgl. Abb. 6) mit den Verfassern PMS (links), RK (rechts) und dem Privatsammler Michael Mertens (unten). Pfeile zeigen die Lage von **B**, **C**, **D** im Profilbild **A** an. **B** Die unterste Bank mit gerippten Ammoniten des Hettangiums. **C** Die unterste Bank mit Psiloceraten. **D** Die Trias/Jura-Grenzbank, eine Austernschilllage. Foto A Carole Gee, Fotos B - D PMS.



Abb. 8: Vorbereitungen auf die Grabung durch einen Radbagger der Fa. Pflasterbetrieb Müller am 30.04.2015. Der Bagger war mit einer breiten zahnlosen Schaufel ausgestattet, die sich für das Gestein als passend erwies und ein relativ vorsichtiges Arbeiten ermöglichte. **A** Freilegen des Profils für die spätere Aufnahme. Blickrichtung nach Ost-Südost. **B** Freilegen der Grabungsfläche. Blick nach Süden. Die Schichten fallen mit ca. 35° nach W ein. Der Entwässerungsgraben ist noch nicht angelegt. Foto PMS.

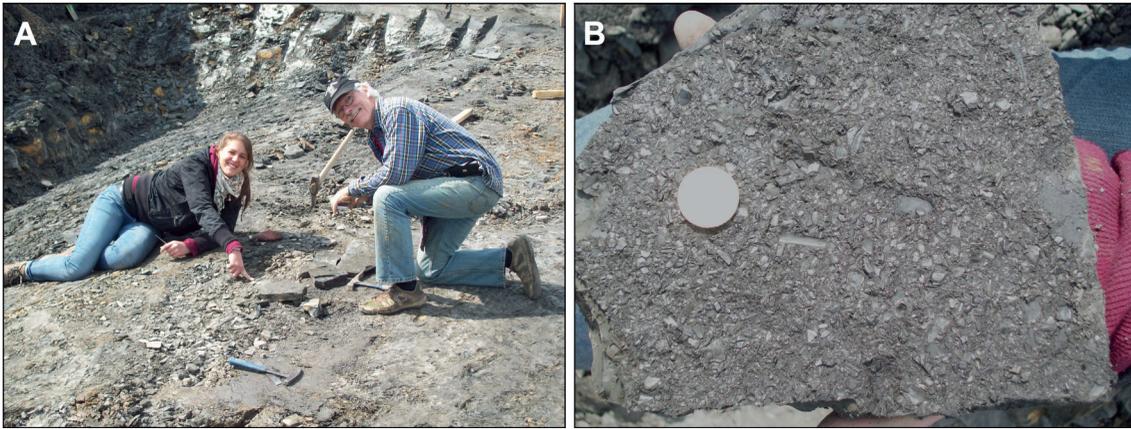


Abb. 9: **A** Prof. P. E. Olsen und Verfasserin TW begutachten den Ausbiss des Bonebeds 2 (Doppelbonebed) am Oberrand der Hauptgrabungsfläche am 03.05.2015. **B** Faziesstück des liegenden Bonebeds 2a mit 20-Cent-Münze als Maßstab. Foto PMS.

Die permanenten Teilnehmer dieser Grabung waren Olaf Dülfer (Präparator, Universität Bonn), Michael Mertens (Privatsammler, Schwaney-Altenbeken), Thorsten Plogschties (Doktorand, Universität Bonn), Prof. Dr. P. Martin Sander (Universität Bonn), Dr. Achim Schwermann (Universität Bonn), Klaus Schwermann (Geologe, Coesfeld) und Tanja Wintrich (Studentin, Universität Bonn). Zeitweise wurde die Grabung durch folgende Personen unterstützt: PD Dr. Martin Aberhan (Museum für Naturkunde, Berlin), Heinrich Becker (Museum Twentse Welle, Enschede, Niederlande), René Kindlimann (Privatsammler, Aathal bei Zürich, Schweiz), Prof. Dr. Jes Rust (Universität Bonn), Martin Profft (Student, Museum für Naturkunde, Berlin) und Herman Winkelhorst (Privatsammler, Aalten, Niederlande).

4.1. Abbau des Bonebeds

Beginnend am oberen Rand der Haupt-Grabungsfläche wurden die hangenden, etwa 30 cm mächtigen Ton-schichten über dem Bonebed mit der Spitzhacke gelockert und bis auf wenige Zentimeter über der oberen Bonebed-Lage (Bonebed 2b) entfernt. Der Abraum wurde mit Eimern über den Sohlenrand entsorgt. Danach wurde die verbleibende Überdeckung wahlweise mit Hammer und flachem Meißel, spitzem Geologenhammer oder Ahle und Spatel von oben bis auf das Bonebed 2b freigelegt (Abb. 10). Dabei konnten bei der Entfernung des Hangenden und dem Abbau des Bonebeds bis zu sechs Personen gleichzeitig arbeiten, was einen schnellen Grabungsfortschritt garantierte. Die beiden Lagen des Doppelbonebeds ließen sich meist gut im Anschnitt erkennen (Abb. 11) und konnten so lateral verfolgt werden. Wie von Herrn Mertens angegeben, betrug der Abstand zwischen Bonebed 2a (Liegendes) und 2b (Hangendes) relativ konstant 8 bis 10 cm über die ergrabene Fläche, während die Mächtigkeit der beiden Bonebeds lokal zwischen ca. 1 cm und 3 cm variierte.

Wenn das obere Bonebed erreicht war, wurde es vorsichtig mit Spateln, Ahlen und teilweise Dentalwerkzeugen freigelegt und die Oberfläche nach Einzelknochen abgesucht, die sich deutlich von der Matrix aus Schuppen und Zähnen unterscheiden ließen (Abb. 10B, Abb. 12A). Bei dieser Tätigkeit kamen auch 5 cm breite Flachpinsel und Handbesen zur Säuberung der Oberflächen zum Einsatz (Abb. 10B). Frei liegende Knochen wurden mit dem Stabilisator Acryloid oder Cyanoacrylat-Klebstoff CA 103 der Fa. UHU gefestigt, wobei letzterer vor allem beim Fixieren loser Teile und ersterer bei der allgemeinen Stabilisierung zum Einsatz kam. Acryloid ist ein in Aceton gelöster Kunststoff, der sich vor Gebrauch leicht in der Konzentration durch unterschiedliche Aceton-Zugaben einstellen lässt.

Nach Aushärten der Klebstoffe konnten die Einzelknochen vorsichtig vom Bonebed abgehoben, verpackt und nummeriert werden. Die Verpackung erfolgte in mehreren Lagen Papierhandtüchern, die mit Maler-Kreppband gesichert und danach teilweise in Plastikbeuteln mit Ziploc verpackt wurden. Die Beschriftung wurde auf dem Kreppband und dem Plastikbeutel angebracht und bestand aus der laufenden Nummer des Fundes, dem Fundhorizont (also Bonebed 2a oder 2b und Modifikationen), einer Geländeansprache und dem Funddatum. Danach wurden die Funde in Stapelkisten verpackt. Die Verpackung in Plastikbeuteln erwies sich im Nachhinein als problematisch (siehe unten). An makroskopischen Fossilien wurden ca. 300 Stück geborgen, vor allem größere Fisch- und Tetrapodenknochen, aber auch besonders gut erhaltene Zähne von „*Hybodus*“ *cloacinus* und Flossenstacheln von Haien. Im Durchschnitt konnten wir pro Quadratmeter etwa einen größeren Knochen bergen, wobei die zahlreichen Funde von *Pachystropheus*-Kochen, insbesondere Wirbel und Rippen, nicht eingerechnet sind.



Abb. 10: **A** Die Hauptgrabungsfläche am 23.05.2015. Von vorne nach hinten sind Olaf Dülfer, Verfasserin TW, Michael Mertens und Thorsten Plogschties zu erkennen. Blickrichtung wie in Abb. 8B. Im Hintergrund ist das Südende der Grabungsfläche an dem zur ersten Sohle angelegten Entwässerungsgraben sichtbar. **B** Freilegung des Bonebeds durch Präparator Olaf Dülfer und Verfasserin TW, ebenfalls am 23.05.2015. Fotos PMS.

Abb. 11: Ausbiss des Bonebeds 2 (Doppelbonebed) mit dem liegenden Bonebed 2a und dem hangenden Bonebed 2b (Pfeile) am oberen Rand der Hauptgrabungsfläche. Foto PMS.

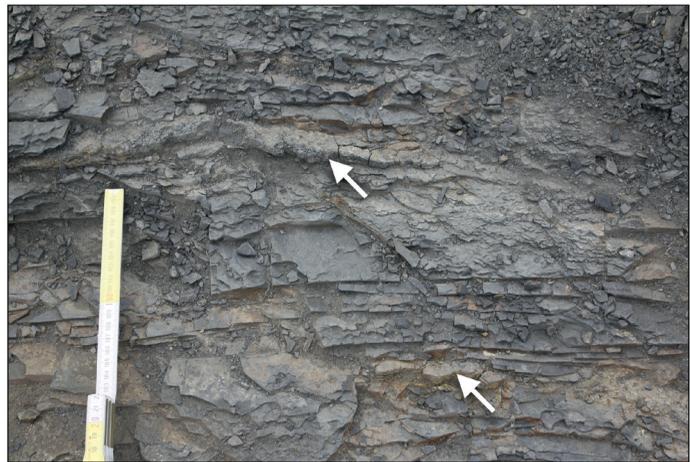


Abb. 12: **A** Oberfläche des Bonebed 2b auf der Hauptgrabungsfläche mit zwei größeren und zahlreichen kleineren Knochen. Der Knochen links oben lässt sich als Plesiosaurier-Wirbelzentrum identifizieren, der längliche Knochen in der unteren Bildmitte stellte sich bei der Präparation als Maxillare von *Severnichthys acuminatus* (LWL MfN P64340) heraus (siehe auch Abb. 13 und 18A). **B** Wirbel eines marinen Reptils (LWL MfN P64366) direkt nach der Bergung (siehe auch Abb. 20D). Stift als Maßstab in der rechten oberen Ecke. Fotos Michael Mertens.

Es wurden auch Faziesstücke und größere Knochen, die sich noch in der Matrix befanden, geborgen. Mit Ersteren wollten wir repräsentative Ausschnitte des Bonebeds mit seiner ungeheuren Konzentration von Schuppen und Zähnen und den gelegentlichen größeren Knochen erhalten, damit deren Fundsituation in der Sammlung belegt ist. Bei Letzterem ging es um dünne oder flache und längliche Knochen, die sich ohne die Gefahr des Zerbrechens nicht aus dem Bonebed lösen ließen. Zur Bergung dieser Faziesstücke und von Blöcken kam die klassische Gipsmethode zum Einsatz, bei der der zu bergende Block auf einem Sockel freigestellt, mit einer Trennschicht aus Aluminiumfolie oder Toilettenpapier versehen, und dann mit einer Kappe aus Gipsbandagen ummantelt wird (Abb. 13). Gegebenenfalls wurden Holzstücke (z.B. nicht mehr benötigte Flachpinsel) als Armierung in die Gipskappe eingearbeitet. Immer musste darauf geachtet werden, dass die Gipsbandagen tief an den Seiten des nach unten konisch zulaufenden Sockels heruntergezogen wurden. Nach Aushärten der Gipskappe wurde der Block dann vorsichtig vom unterlagernden Gestein gelöst und mit einer Gipskappe auf der Unterseite versehen, so dass das Fossil oder Faziesstück mit dem Trägergestein vollständig von Gipsbandagen und Armierung ummantelt war. Da die Größe der Blöcke sich bei dieser Grabung im Dezimeter-Bereich bewegte, konnten medizinische Gipsbandagen verwendet werden. Auf die beschriebene Art wurden ca. 15 Blöcke geborgen und in Plastikwannen für den Abtransport nach Bonn verpackt.

Zeitgleich mit dem Abbau an der Hauptgrabungsfläche wurde die weiter südlich gelegene zweite Abbaufäche von ein bis zwei Grabungsteilnehmern auf einer Fläche von etwa 3 x 8 m untersucht (Abb. 14). Obwohl das Bonebed hier vom Profilgraben angeschnitten war, erwiesen sich die Arbeiten als schwierig, weil es durch zahlreiche kleine Verwerfungen beeinflusst war. Diese grob west-östlich streichenden Verwerfungen waren teils als Auf-, teils als Abschiebungen ausgebildet und versetzten das Bonebed um Beträge von bis zu 30 cm. Auch schien das Bonebed auf dieser Fläche stärker verwittert zu sein, vermutlich bewirkt durch die Wasserführung entlang der Verwerfungen und durch die geringere Tiefe unter der Abbausohle. Ausbildung und Fossilführung waren aber identisch zur Hauptgrabungsstelle, und es konnten mehrere gut erhaltene Einzelknochen geborgen werden, sowie ein ca. 60 cm langes Stück inkohltes Holz. Letzteres wurde in einem Block geborgen, der teils durch Gips und teils durch Bauschaum aufgebaut wurde.

Die in der südlichen Ecke der Grube und direkt unter dem Farbwechsel von dunkelgrau nach dunkelrot gelegene Bonebedfläche wurde ebenfalls auf ca. 5 m² freigelegt. Sie erwies sich als Bonebed 2, was an der doppelten Bonebedlage zu erkennen war. Die Position direkt unter dem Farbwechsel kam durch eine fast schichtparallele Verwerfung zustande, die wir bei weiteren Baggerarbeiten kurzzeitig freilegen konnten und die zu einer starken scheinbaren Abnahme der Mächtigkeit des Profils führte. Es wurde deutlich, dass gegen Süden die Häufigkeit kleiner Verwerfungen zunimmt. Unsere Grabung auf den südlichen Flächen legt also nahe, dass zukünftige Grabungsflächen vor allem nach Kriterien der Zugänglichkeit und Ungestörtheit ausgewählt werden können, da die Fundhäufigkeit im Bonebed im Grubenbereich nicht merklich zu variieren scheint.

4.2. Schlammarbeiten

Das zweite Ziel der Grabung bestand aus der Bergung von Mikroresten von Vertebraten, vor allem von Knorpel- und Knochenfischen, aus den Bonebeds 2 und 3. Da diese Bonebeds nur an wenigen Stellen eine Verfestigung durch Pyrit aufweisen, konnte eine erprobte Schlammtechnik für Mikrovertebraten vor Ort und im Labor Anwendung finden. Diese Arbeiten wurden von einem der Verfasser (AHS) geleitet und mit einem Helfer durchgeführt. Eine Frage, die beantwortet werden sollte, war die nach der Reduzierungsrate durch die Aufbereitung im Gelände mit Wasser und Wasserstoffperoxid. Da das Trägergestein und die Matrix der Bonebeds weitgehend tonig-siltig sind und eine gute Zugänglichkeit zu Wasser gegeben war, erschien eine Aufbereitung im Gelände sinnvoll. Es wurden Methoden verwendet, die in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Thomas Martin in Bonn seit Jahren angewendet und verfeinert werden (z.B. Martin et al., 2010; Averianov et al., 2014).

Auf der zweiten Sohle der Grube wurde unterhalb der Grabungsfläche ein Schlammplatz eingerichtet (Abb. 15). Die erste Sohle war zur Zeit der Grabung teilweise geflutet; der so vorhandene Wasserkörper lieferte das Schlammwasser, das durch eine Motorpumpe ca. 3 m hoch bis auf das Niveau des Schlammplatzes gefördert wurde. Das Probenmaterial aus den Bonebeds wurde auf mehreren Bauplanen zum Trocknen ausgelegt, bis es mindestens oberflächlich trocken war. Längere Trockenzeiten haben sich generell als besser herausgestellt. Die Trocknung des Materials gewährleistet, dass die im Anschluss zugegebene Wasserstoffperoxidlösung (5%) tief in das Gestein eindringen kann und so ein intensives Aufweichen des Tones ermöglicht. Die getrockneten Proben wurden für mehrere Stunden in Mörtel-Wannen mit der Wasserstoffperoxidlösung eingeweicht (Abb. 15), bis die durch die chemische Reaktion verursachte Blasenbildung vollständig beendet war. Danach wurde der so entstandene Schlamm sukzessive durch Siebe der Maschenweiten 2 mm, 1 mm und 0,5 mm in wassergefüllten Wannen gewaschen und nach Fraktionen getrennt wiederum an der Luft getrocknet. Dieses Vorgehen funktionierte recht gut, da nur während der zweiten Hälfte der Grabung häufiger Regenschauer auftraten. Auch die



Abb. 13: Bergung von größeren Knochen und Faziesstücken durch Eingipsen. Die Bildfolge wurde am 27.05.2015 aufgenommen. **A** Das Faziesstück von Bonebed 2a mit einem größeren Knochen in der Mitte wurde oberflächlich mit Acryloid gehärtet und auf einem Sockel freigestellt. **B** Abdecken der Oberfläche mit Aluminiumfolie als Trennschicht zwischen Fossil und Gipsmantel. **C** Eingipsen des Blocks mit medizinischen Gipsbandagen. **D** Nach dem Wenden wird der Block mit als Schienen fungierenden Pinseln verstärkt und ist nach Aushärtung bereit zum Abtransport ins Labor. Fotos PMS.

Abb. 14: Arbeiten auf der zweiten Grabungsfläche am 27.05.2015. Blick nach Nordwesten. Die Hauptgrabungsfläche liegt neben den beiden Personen im Mittelgrund. Das Rhät-Profil mit den dunklen, fossilführenden Tonsteinen gefolgt von roten und gelb verwitternden Tonsteinen ist gut zu erkennen. Foto PMS



Abb. 15: Schlämmeinrichtung mit dem Verfasser AHS am 23.05.2015. In der Bildmitte ist die gelbe Motorpumpe zu erkennen, rechts davon die Mörtelwannen zur Aufbereitung des Gesteins mit Wasserstoffperoxid. Im Vordergrund rechts trocknet ausgesiebt Konzentrat auf einer Plane, im Vordergrund links trocknen Brocken des Bonebeds vor der Aufbereitung. Im Hintergrund ist die geflutete erste Sohle sichtbar, aus der das Wasser für Aufbereitung und Sieben gepumpt wurde. Foto Michael Mertens.

Regenpausen konnten effektiv genutzt werden, um das Sediment im Wind zu trocknen. Pro Füllung der Mörtelwannen verbrauchten wir drei bis fünf Liter reines Wasserstoffperoxid (30%), was insgesamt einen Verbrauch dieser Chemikalie von ca. 300 l bedingte. Um den Effekt dieses Schlämmvorgangs auf die Qualität der Mikrovertebratenreste zu untersuchen, wurde ein Teil der Proben ein zweites Mal der Schlämmprozedur unterzogen. Das so gewonnene Konzentrat wurde dann im Quartier in Bonenburg unter dem Binokular analysiert, und erste Fossilien konnten ausgelesen und in Probendöschen verpackt werden. Es zeigte sich, dass ein hoher Anteil an noch nicht aufgelösten tonigen Gesteinspartikeln im Konzentrat eine weitere Behandlung im Labor nötig machen würde (siehe 5.3). Insgesamt wurden bei der Grabung etwa 850 kg Bonebed-Material geschlämmt. Mit der Aufbereitung im Gelände konnte die Gesamtmasse ungefähr gedrittelt werden, so dass 275 kg Bonebed-Konzentrat nach Bonn gebracht wurden.

Die Voruntersuchung des Konzentrats im Quartier war wichtig, um den Grad der Abrollung der Mikrofossilien zu bewerten und nur die Schicht mit der besten Erhaltung gezielt aufzubereiten zu können. Verschiedene Teile der Bonebeds wurden zu Testzwecken abgebaut und als getrennte Chargen verarbeitet. Es zeigte sich, dass der Abrollungsgrad beim Bonebed 3 und beim Bonebed 2b deutlich höher war als beim Bonebed 2a. Letzteres wurde deshalb nach der Testphase ausschließlich aufbereitet. Schon während des Abbaus von Bonebed 2a zeigten sich in seinem Liegenden Schlieren aus Bonebed-Material, die sich als mit Bonebed verfüllte Grabgänge von marinen Invertebraten herausstellten, ähnlich wie sie auch kürzlich aus dem englischen Rhät beschrieben wurden (Korneisel et al., 2015). Die Erhaltung der Mikrofossilien scheint in diesen Füllungen noch besser zu sein als im darüber lagernden Bonebed 2a, weil das Material früh der Abrollung durch Wasserbewegung entzogen war. Eine ähnliche Beobachtung ließ sich an den Fossilien nahe der Basis der jeweiligen Bonebeds machen, wo die Erhaltung auch besser ist als mittig in oder auf der Fossilage. Ein Abbau der Partien mit weniger abgerollten Mikrofossilien für das Schlämmen ist allerdings problematisch, da der große Anteil anhaftenden Tonsteins die Aufbereitung erschwert. Eine gezielte Durchmusterung solcher Partien mit der Lupe beim Abbau könnte aber gute Funde liefern.

4.3. Beprobung des Profils auf Invertebraten

Aufgrund der guten Aufschlussverhältnisse im Allgemeinen und des frisch freigelegten Profils im Besonderen luden wir zwei Kollegen zu einem Besuch der Grabung und Untersuchung des Profils ein. Herr Prof. Dr. Jes Rust kennt sich einerseits mit den Rhätprofilen im nordhessischen und südniedersächsischen Raum aus, andererseits ist er Experte für fossile Insekten. Dies ist relevant, da von Michael Mertens einige wenige Flügeldecken (Elythren) von Käfern im Bereich unterhalb des Bonebeds 2 gefunden wurden. Herr Prof. Rust untersuchte diesen Profilbereich am 27.05. (Abb. 16A) und konnte weitere Käferelythren bergen. Seit dem Ende der Grabung hatte Herr Mertens verstärkt diese Schichten untersucht und zahlreiche weitere Elythren gefunden. Derartige Elythren sind zwar taxonomisch wenig aussagekräftig, lassen aber auf weitere Insektenreste hoffen.

Herr PD Dr. Martin Aberhan ist einer der führenden deutschen Experten für die Trias/Jura-Grenze und hatte schon vor Grabungsbeginn Interesse an einem Besuch und Beprobung des Profils auf Invertebraten-Fossilien bekundet. Zusammen mit seinem Studenten Martin Proffit war er am 27. und 28.05. zu ersten Beprobungen in der Grube (Abb. 16B). Seine sorgfältige Untersuchung erbrachte auch die ersten sicheren Exemplare der für das Rhät leitenden Bivalve *Rhaetavicula contorta* (Portlock, 1843) sowie glattschalige und radial gerippte Bivalven, die

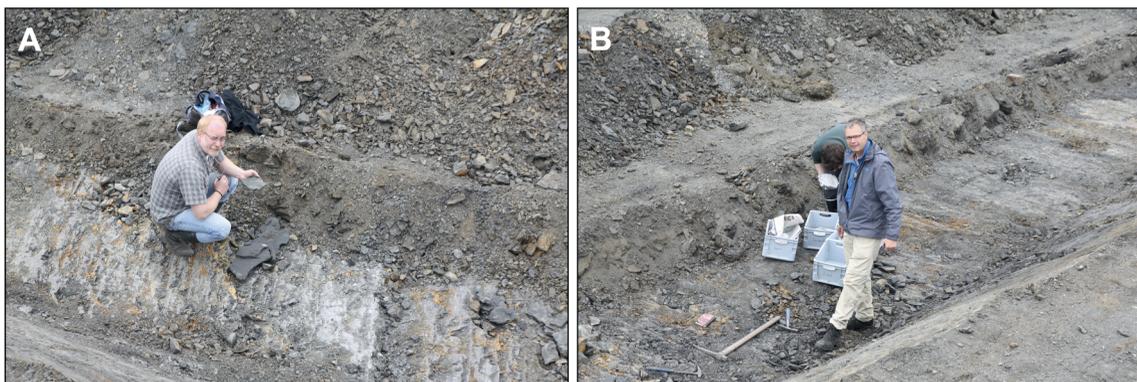


Abb. 16: **A** Prof. Dr. Jes Rust (Universität Bonn) beprobt die dunklen Rhät-Tonsteine im Profilschnitt auf fossile Insekten. **B** PD Dr. Martin Aberhan (Museum für Naturkunde, Berlin) und sein Student Martin Proffit beproben die dunklen Rhät-Tonsteine im Profilschnitt auf fossile Mollusken. Beide Fotos wurden vom Verfasser PMS am 27.05.2015 aufgenommen.

wir schon vorher beobachtet hatten. Herr Aberhan nahm im Juli 2015 auch Proben für isotopengeochemische Untersuchungen zum Nachweis der rhätischen negativen Delta 13-C-Anomalie, die etwa 100.000 Jahre vor dem Ende der Trias auftritt (Whiteside et al., 2010). Die Voruntersuchungen der Bivalvenfaunen wurden von Herrn Aberhan als sehr vielversprechend eingestuft und könnten wichtige Beiträge zum Verständnis der Aussterbeereignisse im Rhät liefern.

5. Ergebnisse der Grabung vom 22. bis 30.05.2015

An sieben Grabungstagen konnten in der neuen Grube Bonenburg auf Flächen von insgesamt ca. 72 m² an zwei Grabungsstellen im Doppelbonebed (Bonebed 2a und 2b) etwas über 300 nummerierte Funde geborgen werden, von einzelnen Chondrichthyes-Zähnen bis zu großen Plesiosaurierwirbeln und Faziesstücken. Auf dem Schlammplatz wurden ca. 850 kg Bonebed geschlämmt und zu etwa 275 kg Konzentrat in drei Korngrößen (0,5-1 mm, 1-2 mm, >2 mm) fraktioniert. Die Funde und das Konzentrat wurden zusammen mit der Grabungsausrüstung am 30.05. in einem VW-Bus der Universität Bonn zur weiteren Präparation und Analyse nach Bonn transportiert. Die Funde der Grabung von 2015 werden in die paläontologischen Sammlungen des LWL-Museum für Naturkunde in Münster (LWL MfN) aufgenommen. Die hier abgebildeten Stücke haben bereits eine entsprechende Inventarnummer bekommen.

5.1. Auswertung der Funde

Andere Geländeaktivitäten bedingten eine Lagerzeit der Funde bis zum November 2015. Dann wurden die Funde ausgepackt und mit der Präparation durch den Präparator Olaf Dülfer, studentische Hilfskräfte sowie einer Praktikantin begonnen. Nach dem Auspacken der Stücke und dem Auswerten der Fundlisten, sowie der Sichtung der Privatsammlung Mertens, kann eine erste Faunenliste des Doppelbonebeds gegeben werden (Tab. 1). Unsere Grabung hat weitgehend die von Herrn Mertens seit 2009 gemachten Funde reproduziert, wobei wir kein sicheres Temnospondylen-Material und auch keine der charakteristischen scheibenförmigen *Shonisaurus*-Wirbel bergen konnten, dafür aber mehrere Lungenfischzähne, Plesiosaurierwirbel und zahlreiche Einzelknochen von *Pachystropeus*. Eine grobe Häufigkeit der verschiedenen Taxa lässt sich inzwischen abschätzen. Es besteht dabei eine gute Übereinstimmung des Materials in der Sammlung Mertens und unseren Funden.

5.2. Präparation und Stabilisierung der Makrofossilien im Labor

Die Haltbarkeit der Gesteinsmatrix des Bonebeds erwies sich nach der Bergung und Lagerung als gering. Insbesondere die Matrix der bergfeucht in Plastikbeutel eingepackten Proben zerfiel fast völlig in kleine Bruchstücke. Dies ist vermutlich auf Gipsbildung durch Pyritverwitterung zurückzuführen, da die Proben mit weißlichen Kristallen bedeckt waren. Die auf der Matrix liegenden Knochen erwiesen sich oft als haltbarer als die Matrix selbst und blieben daher erhalten. Die Knochen wurden unter dem Binokular mit der Nadel von anhaftender Matrix befreit und teilweise wieder aus Bruchstücken zusammengefügt. Sie scheinen ohne weitere Behandlung stabil zu sein. Die Funde werden etikettiert und in durchsichtigen Plastikdosen gelagert.

Die nur in Zeitungspapier eingepackten Funde waren teilweise völlig zerfallen, teilweise in einem besseren Zustand. Auch die Erfahrung mit den in Gipsblöcken geborgenen Proben ist unterschiedlich; von guter Erhaltung bis zum völligen Zerfall der Matrix, mit entsprechender Beanspruchung der Knochen. Als Erkenntnis für zukünftige Grabungen zeigt sich, dass die Einzelknochen aus dem Bonebed schon möglichst im Gelände weitgehend von Matrix befreit und mit Acryloid stabilisiert werden sollten, bevor sie für den Transport nach Bonn verpackt werden. Größere Knochen von Plesiosauriern etc. wurden im Labor nicht nur mit der Nadel vom anhaftenden Ton befreit, sondern erfolgreich mit dem Tensid Rewoquat gereinigt, um den Ton aus den Poren des Knochens zu entfernen. Seit dem Ende der Grabung konnten so wichtige und repräsentative Stücke für die wissenschaftliche Bearbeitung bereitgestellt werden (Abb. 17, Abb. 18).

5.3. Aufbereitung der Schlammproben im Labor und Auslesen der Schlammkonzentrate

Die Schlammkonzentrate der Fraktion >2 mm wurden in Bonn im Labor trocken über ein 2 cm-Sieb fraktioniert. Die grobe Fraktion enthält vor allem mehrere Zentimeter große Tonsteinstücke und pyritisierte Portionen des ursprünglichen Bonebed-Materials. Letztere wurden mit dem bloßen Auge ausgelesen und dienen als Belegstücke für die Bonebedfazies. Sie stellen auch die Grundlage für die Untersuchung des destruktiven Effekts der Schlämmdurchgänge auf die Qualität der Mikrovertebratenreste dar. Es hat sich bereits gezeigt, dass gewisse Fossilien, vornehmlich längliche Zähne, beim Schlämmen zerbrechen. Sie können nur in-situ, also in den pyritisierten Belegstücken, gefunden werden. Der bislang einzige Beleg für *Synechodus rhaeticus* stammt aus diesen Proben (Abb. 17J).

Wie schon erwähnt, hinterließ die Aufbereitung im Gelände mit Wasserstoffperoxid einen hohen Anteil an Tonpartikeln im Konzentrat. Dies machte eine weitere Aufbereitung im Labor mit dem industriellen Tensid Rewoquat notwendig, mit dem der Verfasser AHS viel Erfahrung hat. Verwendet wird eine Mischung aus 50% Rewoquat, 30% Ethanol und 20% Wasser. Das Geländekonzentrat wird über Nacht in dem Rewoquat-Gemisch eingeweicht und dann mit warmem Wasser durch einen Satz von 2 mm-, 1 mm- und 0,5 mm-Sieben gespült. Um das Tensid wieder vollständig zu entfernen und um feinste Sedimentpartikel von den Fossilien zu lösen, wird ein weiterer Schlämmdurchgang mit einer schwachen Wasserstoffperoxidlösung durchgeführt. Das so gewonnene Konzentrat ist praktisch tonfrei und besteht nahezu nur aus Schuppen, Zähnen und Knochenbruchstücken. So kann im Labor eine weitere Reduktion des Konzentrats um etwa 85% erreicht werden. Nach der Trocknung im Wärmeschrank bei 50° C ist das Konzentrat zum Auslesen unter dem Binokular bereit. Das Schlämmen und Auslesen wurde von studentischen Hilfskräften ausgeführt, die aus Mitteln des Denkmalförderprogrammes finanziert wurden, ebenso wie die Beschaffung des benötigten Tensids. Bis heute wurden nahezu alle Schlammkonzentrate des Jahres 2015 ausgelesen. Daraus entstand eine Sammlung von Mikrofossilien, die mehrere Tausend Exemplare umfasst (siehe 5.5).

5.4. Durch Makrofossilien belegte Taxa und ihre Bewertung

Neben der reichhaltigen Literatur aus dem 19. Jh (vgl. Lydekker, 1889) steht die erste moderne Arbeit von Storrs (1994), der eine umfassende Faunenübersicht der englischen Rhätbonebeds gibt. Storrs & Large (1996) behandeln in einer weiteren Arbeit den häufigsten Tetrapoden dieser Bonebeds, den möglichen Choristoderen *Pachystropheus rhaeticus* von Huene, 1935. Die Arbeitsgruppe um Prof. Michael Benton (University of Bristol) hat im vorherigen und diesem Jahr einige Publikationen über verschiedene Rhätbonebeds in Südengland verfasst (vgl. Allard et al., 2015; Korneisel et al., 2015; Nordén et al., 2015; Lakin et al., 2016; Mears et al., 2016; Slater et al., 2016), die uns die Einordnung und Beschreibung des Materials aus Bonenburg erleichtern. Außerdem zeigen diese Publikationen bereits in diesem frühen Stadium unserer Untersuchung, dass der Fossilgehalt der englischen Fundstellen nicht so gut und weniger umfassend ist, als der der Fossilagerstätte bei Bonenburg. Auch über Tetrapodenfunde aus dem französischen Rhät gibt es eine aktuelle Arbeit (Fischer et al., 2014), die sich zwar vor allen den Ichthyosauriern widmet, aber bei der Bewertung der Bonenburger Funde insgesamt sehr hilfreich ist.

Die aktuellen englischen Publikationen (Allard et al., 2015; Korneisel et al., 2015; Nordén et al., 2015; Lakin et al., 2016; Mears et al., 2016; Slater et al., 2016) beschreiben vor allem Material, das durch Schlämmen gewonnen wurde und somit den Mikrofossilien zuzurechnen ist, die im nächsten Abschnitt besprochen werden. Manche der dort genannten Taxa konnten von uns jedoch auch direkt aus dem Bonebed geborgen werden. Diese Stücke sind normaler Weise weniger beschädigt als diejenigen, die durch Schlämmen gewonnen wurden. Wegen der großen Ähnlichkeit des englischen Materials mit dem von uns geborgenen werden im Folgenden direkte Vergleiche gezogen.

Zahlreiche Zähne von „*Hybodus*“ *cloacinus* (Abb. 17B), mit einer Breite von bis zu 3 cm, konnten direkt aus dem Bonebed 2 geborgen werden, ebenso wie die großen hybodontiformen Flossenstacheln (Abb. 17D), die vermutlich von dieser Art getragen wurden. Ein kleinerer und wesentlich häufigerer Flossenstacheltyp ist als *Nemacanthus monilifer* Agassiz, 1837 beschrieben worden (Abb. 17F). Er wurde in mehreren, sehr vollständigen Exemplaren geborgen. Dieser Typ Flossenstachel ist bislang noch nicht sicher mit einem Zahntaxon assoziiert. Nach den Befunden von Bonenburg ist zu vermuten, dass er zu einem der beiden häufigsten Zahntaxa zu stellen ist; zu *Lissodus minimus* oder zu *Rhomphaiodon minor*. Ein dritter Typ Flossenstachel entspricht in seiner Dimension ungefähr *N. monilifer*, zeigt aber eine deutlich andere Oberflächenstruktur (Abb. 17E).

Tab. 1: Vorläufige Auflistung des Fauneninhalts des Rhät-Bonebeds 2 von Bonenburg (Stand 2015). ¹Vor allem bzw. nur aus dem Schlämmkonzentrat bekannt. ²Nur in der Sammlung Mertens repräsentiert.

Chondrichthyes

<i>Grozonodon candau</i>	Zähne ¹	selten
<i>Lissodus minimus</i>	Zähne ¹	sehr häufig
" <i>Hybodus</i> " <i>cloacinus</i>	Zähne	sehr häufig
<i>Nemacanthus monilifer</i>	Flossenstacheln mit Längsrippen	sehr häufig
<i>Parascylloides turnerae</i>	Zähne ¹	mäßig häufig
<i>Pseudocetorhinus pickfordi</i>	Zähne ¹	sehr selten
<i>Rhomphaiodon minor</i>	Zähne ¹	sehr häufig
<i>Synechodus rhaeticus</i>	Zähne ¹	sehr selten
Hybodontiformes indet.	Flossenstacheln mit Längsrippen	mäßig häufig
Hybodontiformes indet.	große Flossenstacheln	selten

Actinopterygii

<i>Gyrolepis albertii</i>	Zähne und Schuppen ¹	häufig
<i>Sargodon tomicus</i>	inzisiforme & molariforme Zähne, zahnbesetzte Knochenplatten ¹	häufig
<i>Severnichthys acuminatus</i>	Schädelreste	selten
Zahntyp <i>Saurichthys-Birgeria</i>	Zähne	häufig
<i>Lepidotes</i> sp.	Zähne	häufig

Dipnoi

<i>Ceratodus latissimus</i>	Zähne	selten
Ptychoceratodontidae indet.	Schuppen	selten

Temnospondyli

Temnospondyli indet. ²	Kieferfragmente, Fragment einer Interclavicula, Langknochen	recht häufig
-----------------------------------	---	--------------

Ichthyosauria

Ichthyosauria indet.	Zähne, Wirbel	häufig
cf. <i>Shonisaurus</i> ²	Wirbel	recht häufig

Sphenodontia

aff. <i>Diphyodontosaurus avonis</i>	Kieferfragment ¹	sehr selten
--------------------------------------	-----------------------------	-------------

Plesiosauria

Plesiosauria indet.	Zähne	recht häufig
Plesiosauria sp. A	Wirbel	recht häufig
Plesiosauria sp. B	Wirbel	recht häufig
Plesiosauria sp. C	Wirbel	recht häufig

Choristodera

<i>Pachystropeus rhaeticus</i>	Wirbel, Langknochen	sehr häufig
--------------------------------	---------------------	-------------

Cynodontia

<i>Lepagia gaumensis</i>	Zahn ¹	sehr selten
--------------------------	-------------------	-------------

Einer der Gipsblöcke, der im Frühjahr 2016 präpariert wurde, enthielt das Maxillare (Abb. 12A, 13 und 18) des großen, mit *Birgeria* verwandten Actinopterygiers *Severnichthys acuminatus* (Agassiz, 1835), der anhand ähnlicher Reste aus dem englischen Rhät beschrieben wurde (Storrs 1994). Durch das Plicidentin der Zahnbasis ähneln manche *Severnichthys*-Funde oberflächlich großen temnospondylen Amphibien (siehe unten), unterscheiden sich aber von diesen durch die feinere Skulptur der dermalen Knochenoberfläche, die auch bei dem von uns geborgenen Maxillare sichtbar ist.

Die Grabung erbrachte mehrere Zahnplatten des für die Trias charakteristischen Lungenfisches *Ceratodus*, die im Rhät traditionell *C. latissimus* Agassiz, 1838 zugeordnet werden (Abb. 18B). Diese Zahnplatten sind unterschiedlich gut erhalten und zeigen verschiedene Abnutzungsstadien. Das gewonnene Material wird zukünftig eine verbesserte Kenntnis dieses Taxons und der Zahnplattenabnutzung erlauben (siehe auch Skrzycki, 2015).

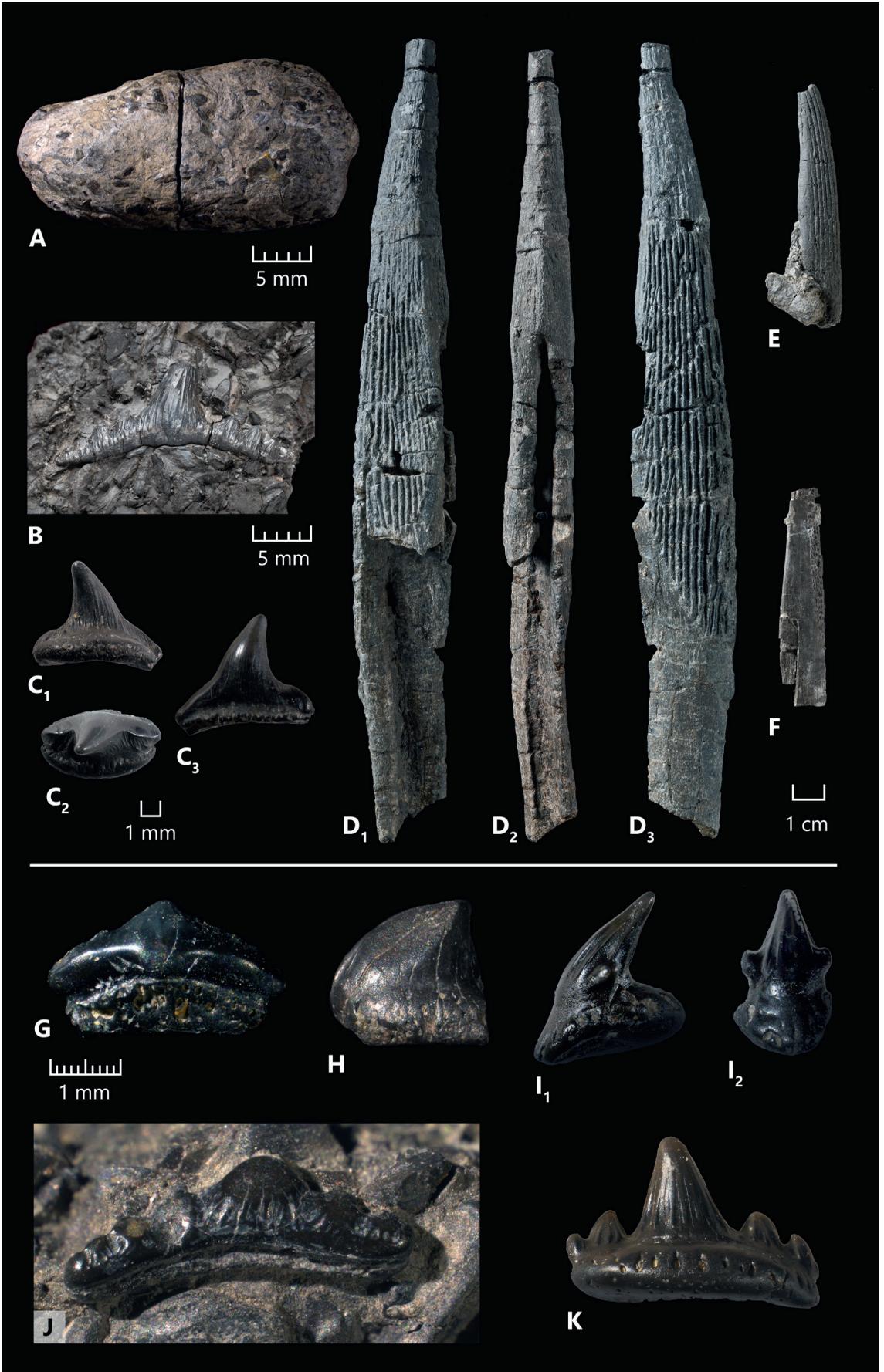
Reste von Temnospondylen, inklusive eines Angulares (Abb. 3), eines Humerus und eines Bruchstückes einer Interclavicula, finden sich in der Sammlung Mertens. Unter den englischen Funden wurde derartiges Material von Storrs (1994) dem großen Osteichthier *Severnichthys* zugeordnet und postuliert, dass im englischen Rhät keine Temnospondylen vorkommen. Die erwähnten Funde aus Bonenburg lassen sich dagegen eindeutig Temnospondylen zuordnen. Es ist daher nicht auszuschließen, dass zumindest ein Teil des englischen Materials doch von Temnospondylen stammt (contra Storrs, 1994). Das Vorkommen von Temnospondylen ist deswegen von besonderer Bedeutung, weil diese laut Tanner et al. (2004), mit Ausnahme von Ostasien und Australien, bereits im Nor verschwunden waren. Dem steht auch nicht die Arbeit von Witzmann & Gassner (2008) entgegen, die Temnospondylen von der Trias/Jura-Grenze in Südportugal beschreibt, was aber von Brusatte et al. (2015) dahingehend korrigiert wurde, dass die relevanten Sedimente (auch aufgrund des Vorkommens von *Metoposaurus*) nicht jünger als Nor sein können.

Ichthyosaurier sind, wie auch in den englischen und französischen Rhätfaunen (Storrs, 1994; Fischer et al., 2014), nicht selten und konnten von uns in Form der charakteristischen Wirbel (Abb. 12D und 20A) geborgen werden. Allerdings konnten wir auf unserer Grabung die in der Sammlung Mertens und aus England und Frankreich bekannten *Shonisaurus*-artigen Wirbel nicht beobachten. Plesiosaurier sind ebenfalls mit mehreren Wirbeln belegt, so durch einen auffällig großen (7 cm Zentrumsdurchmesser) und sehr vollständig erhaltenen hinteren Halswirbel (Abb. 19B) und einen kleineren Halswirbel (Abb. 19D), die unterschiedliche Taxa repräsentieren müssen. Bei einem abgeflachten Extremitätenknochen (Abb. 19C) handelt es sich vermutlich um ein Plesiosaurier-Carpale oder Tarsale. Die Plesiosaurierreste aus Bonenburg belegen schon jetzt eine hohe Diversität der Gruppe noch vor dem Ende der Trias, ebenso ein erstaunliches Größenspektrum mit Formen, die über 4 m lang gewesen sein müssen. Ein Schwerpunkt unserer zukünftigen Forschung wird die Erfassung dieser Diversität und ihrer Bedeutung für die frühe Evolution der Plesiosaurier und die spät- und end-triasischen Aussterbeereignisse sein.

Der, wie schon erwähnt, sehr häufige *Pachystropheus rhaeticus* ist in unseren Aufsammlungen durch zahlreiche Wirbel aus verschiedenen Regionen der Wirbelsäule, Rippen und vermutliche Schädel- (Abb. 19E, F), Gürtel- (Abb. 19E) und Langknochen belegt, wobei dieses Material noch sehr unvollständig erfasst ist. Hier besteht die Hoffnung, dass die Erfassung zusammen mit zukünftigen Grabungen eine vollständige Repräsentation des Skelettes dieses vermutlich ältesten Choristoderen (Storrs & Large, 1996) erbringen werden. Laut Nordén et al. (2015) könnte es sich bei *Pachystropheus* jedoch auch um einen Thalattosaurier handeln, der dann der letzte Vertreter dieser Gruppe wäre. Eine bessere Kenntnis von *Pachystropheus* durch mehr Material ist nötig, um dessen systematische Stellung zu klären.

Neben den Körperfossilien wurden auch makroskopisch erkennbare Ichnofossilien von Vertebraten in Form von Kopolithen ausgegraben. Die zumeist länglichen Stücke erreichen Durchmesser von bis zu mehreren Zentimetern. Kopolithen, vor allem Bruchstücke, wurden auch bei der Analyse der Mikrofauna gefunden. Vollständige Exemplare belegen, dass ihr Längenspektrum bis in den Bereich von wenigen Millimetern reicht. Die Kopolithen zeichnen sich in Bonenburg durch eine sehr massige, pyrithaltige Erhaltung aus. In

Abb. 17: (gegenüberliegende Seite) Repräsentative Chondrichthyes-Funde der Grabung 2015. **A** Kopolith, mit deutlich erkennbaren Ganoidschuppen und Fischzähnen auf der Außenfläche (LWL MfN P64341). **B** „*Hybodus*“ *cloacinus*-Zahn (LWL MfN P64342) in labialer Ansicht, im Sediment liegend. **C** *Grozonodon candau* (LWL MfN P64343) in lingualer (C₁), apikaler (C₂) und labialer Ansicht (C₃). **D** Hybodontiformer Flossenstachel (LWL MfN P64344), vermutlich zu „*Hybodus*“ *cloacinus* gehörig, in links lateraler (D₁), posteriorer (D₂) und rechts lateraler Ansicht (D₃). Maßstab unten rechts gilt für E - G. **E** Hybodontiformer Flossenstachel (LWL MfN P64345) in rechts lateraler Ansicht. **F** Flossenstachel *Nemacanthus monilifer* (LWL MfN P64346) in rechts lateraler Ansicht. **G** *Lissodus minimus* (LWL MfN P64347) in lingualer Ansicht. **H** *Pseudocetorhinus pickfordi* (LWL MfN P64348) in lingualer Ansicht. **I** *Parascylloides turnerae* (LWL MfN P64349) in lateraler (I₁) und anteriorer Ansicht (I₂). **J** *Synechodus rhaeticus*-Zahn (LWL MfN P64350) in anteriorer Ansicht, im Sediment liegend. **K** *Rhomphaiodon minor* in lingualer Ansicht (LWL MfN P64351). Fotos D bis F: Georg Oleschinski, Steinmann-Institut; andere: AHS.



der Regel, jedoch nicht ausschließlich, liegen sie in ihrer originären, dreidimensionalen Form vor oder sind nur leicht verdrückt. Die Anreicherung dieser Fossilien in einem Bonebed zeigt an, dass die Koprolithen früh mineralisiert wurden, was vermutlich auf eine Phosphoritisierung zurück zu führen ist. Besonders der Kot von Fleischfressern enthält viel Calciumphosphat, welches diese Art der Mineralisierung auslösen kann (Duffin, 1979). Diese Schlussfolgerung lässt sich für einige der Koprolithen direkt bestätigen, da Reste der Beutetiere an der Oberfläche erkennbar sind. Zumeist sind dies Ganoidschuppen, untergeordnet auch spitzkonische Zähne und Knochenbruchstücke (Abb. 17A). Allein aufgrund des Größenspektrums ist anzunehmen, dass die Koprolithen auf unterschiedliche Erzeuger zurückgehen. Eine Differenzierung nach Form und Beschaffenheit steht bislang noch aus.

5.5. Die Mikrofauna und ihre Bewertung

Aus den Schlämmpkonzentraten haben die studentischen Hilfskräfte vor allem Chondrichthyes-Zähne ausgelesen. Diese sind im Wesentlichen diagnostischer als die noch zahlreicheren Schuppen und Zähne der Osteichthier. Bei den überlieferten Chondrichthyes handelt es sich um eine typisch rhätische Vergesellschaftung (vgl. beispielsweise Duffin, 1998).

Im Vergleich zu den kürzlich beschriebenen Faunen aus den britischen Rhät-Bonebeds fällt die Dominanz der beiden Hai-Arten *Lissodus minimus* (Agassiz, 1839) und *Rhomphaiodon minor* (Agassiz, 1837) im Mikrofossilbericht des Bonenburger Bonebed 2 auf (vgl. hierzu Allard et al., 2015; Korneisel et al., 2015; Nordén et al., 2015; Mears et al., 2016; Slater et al., 2016). Aus den makroskopischen Aufsammlungen sind des Weiteren relativ viele Zähne von „*Hybodus*“ *cloacinus* Quenstedt, 1858 belegt. Die Analyse der Schlämmpben erbrachte eine große Anzahl weiterer Zahnbruchstücke dieses Taxons. Aus den britischen Rhät-Bonebeds sind weitere Chondrichthyes-Taxa bekannt, die sich zum Teil auch in Bonenburg wiederfinden lassen. Dies sind *Pseudocetorhinus pickfordi* Duffin, 1998 und *Synechodus rhaeticus* (Duffin, 1982), die bislang durch zwei, bzw. einen Fund belegt sind. Darüber hinaus ist in Bonenburg auch *Parascylloides turnerae* Thies et al., 2014 und *Grozonodon candau* Cuny et al. 1998 durch mehrere Dutzend Exemplare belegt. Ersteres Taxon ist aus dem Rhät von England und Süd-, sowie Norddeutschland bekannt (Thies et al., 2014). *Grozonodon candau*, ursprünglich auf der Basis von fragmentarischen Zahnresten aus dem Nor und Rhät von Frankreich beschrieben, liegt aus Bonenburg erstmalig in mehreren kompletten Zähnen vor.

Im Vergleich mit anderen Chondrichthyer-Funden aus britischen Rhät-Fundstellen ist die Individuenzahl der beiden Zahntaxa *Lissodus minimus* und *Rhomphaiodon minor* aus Bonenburg bislang unerreicht. Dies macht eine hervorragende Erfassung ihrer Variabilität und die Rekonstruktion der Gebisse der zwei Arten möglich. Die Gebissrekonstruktion beruht auf der Beobachtung, dass Haizähne einen regelhaften morphologischen Wandel von mesial nach distal und häufig auch Unterschiede zwischen Ober- und Unterkiefer zeigen. Weiterhin wird sie dadurch ermöglicht, dass aus Fundstellen anderen Alters Taxa bekannt sind, die zum einen mit den rhätischen Formen verwandt sind und zum anderen vollständig erhaltene Gebisse aufweisen.

Die detaillierte systematische Untersuchung der Osteichthyer-Zähne aus dem Bonebed von Bonenburg muss noch erfolgen. Aus dieser Gruppe sind vor allem Zähne und Schuppen identifiziert worden. Wie auch in anderen rhätischen Bonebeds, sind die Osteichthyer-Zähne jedoch systematisch schwieriger zuzuordnen, da sie eine große intraspezifische Formenvielfalt haben und weniger Merkmale zeigen, als die Chondrichthyes-Zähne und -Stacheln. Vielfach vertreten ist die Spezies *Sargodon tomicus* Plieninger, 1847, sowohl durch die charakteristischen Schneidezähne (Abb. 18D), als auch durch die Knackzähne mit punktierter Oberfläche, die einzeln oder in Zahnplatten gefunden wurden (Abb. 18C). Die punktierte Oberfläche ist dabei ein Effekt der Abnutzung, die vaskuläre Kanäle freilegt, die in dieser Art nur bei *Sargodon* bekannt sind (Ørvig, 1978; Andreev, 2010) und erlaubt die Unterscheidung von den ähnlichen *Lepidotes* sp.-Zähnen, die wir auch nachgewiesen haben. Des Weiteren fanden sich spitzkegelige Zähne mit einer abgesetzten Schmelzkappe, die dem *Saurichthys*- oder *Birgeria*-Typ entsprechen (Abb. 18B). Der von Storrs (1994) aufgestellte und bereits diskutierte *Severnichthys acuminatus* hat Zähne, die bereits von Agassiz (1835) als *Saurichthys acuminatus* beschrieben wurden und auch im Bonenburger Material zu finden sind. Des Weiteren ist die Spezies *Gyrolepis albertii* Agassiz, 1835 durch die charakteristischen Schuppen mit längs verlaufenden Schmelzstreifen und auch durch mögliche Einzelzähne belegt. Im Schlämmpkonzentrat finden sich auch Bruchstücke von Schuppen, die den Dipnoi, wahrscheinlich den Ptychoceratodontidae, zuzuordnen sind. Sie zeigen eine Oberfläche, die mit kleinen Tuberkeln besetzt ist.

Ein Einzelfund aus dem Schlämmpkonzentrat belegt den Eintrag von terrestrischen Reptilien in den rhätischen Ablagerungsraum von Bonenburg. Der Fund umfasst ein Kieferbruchstück mit zwei pleurodonten, im Querschnitt runden Zähnen. Diese sind apikal mit Schmelz bedeckt, der an der Basis feine Längsriefen zeigt. Die Schmelzkappen reichen nicht über das Niveau der Knochenpleure hinaus. Die Zahnspitzen sind leicht

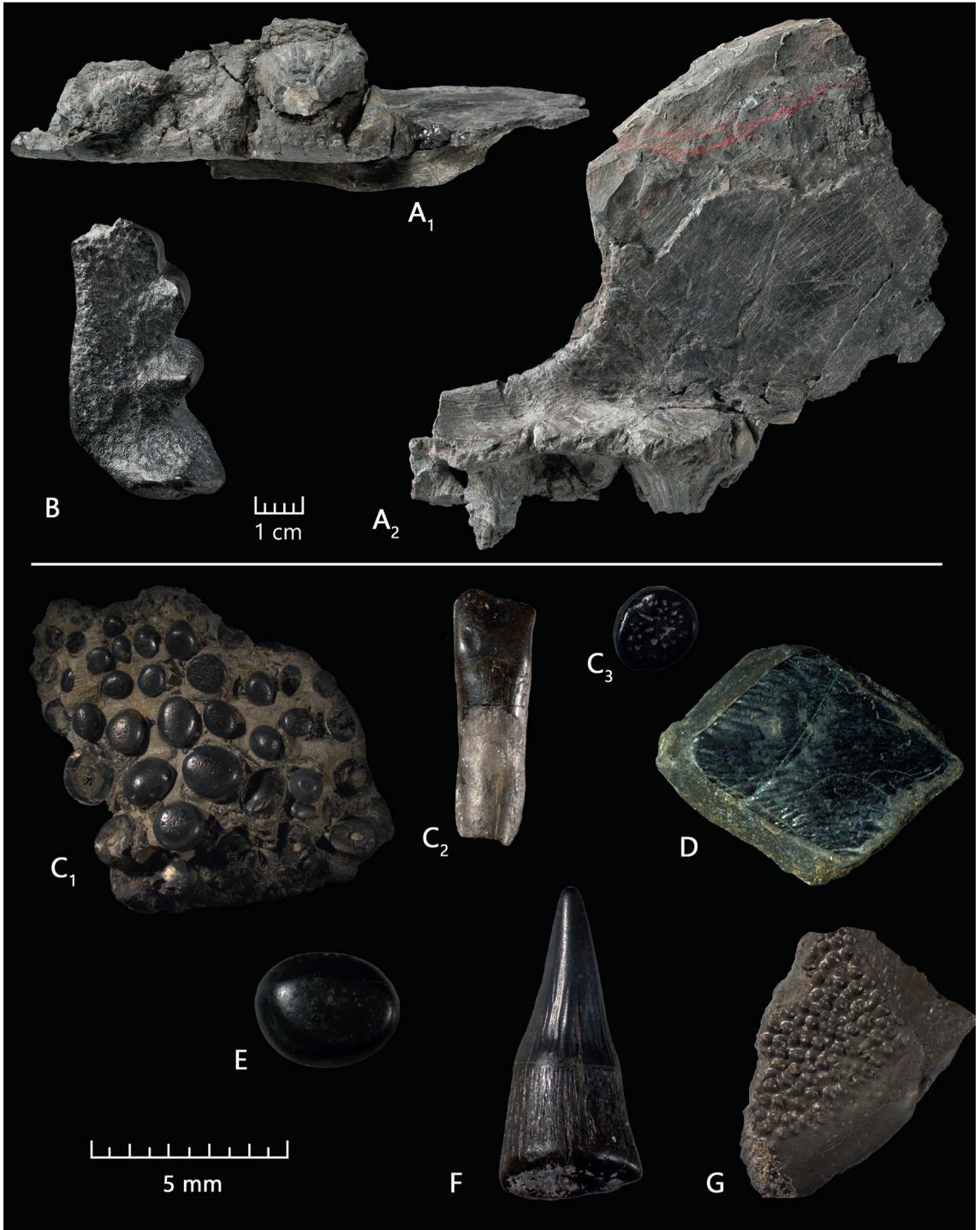


Abb. 18: Repräsentative Osteichthyes-Funde der Grabung 2015. **A** *Severnichthys acuminatus*, Kieferfragment (Maxillare) mit Zähnen (LWL MfN P64366) in okklusaler (A₁) und medialer Ansicht (A₂). **B** Zahnplatte (LWL MfN P64352) des Lungenfisches *Ceratodus latissimus* in okklusaler Ansicht. **C** *Sargodon tomicus*: (C₁) Zahnplatte mit kugeligen Knackzähnen (LWL MfN P64355), (C₂) inzisiformer Frontzahn (LWL MfN P64354), (C₃) einzelner Knackzahn (LWL MfN P64353). **D** *Gyrolepis albertii*, isolierte Schmelzschuppe mit typischen Schmelzstreifen (LWL MfN P64358). **E** Kugeliger Knackzahn aus dem Formenkreis von *Lepidotes* sp. (LWL MfN P64357). **F** *Saurichthys/Birgeria*-Zahn (LWL MfN P64358). **G** Schuppenbruchstück, das vermutlich einem Ptychoceratodontidae zuzuordnen ist (LWL MfN P64359). Fotos A und B : Georg Oleschinski, Steinmann-Institut; andere: AHS.

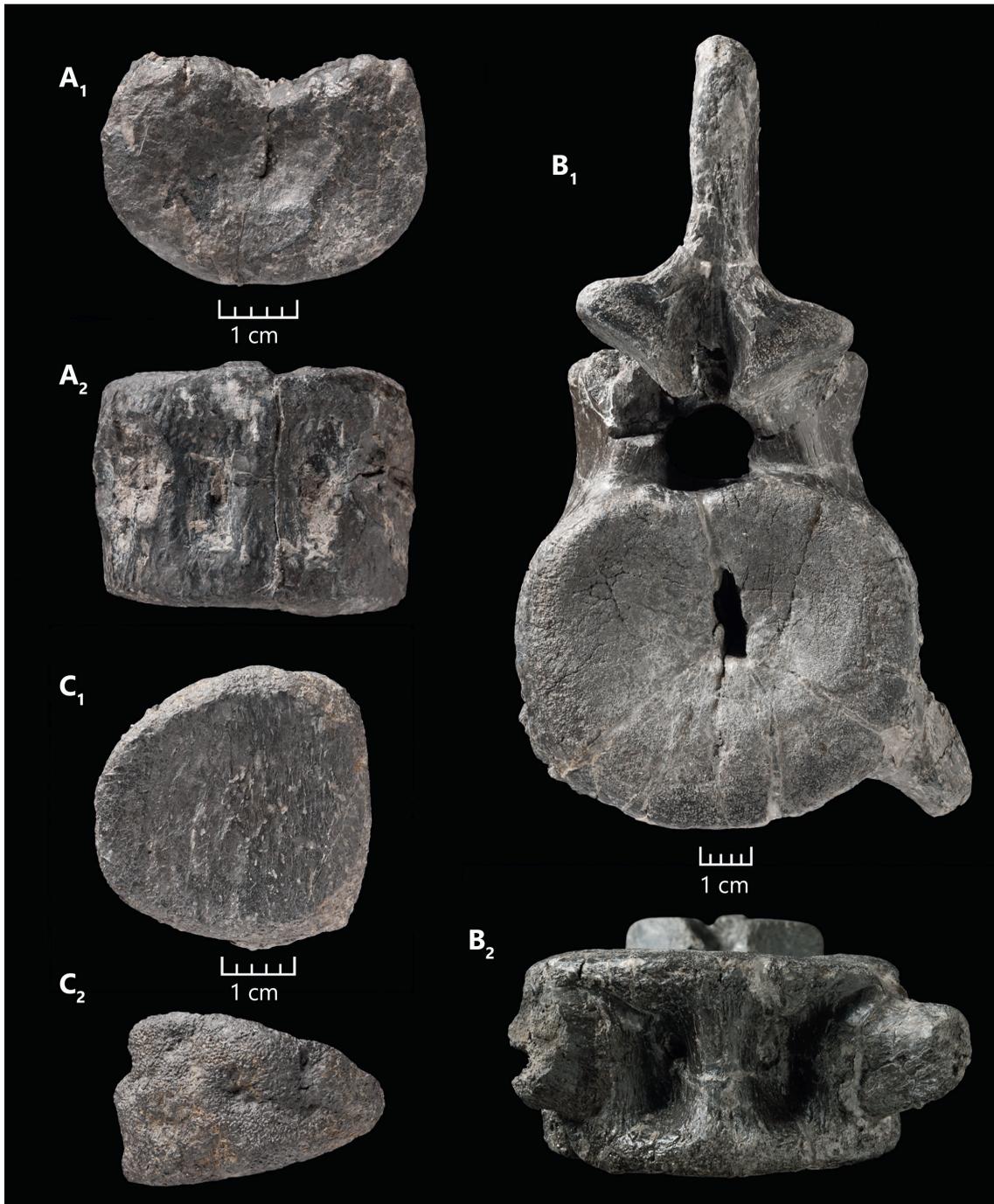


Abb. 19: Plesiosaurierfunde der Grabung 2015. **A** Halswirbelzentrum eines kleineren Plesiosauriers (LWL MfN P64360) in (A₁) anteriorer oder posterior Ansicht und (A₂) in ventraler Ansicht. Man beachte die großen und tief eingesenkten subzentralen Foramina. **B** Halswirbel eines sehr großen Plesiosauriers (LWL MfN P64361) in (B₁) posterior Ansicht und (B₂) in ventraler Ansicht. Man beachte auch hier die großen und tief eingesenkten subzentralen Foramina. **C** Carpale oder Tarsale eines Plesiosauriers (LWL MfN P64362). Fotos Georg Oleschinski.

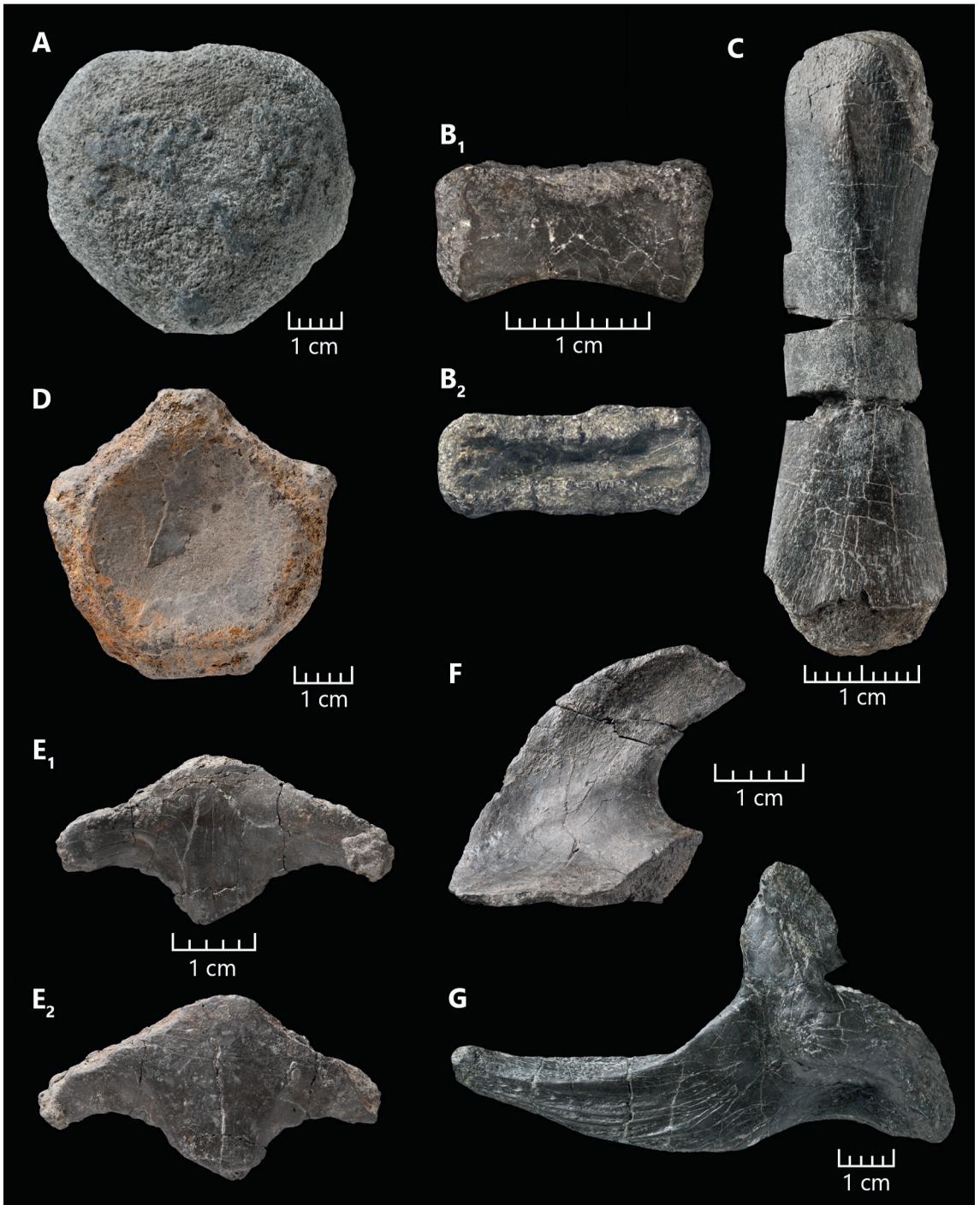


Abb. 20: Durch Makrofossilien der Grabung 2015 belegte Taxa von sonstigen Tetrapoden. **A** Atlas-Wirbel eines Ichthyosauriers in anteriorer Ansicht (LWL MfN P64363). **B** Schwanzwirbelzentrum von *Pachystropeus rhaeticus* (LWL MfN P64364) in lateraler (B_1) und dorsaler Ansicht (B_2). Man beachte den sehr tief eingesenkten Boden des Neuralkanals. **C** Humerus von *Pachystropeus rhaeticus* (LWL MfN P64365) in ?dorsaler Ansicht. **D** Wirbel eines noch unbestimmten marinen Reptils (LWL MfN P64366), vermutlich eines Plesiosauriers oder Ichthyosauriers, in anteriorer oder posteriorer Ansicht. **E** Interclavicula von *Pachystropeus rhaeticus* (LWL MfN P64367) in dorsaler (E_1) und ventraler Ansicht (E_2). **F** ?Scapula von *P. rhaeticus* (LWL MfN P64368) in ?medialer Ansicht. **G** Schädelknochen (LWL MfN P64369) eines größeren Reptils. Dieser charakteristische Knochen wurde von Storrs (1996, Abb. 4) als Ectopterygoid von *P. rhaeticus* identifiziert. Fotos Georg Oleschinski.

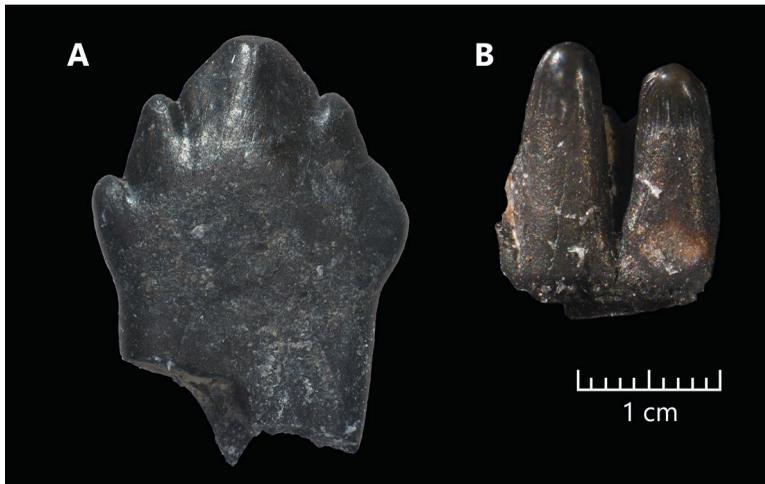


Abb. 21: **A** Zahn des Cynodontiers *Lepagia gaumensis* aus dem Schlämmkonzentrat in labiolingualer Ansicht (siehe auch Schwermann, dieses Heft). Die Zahnkrone ist fünfspitzig und recht symmetrisch, wobei die äußeren, basalen Spitzen stärker abgesetzt sind als die mittleren. Die Wurzel scheint wenig von der Krone abgesetzt zu sein, was aber auch ein Effekt von Abrollung gewesen sein könnte. **B** Zahntragendes Kieferfragment des Sphenodontiers cf. *Diphyodontosaurus* (LWL MfN P643 72) in lingualer Ansicht. Fotos AHS.

nach lingual geneigt. Dieses Exemplar zeigt große Ähnlichkeiten mit dem Sphenodontier *Diphyodontosaurus avonis* Whiteside, 1986 aus dem Rhät von England (Foffa et al., 2014).

Da das süddeutsche und schweizerische Rhät in den Fundstellen Olgahain bei Tübingen und Hallau bei Schaffhausen frühe Säugetiere (Mammaliaformes) wie *Tricuspes* und Morganucodontiden geliefert hat (Peyer, 1956; Clemens, 1980; Kindlimann, 1984; Clemens & Martin, 2014), und derartige Funde auch aus rhätischen Fundstellen in Luxemburg, Frankreich und England bekannt sind (Sigogneau-Russell, 1983; Hahn et al., 1984; Hahn et al., 1987; Godefroit & Battail, 1997; Godefroit & Sigogneau-Russel, 1999; Kielan-Jaworowska et al., 2004; Debuyschere et al., 2014), war und ist ein wichtiges Ziel der Mikrofossilanalyse das Auffinden von Säugetier- oder anderen Synapsidenzähnen. Bisher konnte ein einziger Fund dieser Art im Schlämmkonzentrat gemacht werden, der Einzelzahn des Cynodontiers *Lepagia gaumensis* Hahn et al. 1987 (siehe auch Schwermann, dieses Heft). Es besteht also die berechnete Vermutung, dass mit weiteren Auslesearbeiten noch weitere Zähne seltener, terrestrischer Tetrapoden gefunden werden.

6. Zusammenfassung und Perspektiven

Die hier vorgestellten ersten Ergebnisse der Pilot-Grabung vom Mai 2015 unterstreichen das herausragende Potential und den einzigartigen Fossilreichtum der neuen Grube bei Bonenburg und lassen weitere Grabungen als zwingend erscheinen. Basierend auf den Funden, die von Herrn Mertens seit 2009 und von uns während der Grabung gemacht wurden, lassen sich folgende, vorläufige Ergebnisse feststellen: (1) Es gibt mindestens drei Bonebeds in den dunklen Rhät-Tonsteinen, von denen das mittlere, doppelt ausgebildete, am interessantesten zu sein scheint. (2) Die Chondrichthyer-Fauna ist sehr reich und zeigt Überschneidungen mit den englischen, französischen und süd-, sowie norddeutschen Rhätvorkommen. (3) Es besteht Potential, durch Schlämmen Säugetier- und weitere Reptilienreste zu gewinnen. (4) Tetrapoden sind als Makrofossilien durch vier Taxa (Temnospondyli, Ichthyosauria, Plesiosauria, *Pachystrophia*) repräsentiert, die alle aus dem Rhät sehr schlecht bekannt sind, so dass die Materialbasis unbedingt erweitert werden sollte. (5) Das Potential, weitere Tetrapodontaxa, wie frühe Dinosaurier, zu finden, ist aufgrund der Ähnlichkeit des Vorkommens mit den englischen Rhät-Bonebeds (Storrs, 1994) als hoch einzustufen.

Aus der Sicht der universitären Lehre ist eine Weiterführung der Grabungen in Bonenburg als Lehrgrabung mit Bachelor- und Masterstudenten aus vier Gründen sehr attraktiv: (1) die hohe Funddichte, (2) die relativ einfache Erkenn- und Bestimmbarkeit vieler Fossilien bereits im Gelände, (3) das diverse Methodeninventar, inklusive Schlämmen, und (4) die hochinteressante Geologie der Grube.

Die Erfahrungen aus der Pilotgrabung von 2015 legen verschiedene methodische Verbesserungen nahe: (1) Das Bonebed sollte erst direkt vor der Grabung freigelegt werden, um eine Austrocknung zu verhindern. (2) Zukünftige Grabungsflächen sollten trotz der stärkeren Hangneigung eher im nördlichen Teil des Rhätaufschlusses angelegt werden, da hier die Mikrotektonik geringer ausgeprägt ist. (3) Knochen im Größenbereich

mehrere Zentimeter sollten schon im Gelände weitgehend von der Matrix befreit werden, da diese schwierig zu konservieren ist und bei der Austrocknung das Fossil in Mitleidenschaft ziehen kann. Die bei der Grabung angewandte Schlämntechnik hat sich als durchaus adäquat erwiesen.

Die positiven logistischen Rahmenbedingungen werden zukünftige Grabungen sehr erleichtern und zum Erfolg beitragen. Hier ist erstens der sehr kooperative Grubenbetreiber zu erwähnen, zweitens die ortsansässige Baggerfirma und drittens die Verfügbarkeit eines preisgünstigen Quartiers im Ort selbst. Dies alles wird es uns erlauben, die Grabung in den nächsten Jahren als attraktive Lehrgrabung für Bachelor- und Masterstudenten der Universität Bonn weiterzuführen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in der neuen Grube Bonenburg für den Zeitraum, in dem hier die dunklen Tonsteine des Rhäts abgebaut werden, jährliche Grabungen im Bonebed 2 durchgeführt werden sollten. Das gesamte Rhät-Hettangium-Grenzprofil sollte dringend in einem interdisziplinären Projekt untersucht werden, da es wichtige Informationen zu den Ereignissen in der späten Trias und an der Trias/Jura-Grenze liefern kann. Ebenso werden die Plesiosaurier-Reste aus dem Bonebed zusammen mit dem Skelett einen grundlegenden Beitrag zur Erforschung des Ursprungs und der frühen Verbreitungsgeschichte dieser wichtigen Gruppe mariner Saurier leisten.

7. Danksagungen

Unser erster Dank gilt Herrn Michael Mertens (Altenbeken-Schwaney) für seine unermüdliche Sammlertätigkeit im rhätischen Teil der neuen Grube, für seine Einführung ins Gelände und die Bergung der Funde aus dem Bonebed, für sein Engagement und Hilfe während der Grabung, sowie für diverse Fotos. Dr. Alfred Hendricks und Dr. Detlef Grzegorzcyk (beide LWL-Museum für Naturkunde Münster) danken wir für die Einladung zur Erforschung der Fundstelle und die Erlaubnis, die Grabung durchzuführen und nicht zuletzt für die großzügige Finanzierung aus Mitteln des NRW-Denkmalförderungsprogrammes. Die Firma August Lücking GmbH & Co. KG mit ihrem Geschäftsführer Herrn Joachim Thater stand der Grabung sehr wohlwollend gegenüber und unterstützte uns durch Koordination der Abbauplanung. Die Fa. Johannes Müller Gartenbau und Pflasterbetriebe leistete hervorragende und prompte Arbeit bei der Freilegung des Profils und der Grabungsflächen. Unsere Kollegen Prof. Dr. Paul E. Olsen (Columbia University, New York, USA), PD Dr. Martin Aberhan (Museum für Naturkunde, Berlin), Dr. Robert Bussert (Technische Universität Berlin) und Prof. Dr. Jes Rust (Universität Bonn) unterstützten uns durch Profilaufnahmen, Bestimmung von Invertebratenfossilien und Diskussionen im Gelände. PD Dr. Aberhan und Dr. Bussert stellten die Vorlage für Abb. 6 zur Verfügung. Für die tatkräftige Unterstützung bei der Grabung danken wir Olaf Dülfer (Universität Bonn), Thorsten Plogschies (Universität Bonn), Klaus Schwermann (Coesfeld) und Hermann Winkelhorst (Aalten, Niederlande). Die Sammler Dr. Rainer Ebel (Bünde), Michael Kaiser (Bad Salzuflen) und Karl-Josef Ortmann (Bonenburg) gaben uns Hintergrundinformation zur neuen Grube Bonenburg und den Invertebraten des Juras. Wir bedanken uns herzlich bei Georg Oleschinski (Universität Bonn), der viele der Fossil-Fotografien in bewährter höchster Qualität angefertigt hat und ebenso bei Mirjam Cahnbley, Jessica Landgraf, Moritz Malott und Samantha Moody (alle Universität Bonn) für das Schlämmen und Auslesen der Mikrovertebratenproben.

8. Literatur

- Agassiz, J. L. R. (1833-1844): Recherches sur les Poissons Fossiles. Tome 3 Concernant l'Histoire de l'Ordre des Placoides. - 390 S., Paris (Imprimerie Petitpierre).
- Allard, H., Carpenter, S. C., Duffin, C. J. & Benton, M. J. (2015): Microvertebrates from the classic Rhaetian bone beds of Manor Farm Quarry, near Aust (Bristol, UK). - Proceedings of the Geologists' Association **126**: 762-776.
- Andreev, P. S. (2010): Convergence in dental histology between the Late Triassic semionotiform *Sargodon tomicus* (Neopterygii) and a Late Cretaceous (Turonian) pycnodontid (Neopterygii: Pycnodontiformes) species. - Microscopy Research and Technique **74**: 464-479.
- Averianov, A. O., Martin, T. & Lopatin, A. (2014): The oldest dryolestid mammal from the Middle Jurassic of Siberia. - Journal of Vertebrate Paleontology **34**: 924-931.
- Brusatte, S. L., Butler, R. J., Mateus, O. & Steyer, J. S. (2015): A new species of *Metoposaurus* from the Late Triassic of Portugal and comments on the systematics and biogeography of metoposaurid temnospondyls. - Journal of Vertebrate Paleontology **35**(3): e912988.

- Clemens, W. A. (1980): Rhaeto-Liassic mammals from Switzerland and West Germany. - *Zitteliana* **5**: 51-92.
- Clemens, W. A. & Martin, T. 2014. Review of the non-tritylodontid synapsids from bone beds in the Rhaetic Sandstone, southern Germany. - *Paläontologische Zeitschrift* **88**: 461-479.
- Debuyschere, M., Gheerbrant, E., & Allain, R. (2014): Earliest known European mammals: a review of the Morganucodonta from Saint-Nicolas-de-Port (Upper Triassic, France). - *Journal of Systematic Palaeontology* **13**: 1-31.
- Duffin, C. J. (1979): Coprolites: a brief review with reference to specimens from the Rhaetic bone-beds of England and South Wales. - *Mercian Geologist* **7**: 191-204.
- Duffin, C. J. (1982): Teeth of a new selachian from the Upper Triassic of England. - *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte* **1982**: 156-166.
- Duffin, C. J. (1998): New shark remains from the British Rhaetic (latest Triassic) 2. Hybodonts and palaeospinacids. - *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte* **1998**: 240-256.
- Fischer, V., Cappetta, H., Vincent, P., Garcia, G., Goolaerts, S., Martin, J. E., Roggero, D. & Valentin, X. (2014): Ichthyosaurs from the French Rhaetic indicate a severe turnover across the Triassic-Jurassic boundary. - *Naturwissenschaften* **101**: 1027-40.
- Foffa, D., Whiteside, D. I., Viegas, P. A. & Benton, M. J. (2014): Vertebrates from the Late Triassic *Thecodontosaurus*-bearing rocks of Durdham Down, Clifton (Bristol, UK). - *Proceedings of the Geologists' Association* **125**: 317-328.
- Godefroit, P. & Battail, B. (1997): Late Triassic cynodonts from Saint-Nicolas-de-Port (north-eastern France). - *Geodiversitas* **19**: 567-631.
- Godefroit, P. & Sigogneau-Russel, D. (1999): Kuehneotheriids from Saint-Nicolas-de-Port (Late Triassic of France). - *Geologica Belgica* **2**: 181-196.
- Hahn, G., Lepage, J. C. & Wouters, G. (1984): Cynodontier-Zähne aus der Ober-Trias von Medernach, Grossherzogtum Luxemburg. - *Bulletin de la Société belge de Géologie* **93**: 357-373.
- Hahn, G., Wild, R. & Wouters, G. (1987): Cynodontier-Zähne aus der Ober-Trias von Gaume (S-Belgien). - *Mémoires pour servir à l'Explication des Cartes Géologiques et Minières de la Belgique* **24**: 1-33.
- Huene, E. v. (1935): Ein Rhynchocephale aus dem Rhät (*Pachystropheus* n.g.). - *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie* **74**: 441-447.
- Kielan-Jaworowska, Z., Cifelli, R. L. & Luo, Z.-X. (2004): Mammals from the age of dinosaurs: origins, evolution, and structure. - 630 S., New York (Columbia University Press).
- Kindlimann, R. (1984): Ein bisher unerkannt gebliebener Zahn eines synapsiden Reptils aus dem Rät von Hallau (Kanton Schaffhausen, Schweiz). - *Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen* **32**: 3-11.
- Korneisel, D., Gallois, R. W., Duffin, C. J. & Benton, M. J. (2015): Latest Triassic marine sharks and bony fishes from a bone bed preserved in a burrow system, from Devon, UK. - *Proceedings of the Geologists' Association* **126**: 130-142.
- Lakin, R. J., Duffin, C. J., Hildebrandt, C. & Benton, M. J. (2016): The Rhaetic vertebrates of Chipping Sodbury, South Gloucestershire, UK, a comparative study. - *Proceedings of the Geologists' Association* **127**: 40-52.
- Lydekker, R. (1889): Catalogue of the Fossil Reptilia and Amphibia in the British Museum (Natural History). Part II. Containing the Order Ichthyosauria and Plesiosauria. - 307 S., London (Taylor and Francis).
- Martin, T., Averianov, A. O. & Pfretzschner, H.-U. (2010): Mammals from the Late Jurassic Qigu Formation in the southern Junggar Basin, Xinjiang, Northwest China. - *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments* **90**: 295-319.
- Mears, E. M., Rossi, V., MacDonald, E., Coleman, G., Davies, T. G., Arias-Riesgo, C., Hildebrandt, C., Thiel, H., Duffin, C. J., Whiteside, D. I. & Benton, M. J. (2016): The Rhaetic (Late Triassic) vertebrates of Hampstead Farm Quarry, Gloucestershire, UK. - *Proceedings of the Geologists' Association* **127**: 478-505.
- Niermeyer, B. (1996): Litho- und Biostratigraphie der Tongrube Bonenburg. - *Geologie und Paläontologie in Westfalen* **45**: 5-27.
- Nordén, K. K., Duffin, C. J. & Benton, M. J. (2015): A marine vertebrate fauna from the Late Triassic of Somerset, and a review of British placodonts. - *Proceedings of the Geologists' Association* **126**: 564-581.
- Peyer, B. (1956): Über Zähne von Haramiyiden, von Triconodonten und von wahrscheinlich synapsiden Reptilien aus dem Rhät von Hallau Kt. Schaffhausen, Schweiz. - *Schweizerische Paläontologische Abhandlungen* **72**: 1-72.
- Plieninger, T. H. (1847): Abbildungen von Zähnen aus der oberen Grenzbrecie des Keupers bei Degerloch und Steinenbronn. - *Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg* **3**: 164-167.
- Ørvig, T. (1978): Microstructure and growth of the dermal skeleton of actinopterygian fishes: *Nephrotus* and *Colobodus*, with remarks on the dentition of other forms. - *Zoologica Scripta* **7**: 297-326.
- Portlock, J. E. (1843): Report on the geology of the County of Londonderry, and of parts of Tyrone and Fermanagh. - 784 S., Dublin (Andrew Milliken).
- Quenstedt, F. A. (1858): Der Jura. - 842 S., Tübingen (Laupp).
- Schwerdmann, A. H. (dieses Heft): Über den Nachweis von *Lepagia gaumensis* (Eucynodonta incertae sedis) aus dem Rhät (Trias) von Warburg-Bonenburg (Kr. Höxter). *Geologie und Paläontologie in Westfalen* **88**: 35-44.

- Schwermann, L. & Sander, P. M. (2011): Osteologie und Phylogenie von *Westphaliasaurus simonsensii*: Ein neuer Plesiosauride (Sauropterygia) aus dem Unteren Jura (Pliensbachium) von Sommersell (Kreis Höxter), Nordrhein-Westfalen, Deutschland. - *Geologie und Paläontologie in Westfalen* **79**: 1-56.
- Sigogneau-Russell, D. (1983): A new therian mammal from the Rhaetic locality of Saint-Nicolas-de-Port (France). - *Zoological Journal of the Linnean Society* **78**: 175-186.
- Simonsen, S. (2015): Hobby-Paläontologe Michael Mertens entdeckt Plesiosaurier-Skelett bei Warburg. - *Der Steinkern* **21**: 52-57.
- Simonsen, S. & Lücke, M. (2011): Bonenburg-Teil 1: Kopffüßer aus dem Unteren Pliensbachium. - *Der Steinkern* **7**: 10-26.
- Skrzycki, P. (2015): New species of lungfish (Sarcopterygii, Dipnoi) from the Late Triassic Krasiejów site in Poland, with remarks on the ontogeny of Triassic dipnoan tooth plates. - *Journal of Vertebrate Paleontology* **35**: e964357.
- Slater, T. S., Duffin, C. J., Hildebrandt, C., Davies, T. G. & Benton, M. J. (2016): Microvertebrates from multiple bone beds in the Rhaetian of the M4–M5 motorway junction, South Gloucestershire, U.K. - *Proceedings of the Geologists' Association* **127**: 464-477.
- Storrs, G. W. (1994): Fossil vertebrate faunas of the British Rhaetian (latest Triassic). - *Zoological Journal of the Linnean Society* **112**: 217-259
- Storrs, G. W. & Large, N. F. (1996): The diapsid reptile, *Pachystropheus rhaeticus*, a probable Choristodere from the Rhaetian of Europe. - *Palaentology* **39**: 323-349.
- Tanner, L. H., Lucas, S. G. & Chapman, M. G. (2004): Assessing the record and causes of Late Triassic extinctions. - *Earth-Science Reviews* **65**: 103-139.
- Thies, D., Vespermann, J. & Solcher, J. (2014): Two new neoselachian sharks (Elasmobranchii, Neoselachii, Synchodontiformes) from the Rhaetian (Late Triassic) of Europe. - *Palaeontographica, Abt. A: Palaeozoology – Stratigraphy* **303**(4-6): 137-167.
- Whiteside, D. I. (1986): The head skeleton of the Rhaetian sphenodontid *Diphydontosaurus avonis* gen. et sp. nov. and the modernizing of a living fossil. - *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **312**: 379-430.
- Whiteside, J. H., Olsen, P. E., Eglinton, T., Brookfield, M. E. & Sambrotto, R. N. (2010): Compound-specific carbon isotopes from Earth's largest flood basalt eruptions directly linked to the end-Triassic mass extinction. - *Proceedings of the National Academy of Science of the USA* **107**: 6721-5.
- Wintrich, T. (2015): The first Triassic plesiosaur: A skeleton from the Rhaetian of Germany and its implications for the evolution of plesiosaur locomotion. - *SVP 75th Annual Meeting Program & Abstracts*: 239.
- Witzmann, F. & Gassner, T. (2008): Metoposaurid and mastodontosaurid stereospondyls from the Triassic-Jurassic boundary of Portugal. - *Alcheringa* **32**(1): 37-51.