

Für Mona (1952-2014)

Johann Georg Bornemann (1831-1896) – Symposium auf Sardinien, Bornemann-Sammlung an der Martin-Luther-Universität in Halle (Saale) und 3D-Digitalisierung/-Visualisierung kambrischer Trilobiten

NORBERT HAUSCHKE & SOPHIE KRETSCHMER

Institut für Geowissenschaften und Geographie, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Von-Seckendorff-Platz 3, D-06120 Halle (Saale), E-Mail: norbert.hauschke@geo.uni-halle.de, kretschmer.sophie@aol.de

Schlüsselwörter: Johann Georg Bornemann, Internationales Symposium in Cagliari und Montevecchio, Kambrium auf Sardinien, Archaeocyathiden, Trilobiten, Bornemann-Sammlung, 3D-Digitalisierung und -Visualisierung, 3D-PDF

Keywords: Johann Georg Bornemann, International Symposium in Cagliari and Montevecchio, Cambrian in Sardinia, archaeocyathids, trilobites, Bornemann Collection, 3D digitalization and visualization, 3D-PDF

Zusammenfassung

Es wird über ein internationales Symposium auf Sardinien berichtet, das im Mai 2014 zu Ehren des im thüringischen Mühlhausen geborenen Johann Georg Bornemann (1831-1896) veranstaltet wurde. Zwei Konstanten prägten Bornemanns Lebensweg, seine unternehmerische Tätigkeit und ein überragendes wissenschaftliches Werk. Das Symposium in Cagliari und Montevecchio verweist auf den bis heute großen Einfluss Bornemanns auf Sardinien. Neben seinen bergbaulichen Aktivitäten sind seine wissenschaftlichen Untersuchungen an Fossilien des Kambriums von Sardinien, insbesondere Archaeocyathiden und Trilobiten, hervorzuheben. In einem kurzen Abriss werden darüber hinaus die wichtigsten Stationen seines Lebensweges aufgezeigt.

Da der geowissenschaftliche Nachlass von Johann Georg Bornemann (Bornemann-Sammlung) in den Geologisch-Paläontologischen Sammlungen der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg in Halle (Saale) aufbewahrt und wissenschaftlich betreut wird, widmeten sich auch zwei der Symposiums-Beiträge diesem Sammlungsbestand. In einem der Vorträge wurde anhand der Bornemann-Sammlung versucht, das wissenschaftliche Lebenswerk dieses bedeutenden Naturforschers des 19. Jahrhunderts sichtbar zu machen. In dem anderen Vortrag ging es um die 3D-Digitalisierung und -Visualisierung von Trilobiten aus dieser Sammlung, womit das Ziel verfolgt wird, diesen wertvollen Sammlungsfundus zukünftig Nutzern weltweit über das Internet verfügbar zu machen.

Abstract

A report is given here concerning an International Symposium on Sardinia in May, 2014. This symposium was held in honor of Johann Georg Bornemann (1831-1896), who was born in the Thuringian village of Mühlhausen. Bornemann's path of life was affected by two constants, his activities as an entrepreneur and a natural scientist. The symposium in Cagliari and Montevecchio pointed to the wide influence of Bornemann on Sardinia even today. In addition to his mining activities his scientific studies on fossils from the Cambrian of Sardinia, particularly archaeocyathans and trilobites, have to be emphasized. In addition, a short summary is given on the most important events in his life.

Because the geoscientific estate of Johann Georg Bornemann (Bornemann Collection) is housed and scientifically supervised in the Geological and Palaeontological Collections of Halle University, two lectures were dedicated to the Bornemann Collection. In one of these lectures his scientific lifework was visualized as a natural scientist of the 19th Century based on his collections. The other lecture focused on 3D digitalization and visualization of trilobites from the Bornemann Collection with the objective to make available specimens of this valuable collection worldwide through the Internet.

1. Johann Georg Bornemann (1831-1896): Kurzer Abriss seines Lebensweges zwischen unternehmerischer Tätigkeit und Wissenschaft

Johann Georg Bornemann (1831-1896; Abb. 1), geboren am 20. Mai 1831 im thüringischen Mühlhausen, reiht sich aus heutiger Sicht in den Kreis bedeutender Naturforscher des 19. Jahrhunderts ein. Darauf weist der Umstand hin, dass an ihn in den letzten beiden Jahrzehnten wiederholt erinnert wurde: 1996 in Leipzig und Halle (Saale) (HAUSCHKE et al. 1996, 1997). Anlässlich seines 175. Geburtstages, der mit dem 110. Todestag zusammenfiel, erschien 2006 in den „Mühlhäuser Beiträgen“, die in der Heimatstadt von Johann Georg Bornemann herausgegeben werden, ein ausführliches Porträt (HAUSCHKE & RÖHLING 2006). Mit einem internationalen Symposium in Cagliari und Montevecchio auf Sardinien im Mai 2014 fand schließlich das Gedenken an Johann Georg Bornemann, dessen Lebensweg zwischen unternehmerischer Tätigkeit und Wissenschaft – so auch auf Sardinien – hin und her pendelte (z. B. PONTONÉ 1897, HAUSCHKE 1999, HAUSCHKE & RÖHLING 2006, 2011), einen vorläufigen Abschluss.

Der junge Bornemann besuchte zunächst

das humanistische Ratsgymnasium seiner Heimatstadt Mühlhausen in Thüringen (1842 bis 1850), nachdem er durch Privatunterricht darauf vorbereitet worden war. Seinen bereits früh erkennbaren Interessen an naturwissenschaftlichen Fragestellungen, denen die klassische Lehranstalt nicht in ausreichendem Maße nachkommen konnte, widmete sich Bornemann, indem er entsprechende eigene Studien betrieb (EILERS 1993). Im Jahre 1850 nahm Bornemann an der Universität Leipzig ein naturwissenschaftliches Studium mit den Schwerpunkten Physik und Chemie auf. Angeregt durch den Leipziger Mineralogen und Kristallographen Carl Friedrich Naumann (1797-1873) fand Bornemann jedoch rasch zur Geologie und Paläontologie. In den Folgejahren führte Bornemann den einmal als richtig erkannten Weg konsequent fort. So ging er bereits im Folgejahr 1851 an die Universität Göttingen, um bei Johann Friedrich Ludwig Hausmann (1782-1859) und Wolfgang Freiherr Sartorius von Waltershausen (1809-1876) Vorlesungen zu besuchen. Bereits im Jahre 1852 hörte er an der Universität Berlin Vorlesungen bei damaligen Koryphäen, wie dem Geologen und Paläontologen Ernst Beyrich (1815-1896), mit dem er auch später in intensivem

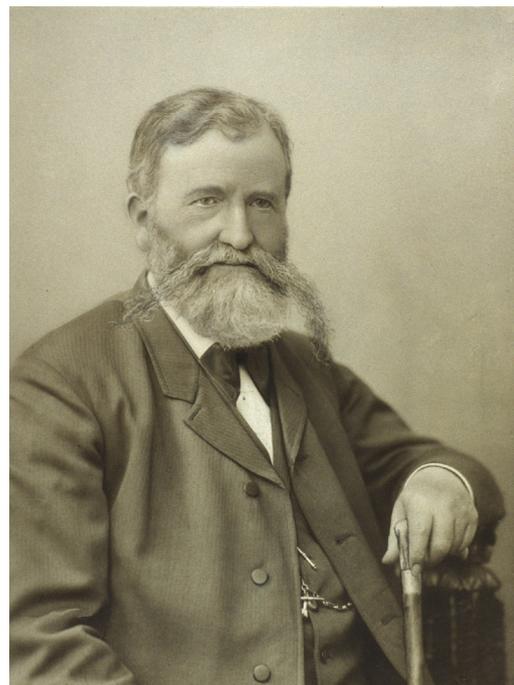


Abb. 1 Porträt von Johann Georg Bornemann (1831-1896). Bornemann-Sammlung (Geologisch-Paläontologische Sammlungen der MLU).

wissenschaftlichen Austausch stand, dem Mineralogen Gustav Rose (1798-1873) sowie dem Botaniker Alexander Braun (1805-1877). Im Frühjahr 1853 kehrte Bornemann nach Mühlhausen zurück, um im August 1854 – also bereits nach fünf Semestern – in Göttingen mit einer Arbeit zum Thema „Ueber die Liasformation in der Umgebung von Göttingen und ihre organischen Einschlüsse“ zu promovieren (BORNEMANN 1854).

Im Jahre 1848 wurde die Deutsche Geologische Gesellschaft (DGG) gegründet, in die Bornemann 1853 aufgenommen wurde. Es spricht einiges für den jungen Bornemann, dass die zur damaligen Zeit noch erforderlichen Empfehlungen zur Aufnahme in die Gesellschaft von so herausragenden Männern und Gründungsmitgliedern der DGG, wie Ernst Beyrich, Justus Roth und Rudolph von Carnall, stammten. Von einem anderen Gründungsmitglied, nämlich von Alexander von Humboldt, trug Johann Georg Bornemann Empfehlungen im Reisegepäck, als er im Frühjahr 1856 zu einer Studienreise aufbrach, die ihn für mehrere Monate nach Italien führte, wo er insbesondere die klassischen Vulkangebiete kennenlernen wollte. Sein Ziel war es zunächst, hier Vorbereitungen für seine geplante akademische Lehrtätigkeit an einer deutschen Universität zu sammeln. Als jedoch nach seiner Rückkehr das Angebot an ihn herangetragen wurde, für die preußische Regierung eine Gutachtertätigkeit auf Sardinien zu übernehmen, änderte er seine Zukunftspläne, um sich von nun an der industriellen Nutzung der sardischen Bleierz-Lagerstätten zu widmen (BARTHEL 1966, SCHROEDER 1996, HAUSCHKE & RÖHLING 2006, 2011). Zu dem Zweck gründete er im Jahre 1858 in Paris eine Bergwerksgesellschaft. Seine unternehmerischen Interessen änderten aber nichts an der Tatsache, dass sich Bornemann auch weiterhin wissenschaftlichen Themen widmete; auf Sardinien waren das insbesondere die kambrischen Archaeocyathiden und Trilobiten.

Nach Deutschland zurückgekehrt wendete

sich Bornemann in Leipzig einer Tätigkeit als Privatdozent zu. Im Jahre 1859 erfolgte die Eheschließung mit Agnes Louise Sellier, der Witwe seines Bruders August-Wilhelm, die drei Kinder in die Ehe gebracht hatte; sieben leibliche Kinder folgten. Bornemann siedelte mit seiner Familie im Jahre 1864 von Leipzig nach Eisenach über. Dort gründete er die „Eisenacher Ziegelei-Aktiengesellschaft“ und wirkte als Ziegeleibetreiber, Grundstücksverwalter wie auch als Bergwerksunternehmer (WIEFEL 1997). Zusammen mit den Einkünften aus seinen sardischen bergbaulichen Aktivitäten bildeten diese Tätigkeiten den finanziellen Grundstock, um bedeutende Sammlungen mit unterschiedlichsten Themenschwerpunkten aufzubauen und seine wissenschaftlichen Projekte mit anschließender Publikation voran zu bringen. Die Anforderungen an seine Publikationen, insbesondere auch, was eine erstklassige Dokumentation betrifft, waren sehr hoch. Bornemann wurden verschiedene Auszeichnungen zuteil, die nicht zuletzt in seiner wissenschaftlichen Reputation begründet waren (WIEFEL 1997).

Im Jahre 1889 starb seine erste Frau. Zwei Jahre später erfolgte eine zweite Eheschließung mit Helene von Willich; diese Ehe blieb kinderlos. Wenige Jahre später, im 65. Lebensjahr, starb Johann Georg Bornemann an den Folgen einer Herzerkrankung. Im Rückblick auf seinen Lebensweg lässt sich feststellen, dass es Bornemann offensichtlich gelungen ist, einen Ausgleich zwischen seinen umfangreichen unternehmerischen Aufgaben und seinen ebenfalls vielseitigen und auf höchstem Niveau durchgeführten wissenschaftlichen Tätigkeiten herzustellen. Eine detailliertere Darstellung von Bornemanns Leben und Werk, als sie hier dargeboten werden kann, gaben zuletzt HAUSCHKE & RÖHLING (2011).

2. Internationales Symposium „Johann Georg Bornemann“ 2014 in Cagliari und Montevecchio

Im Mai 2014 fand auf Sardinien ein in-

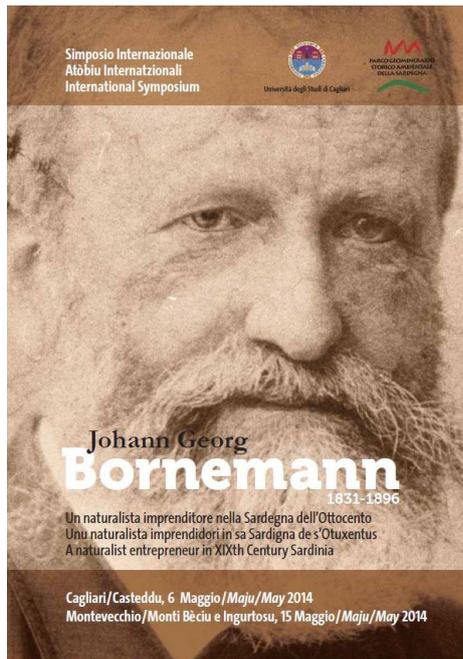


Abb. 2 Titelblatt der Einladungskarte zum internationalen Symposium zu Ehren von Johann Georg Bornemann in Cagliari sowie Montevecchio und Ingurtosu auf Sardinien, das einen Ausschnitt des in Halle (Saale) aufbewahrten Original-Porträts von Johann Georg Bornemann zeigt (Abb. 1).

6 Maggio/Maju/May 2014		15 Maggio/Maju/May 2014	
<p>Cagliari, «Ghetto degli Ebrei» via Santa Croce, 18 Casteddu, «Ghetto de is Ebreus» arruga de Santa Creu, 18 Cagliari, «Ghetto degli Ebrei» 18 via Santa Croce</p> <p>16:00 Saluti delle Autorità e introduzione ai lavori Coordinano Gian Luigi Pillola e Giancarlo Nonnoi Saludus de is Autoridadis e inçingiu de is traballus A incuru de Gian Luigi Pillola e Giancarlo Nonnoi</p> <p>Welcome addresses and introduction Coordinated by Gian Luigi Pillola and Giancarlo Nonnoi</p> <p>16:15 Antonietta Cheri e Rolf Schroeder Johann Georg Bornemann: scenziatu e imprenditore nella Sardegna dell'Ottocento Johann Georg Bornemann: scenziatuu e imprenditori in sa Sardigna de s'Otuxentus Johann Georg Bornemann: scientist and entrepreneur in 19th century Sardinia</p> <p>17:00 Giancarlo Nonnoi Le scienze della terra nell'Italia e nella Sardegna post-risorgimentali Is iscèntzias de sa terra in Itàlia e in Sardigna apustus de s'arresorgimentu Earth Science in post-Risorgimento Italy and Sardinia</p> <p>17:30 Paola Atzeni Antropologia delle forme di vita quotidiana nelle miniere di Gennamari e Ingurtosu nel Secondo Ottocento</p>	<p>Antropologia de sa vida de dònna di' in is minas de Gennamari e Ingurtosu in sa segunda mitadi de s'Otuxentus Anthropology of everyday life in the Gennamari and Ingurtosu mines in the late 19th century</p> <p>18:00 Gian Luigi Pillola I trilobiti del Cambriano in Sardegna: da Bornemann ai giorni nostri Is trilobitus de su Cambrianu in Sardigna: de Bornemann fintzas a oi Cambrian trilobites in Sardinia: from Bornemann to today</p> <p>18:30 Françoise Debrenne e Adeline Kerner La fauna ad Archaeocyatha del Cambriano e l'eredità di Bornemann. S'Archaeocyatha fauna de su Cambrianu: s'erèntzia de Bornemann Bornemann's legacy and Cambrian Archaeocyatha fauna</p> <p>19:00 Sophie Kretschmer, Gian Luigi Pillola, Wolfgang Gossel e Norbert Hauschke Trilobiti della Collezione Bornemann nell'Università di Halle: visualizzazione in 3D Is trilobitus de s'Arregorta de Bornemann anche s'Universidadi de Halle: mirada a tènnica 3D Trilobites of the Bornemann Collection in Halle University: Visualization in 3D techniques</p> <p>19:30 Norbert Hauschke La Collezione di J.G. Bornemann della Halle University: specchio del lavoro di un geoscientziato e industriale del XIX secolo S'Arregorta de J.G. Bornemann anche s'Universidadi de Halle che sprigu de su traballu de unu geoscientziatuu e industrialist in su de 19 seculus</p>	<p>The Collection of J.G. Bornemann in Halle University, reflecting the scientific work of a geoscientist and industrialist in the 19th century</p> <p>20:00 Conclusioni/Serrada/Closing remarks</p>	<p>Coffee break</p> <p>17:15 Giancarlo Nonnoi Le scienze della terra nell'Italia e nella Sardegna post-risorgimentali Is iscèntzias de sa terra in Itàlia e in Sardigna apustus de s'arresorgimentu Earth Science in post-Risorgimento Italy and Sardinia</p> <p>17:45 Paola Atzeni Antropologia delle forme di vita quotidiana nelle miniere di Gennamari e Ingurtosu nel Secondo Ottocento Antropologia de sa vida de dònna di' in is minas de Gennamari e Ingurtosu in sa segunda mitadi de s'Otuxentus Anthropology of everyday life in the Gennamari and Ingurtosu mines in the late 19th century</p> <p>18:15 Sessione iconografica: visita alla mostra e al Palazzo della Direzione Cosa de biri: absita a s'amosta e a su Palàtziu de sa Diretzioni Iconographic session: visit to the exhibition and the Company headquarters</p> <p>19:00 Gita al villaggio minerario di Ingurtosu e visita al "Castello" di Bornemann Bìgiu a sa bidda acanta is minas de Ingurtosu e absita a su "Casteddu" de Bornemann Trip to the mining village of Ingurtosu and visit to Bornemann's "Castle"</p>

Abb. 3 Programm des internationalen Symposiums zu Ehren von Johann Georg Bornemann in Cagliari sowie Montevecchio und Ingurtosu auf Sardinien im Mai 2014.

ternationales Symposium zu Ehren von Johann Georg Bornemann statt (Abb. 2). Das Symposium, das gemeinsam von der „Università degli Studi di Cagliari“ und dem „Parco geominerario storico ambientale della Sardegna“ ausgerichtet wurde, war zeitlich und auch räumlich auf zwei voneinander

getrennte Veranstaltungsorte aufgeteilt worden. Den Auftakt machte am 6. Mai eine Vortragsveranstaltung im „Ghetto degli Ebrei“ in Cagliari, an der Vortragende aus Italien, Frankreich und Deutschland beteiligt waren (Abb. 3 und 4). Seine Fortsetzung fand das Symposium mit einigen der Vorträge, die



Abb. 4 Eröffnung des Bornemann-Symposiums am 6. Mai 2014 im „Ghetto degli Ebrei“ in Cagliari. Es spricht Prof. G. Nonnoi, Cagliari (www.parcogeominerario.eu/index.php/attivita-del-consorzio/eventi-e-progetti/823-simposio-internazionale-johann-georg-bornemann-1837-1896-immaginato-evento?lang=it).

bereits in Cagliari zu hören waren, am 15. Mai in Montevecchio. Ergänzt wurde diese Veranstaltung durch eine Poster-Session. Es schloss sich eine Exkursion in den Bergbauort Ingurtosu an sowie ein Besuch des „Palazzo“ in Montevecchio, dem ehemaligen Anwesen von Johann Georg Bornemann im Südwesten der Insel (Abb. 5).

Die Organisatoren des internationalen Symposiums, Prof. G. L. Pillola und Prof. G. Nonnoi, beide von der Universität Cagliari, führten in der Auftaktveranstaltung am 6. Mai zunächst in das Thema ein (Abb. 4). Im Vortrag von A. Cherchi und R. Schroeder

wurde mit Johann Georg Bornemann eines Naturforschers und Unternehmers gedacht, der im 19. Jahrhundert auf Sardinien wirkte. Die Situation der Erdwissenschaften in Italien in der Zeit, die auf das „Risorgimento“ folgte, also auf die geschichtliche Epoche zwischen 1815 und 1870, wurde in dem Vortrag von G. Nonnoi thematisiert. Das tägliche Leben in den Minen von Gennamari und Ingurtosu im späten 19. Jahrhundert stellte P. Atzeni in ihrem Beitrag heraus. Die folgenden beiden Vorträge beschäftigten sich mit Bornemanns Untersuchungen an sardischen Trilobiten (G. L. Pillola) und Archaeocyathiden (F. Debrenne



Abb. 5 Das schlossartige Anwesen von Johann Georg Bornemann im Bergbauort Ingurtosu. Das Foto wurde freundlicherweise von Herrn Prof. G. L. Pillola, Cagliari, zur Verfügung gestellt.

und A. Kerner), wobei die seit Bornemann erzielten wissenschaftlichen Fortschritte deutlich herausgearbeitet wurden.

In den beiden Vorträgen von S. Kretschmer und N. Hauschke stand die in Halle (Saale) aufbewahrte und dort wissenschaftlich betreute „Sammlung Johann Georg Bornemann“ (Bornemann-Sammlung) im Mittelpunkt der Ausführungen. Der Fokus lag zunächst auf der 3D-Digitalisierung und -Visualisierung von Trilobiten aus der Bornemann-Sammlung (S. Kretschmer; siehe Abb. 3); anschließend wurde die Bornemann-Sammlung mit Blick auf das wissenschaftliche Werk eines Naturforschers – mit den Schwerpunkten Geologie und Paläontologie – des 19. Jahrhunderts thematisiert (N. Hauschke; siehe Abb. 3). Auf beide Vorträge wird später noch näher eingegangen.

3. Rückblick auf Gedenkveranstaltungen zum 100. Todestag von Johann Georg Bornemann in Leipzig und Halle (Saale)

Mit dem Bornemann-Symposium auf Sardinien fand eine Gedenkveranstaltung seine Fortsetzung, die anlässlich des 100. Todestages von Johann Georg Bornemann im Jahre 1996 in Leipzig und Halle (Saale) seinen Ausgang nahm. Die Initiative zu dieser Veranstaltung ging damals von Herrn Prof. R. Schroeder, Frankfurt am Main, aus. Auf der 66. Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft in Leipzig bildete ein Vortragsblock, bestehend aus fünf Beiträgen, die

dem Leben und wissenschaftlichen Werk von Johann Georg Bornemann gewidmet waren, den Auftakt der Jahrestagung (Terra nostra. Schriften der Alfred-Wegener-Stiftung 96/6: Vortrags- und Posterkurzfassungen). Im Fokus standen Beiträge zu Bornemanns Leben „zwischen Wissenschaft und Industrie“ (R. Schroeder, Frankfurt am Main & A. Cherchi, Cagliari), zur Kutikularanalyse, womit ein Aspekt von Bornemanns Untersuchungen in der Trias von Thüringen beleuchtet wurde (M. Barthel, Berlin) sowie zu Fossilfunden aus dem Kambrium von Sardinien (Archaeocyathiden: F. Debrenne, Paris; Trilobiten: G. L. Pillola, Cagliari und ferner kalziummikrobielle Bildungen, wie *Epiphyton*: A. Cherchi, Cagliari & R. Schroeder, Frankfurt am Main). Thematisch sind damit bereits die geowissenschaftlichen Schwerpunkte von Bornemanns Lebenswerk benannt, nämlich die Trias von Thüringen und das Kambrium von Sardinien (siehe Kap. 4). Die Bornemann-Sammlung, die Teil der Geologisch-Paläontologischen Sammlungen der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg ist und im Institut für Geowissenschaften und Geographie untergebracht ist, bildet mit ihren zahlreichen Belegstücken zu Bornemanns Publikationen nicht nur wissenschaftshistorisch einen bedeutsamen Fundus; das Belegmaterial, worunter sich auch zahlreiche Holotypen befinden, wird vielmehr bis heute zum Vergleich in wissenschaftliche Untersu-



Abb.6 Blick in die Bornemann-Ausstellung, die 1996 aus Anlass des 100. Todestages von Johann Georg Bornemann in der „Burse zur Tulpe“ (Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg) in Halle (Saale) öffentlich präsentiert wurde. Foto: E. Scheiner.

chungen einbezogen. Um diesen Aspekt auch öffentlich präsent zu halten, wurde eine Sonderausstellung zum Leben und Werk von Johann Georg Bornemann konzipiert und zunächst im Rahmen der Tagung in Leipzig präsentiert. Die Ausstellung rundete zum einen das Vortragsprogramm ab und veranschaulichte zum anderen das bedeutende Lebenswerk einer ungewöhnlich vielseitigen Persönlichkeit des 19. Jahrhunderts (HAUSCHKE et al. 1996). Anschließend wurde die Bornemann-Ausstellung im Rahmen einer Festveranstaltung der Martin-Luther-Universität in Halle (Saale) feierlich eröffnet (Abb. 6; HAUSCHKE et al. 1997), wo sie für mehrere Wochen auch der Öffentlichkeit zugänglich war.

4. Die Bornemann-Sammlung – Visualisierung eines wissenschaftlichen Lebenswerkes

Die wissenschaftliche Publikationstätigkeit von Johann Georg Bornemann erstreckte sich über fast 40 Jahre, wobei sich die meisten und wichtigsten Publikationen den 50er, 80er und beginnenden 90er Jahren des 19. Jahrhunderts zuordnen lassen (z. B. POTONIÉ 1897, HAUSCHKE & RÖHLING 2011). Die Publikationen Bornemanns, die durch zahlreiche Belegstücke in der Bornemann-Sammlung dokumentiert sind, lassen sich auf zwei Themenschwerpunkte reduzieren: 1) die Trias in Thüringen und 2) das Kambrium auf Sardinien. In chronologischer Reihenfolge behandelte Bornemann die folgenden Themen:

1856: Keuper (Obere Trias) in Thüringen, tierische und insbesondere pflanzliche Fossilien, Kutikularanalyse,

1886: Muschelkalk (Mittlere Trias) in Thüringen, Sedimentpetrographie und Stratigraphie,

1886: Kambrium von Sardinien, Fossilien: 1. Teil: Archaeocyathiden,

1889: Buntsandstein (Untere Trias) in Thüringen und darüber hinaus, Stratigraphie und Bildungsgeschichte, Faziesbegriff und

Aktualitätsprinzip,

1891: Kambrium von Sardinien, Fossilien: 2. Teil: Trilobiten.

In Vorbereitung seiner Untersuchungen im Muschelkalk (1886a) entwickelte Johann Georg Bornemann, gemeinsam mit seinem Stiefsohn Ludwig Georg Bornemann (1850-1925), eine Schleifmaschine zur Herstellung von Dünnschliffen (1873; Abb. 12).

Die Bornemann-Sammlung, die als Teil des wissenschaftlichen Nachlasses von Johann Georg Bornemann der Universität in Halle (Saale) übereignet worden ist, umfasst 1) Fossil- und Gesteinsproben, 2) Gesteinsdünnschliffe, 3) Kutikularpräparate, 4) eine unpublizierte Arbeit, die fragmentarisch geblieben ist, 5) eigenhändig gezeichnete, z. T. handkolorierte und einzeln montierte Tafelvorlagen mit handgeschriebenen Abbildungserläuterungen, die Grundlage seiner Veröffentlichungen waren sowie 6) sein Originalporträt, das wiederholt abgebildet worden ist (Abb. 1 und 2).

Das wissenschaftliche Werk von Johann Georg Bornemann umfasst mehr als 30 Publikationen, von denen es sich bei vielen lediglich um Kurzmitteilungen oder Briefe mit Informationscharakter an den Herausgeber der Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft handelt. Was seine Forschungsthemen betrifft, so suchte Bornemann offensichtlich nicht lange danach, sondern fand diese immer in seinem jeweiligen und unmittelbaren Umfeld.

So wurde zunächst die Trias, die im Thüringer Becken großflächig ausstreicht, für den im thüringischen Mühlhausen geborenen und aufgewachsenen Johann Georg Bornemann zu einem zentralen Forschungsfeld. In stratigraphisch absteigender Reihenfolge beschäftigte er sich zunächst intensiv mit dem Keuper (BORNEMANN 1856; Abb. 7); erst 30 Jahre später folgte seine Publikation über den Muschelkalk (BORNEMANN 1886a). Mit seiner Monographie über den Buntsandstein, die auch Gebiete außerhalb Thüringens in die Betrachtung mit einbezog, vervollständigte er seine geowissenschaftlichen Forschungen



Abb.7 Bornemanns richtungweisende Publikation „Über organische Reste der Lettenkohlegruppe Thüringens“ aus dem Jahre 1856, Titelblatt. Zweigbibliothek Geowissenschaften der ULB in Halle (Saale).

über die Trias. Seine bergbaulichen und unternehmerischen Tätigkeiten auf Sardinien lenkten seinen Blick schließlich auf die altpaläozoischen Schichtenfolgen im Südwesten der Insel. Hier war es das Kambrium, in dem er systematisch Fossil-aufsammlungen vornahm. Die Ergebnisse seiner wissenschaftlichen Untersuchungen, insbesondere an Archaeocyathiden und Trilobiten, publizierte Bornemann in zwei umfangreichen Monographien (BORNEMANN 1886b, 1891). Mit Blick auf sein Lebenswerk lässt sich sagen, dass Johann Georg Bornemann eine überaus kreative und vielseitige Persönlichkeit war, die auch publizistisch auf unterschiedlichsten Gebieten tätig war (z. B. POTONIÉ 1897, HAUSCHKE & RÖHLING 2011). Sein unbändiger Forschungsdrang und seine für die damalige Zeit geradezu revolutionäre Art, wissenschaftliche Fragestellungen anzugehen, führten ihn zu richtungweisenden methodischen Ansätzen und zur Entwicklung verbesserter technischer Hilfsmittel, mit denen er den Weg für neue wissenschaftliche Entwicklungen bereiten konnte.

Im Alter von gerade einmal 25 Jahren erschien seine Monographie „Über organische

Reste der Lettenkohlegruppe Thüringens“ (BORNEMANN 1856; Abb. 7), die bis heute zu den Meilensteinen geowissenschaftlicher, vor allem aber botanischer und paläobotanischer Forschung zu zählen ist. Mit dieser Arbeit wurde Bornemann zum Wegbereiter der Kutikularanalyse. Diese Methode erlaubte es ihm, Epidermisstrukturen fossiler sowie rezenter Pflanzen im Detail zu untersuchen; von besonderer Bedeutung ist dabei, dass auch sog. „Pflanzenhäcksel“, also unscheinbare Blattfragmente, in die Untersuchungen einbezogen und ausgewertet werden können („bulk maceration“; BARTHEL 1966, 1996, 1998, KERP 1990; Abb. 9, 10). Der Wert von Kutikulen bei taxonomischen Fragestellungen wird heute allgemein anerkannt. Johann Georg Bornemann wird zu Recht als der eigentliche Begründer der Kutikularanalyse betrachtet, der erstmals systematisch Kutikulen fossiler Gymnospermen unter dem Lichtmikroskop untersuchte. Völlig neu war dabei auch, dass er parallel dazu Vergleichsuntersuchungen an Kutikulen rezenter Cycadeen vornahm (Abb. 9). In die Untersuchungen bezog Bornemann aber auch verkieselte Hölzer (Abb. 8) und Blattfragmente (Abb. 10) ein. Untergeord-

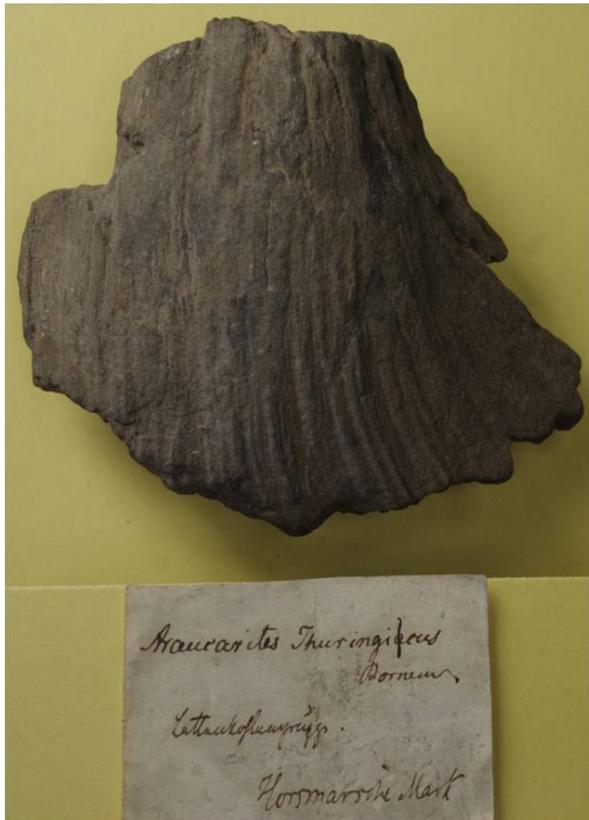


Abb. 8 Ein von Bornemann als *Araucarites thuringicus* beschriebenes verkieseltes Holzfragment (Taf. II, Fig. 1 in BORNEMANN 1856). Bornemann-Sammlung (Geologisch-Paläontologische Sammlungen der MLU). Bildbreite: 11 cm.

net wurden auch im „Myacitenthon“ des Unteren Keupers nachgewiesene Invertebraten, wie die Muschel *Trigonia transversa* BORN. (Abb. 11), behandelt.

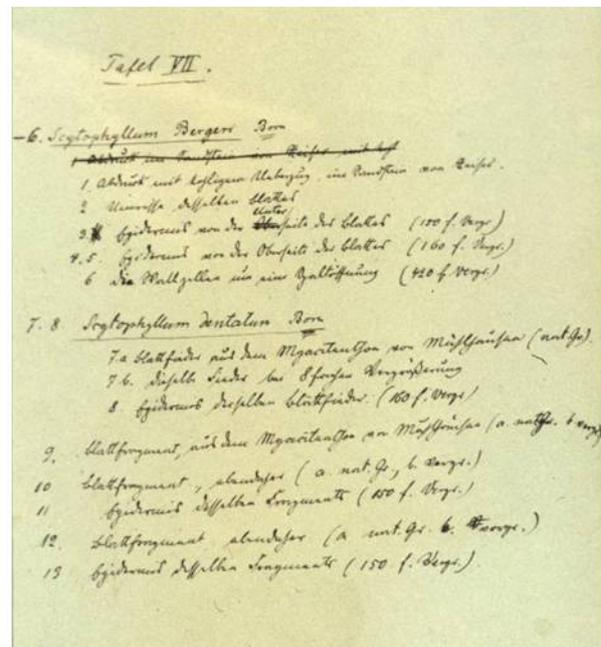
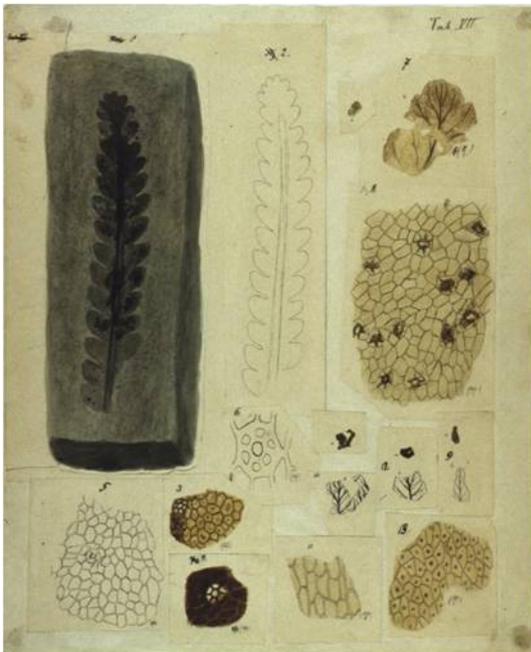
Hatte die Arbeit über den weitgehend siliziklastisch und terrestrisch entwickelten Keuper einen paläontologischen Schwerpunkt, so galten die Untersuchungen im thüringischen



Abb. 9 Kutikularpräparate von Gymnospermen aus dem „Myacitenthon“ im tieferen Teil des Unteren Keupers (Erfurt-Formation) von Thüringen (links; Bildbreite: 29 cm) und von rezenten Cycadeen, die zum Zwecke von Vergleichsuntersuchungen hergestellt wurden (rechts; Bildbreite: 17,5 cm). Bornemann bettete die Kutikulen mit Hilfe von heißem und flüssigem Kanadabalsam zwischen zwei Glsträgern ein. Bornemann-Sammlung (Geologisch-Paläontologische Sammlungen der MLU).



Abb. 10 Blattfragment von *Scytophyllum bergeri* BORN. aus dem Unteren Keuper von Thüringen (oben; Bildbreite: 12,5 cm). Von Johann Georg Bornemann handgezeichnete Druckvorlage (links unten) mit handschriftlichen Abbildungserläuterungen (rechts unten) zu Taf. VII in BORNEMANN (1856). Bornemann-Sammlung (Geologisch-Paläontologische Sammlungen der MLU).



Muschelkalk (BORNEMANN 1886a) einer überwiegend karbonatischen marinen Schichtenfolge. Im Fokus standen dabei Karbonatgesteine des Unteren Muschelkalks, die Bornemann anhand von Gesteinsdünnschliffen im Detail untersuchte, um die am Handstück kaum zu diagnostizierenden Unterschiede unter dem Lichtmikroskop eindeutig herausarbeiten zu können. Die gemeinsam mit seinem Stiefsohn Ludwig Georg konstruierte Schleifmaschine zur Herstellung von Dünnschliffpräparaten (BORNEMANN & BORNEMANN 1873; Abb. 12) bildete die Voraussetzung für seine einge-

henden mikrofaziellen Untersuchungen an Triasgesteinen, womit Bornemann auch auf diesem Gebiet zu den Pionieren gerechnet werden darf (HAUSCHKE 1999). Die Ergebnisse seiner Dünnschliffuntersuchungen wurden durch qualitativ hochwertige Fotos dokumentiert (Abb. 13). In seine Studien bezog Bornemann auch Foraminiferen ein. Neben den mikrofaziellen Untersuchungen führte Bornemann in Muschelkalk-Aufschlüssen auch detaillierte Profilaufnahmen durch, die für ihn die Grundlage bildeten, den Muschelkalk in Thüringen stratigraphisch besser



Abb. 11 Originales Handstück mit der Muschel *Trigonia transversa* BORN., Abdruck (links; Bildbreite: 12,5 cm) und rechts die zugehörige handgezeichnete Tafelabbildung (Taf. I, Fig. 1) in BORNEMANN (1856). Links: Bornemann-Sammlung (Geologisch-Paläontologische Sammlungen der MLU), rechts: Zweigbibliothek Geowissenschaften der ULB in Halle (Saale).

zu gliedern. Als eigentliches Ziel all dieser Untersuchungen führte BORNEMANN (1886a) jedoch an, die Entstehungsbedingungen des Muschelkalks entschlüsseln zu helfen.

Erst im Anschluss an den ersten Teil seiner Monographie über das Kambrium von Sardinien (BORNEMANN 1886b), die im gleichen Jahr wie die Muschelkalk-Arbeit

erschien, erfolgte die Veröffentlichung seiner Monographie „Über den Buntsandstein in Deutschland und seine Bedeutung für die Trias, nebst Untersuchungen über Sand- und Sandsteinbildungen im allgemeinen“ (BORNEMANN 1889). Darin fasste Bornemann den aktuellen Kenntnisstand zur unteren Einheit der Germanischen Trias

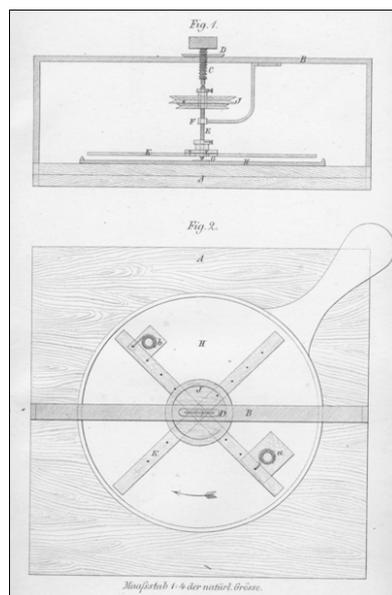


Abb. 12 Johann Georg Bornemann (links) konstruierte gemeinsam mit seinem Stiefsohn Ludwig Georg (rechts) eine Schleifmaschine zur Herstellung von Gesteinsdünnschliffen (Mitte). Diese Publikation (BORNEMANN & BORNEMANN 1873) weist bereits auf seine Muschelkalk-Arbeit voraus (BORNEMANN 1886a). Fotos links und rechts: Bornemann-Sammlung (Geologisch-Paläontologische Sammlungen der MLU), Mitte: Zweigbibliothek Geowissenschaften der ULB in Halle (Saale).

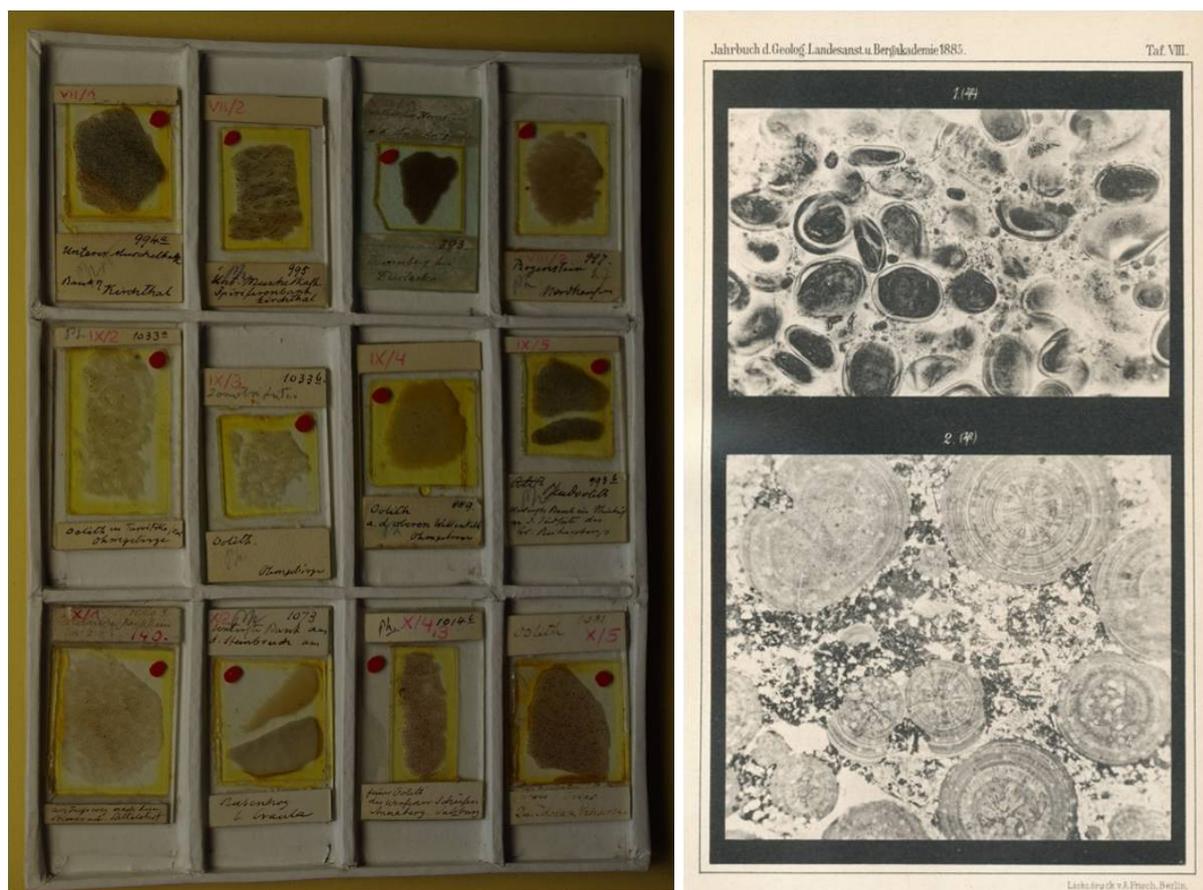


Abb. 13 Tablett mit Gesteinsdünnschliffen aus dem thüringischen Muschelkalk (links). Bornemann-Sammlung (Geologisch-Paläontologische Sammlungen der MLU). Bildbreite: 14 cm. Taf. VIII mit qualitativ hochwertigen Fotos von Gesteinsdünnschliffen aus Bornemanns Arbeit über den Muschelkalk (BORNEMANN 1886a) (rechts). Zweigbibliothek Geowissenschaften der ULB in Halle (Saale).

zusammen; zugleich schloss er damit seine Untersuchungen zur Trias ab. Wie bereits in seiner Muschelkalk-Monographie stellte Bornemann auch in dieser Arbeit fest, dass es insbesondere aufgrund fehlender Detailuntersuchungen immer noch einer sicheren Grundlage ermangele, um zu befriedigenden Antworten zur Genese der Buntsandstein-Schichtenfolgen zu gelangen. Um zur Klärung bislang strittiger Fragen beizutragen, wählte Bornemann die „Sandsteinbildungen“ des Buntsandsteins als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen aus. Bemerkenswert ist, dass Bornemann sich intensiv mit dem Aktualitätsprinzip (LYELL 1830) und dem Faziesbegriff auseinandersetzte, wobei er bereits auch Untersuchungen von Johannes Walther in seine Überlegungen einbezog. Bornemann war sich durchaus im Klaren darüber, dass es möglich sein müsse, marine

mit zeitgleich abgelagerten festländischen Sedimenten zu parallelisieren. Er betonte dabei, dass die marinen Ablagerungen stets Ausgangspunkt zum Beispiel bei Korrelationen mit terrestrischen Ablagerungen sein müssten und diesen deshalb Priorität vor den terrestrischen Ablagerungen einzuräumen sei. Selbstkritisch formulierte er jedoch, „dass die Vorstellungen über die Bildungsperiode der Trias bis jetzt noch nicht zu einem befriedigenden Abschluss gelangt“ seien (BORNEMANN 1889).

Als Bornemann den ersten Teil seiner umfangreichen Monographie über die Fossilien aus dem Kambrium von Sardinien publizierte (BORNEMANN 1886b; Abb. 14), war er bereits 55 Jahre alt. Im Fokus dieser mit zahlreichen Tafeln ausgestatteten Monographie standen die Archaeocyathiden (Abb. 15). Zwischenzeitlich wurde diese nur aus dem Kambrium

bekannt gewordene und bereits in dieser Periode wieder ausgestorbene Tiergruppe durch Frau Prof. F. Debrenne, Paris, einer umfassenden Revision unterzogen (u. a. DEBRENNE 1964, DEBRENNE et al. 1990, DEBRENNE & ZHURAVLEV 1992 und 1996; der von Frau Prof. Debrenne neu bearbeitete Archaeocyathiden-Band des Treatise on Invertebrate Pa-

laeontology befindet sich im Druck; freundliche mündliche Mitteilung der Bearbeiterin, Mai 2014 in Cagliari). Bei der Revision dieser Tiergruppe war das Material aus der Bornemann-Sammlung von größter Bedeutung (Abb. 16).

Auch die Trilobiten aus dem Kambrium von Sardinien, von denen zahlreiche von Borne-

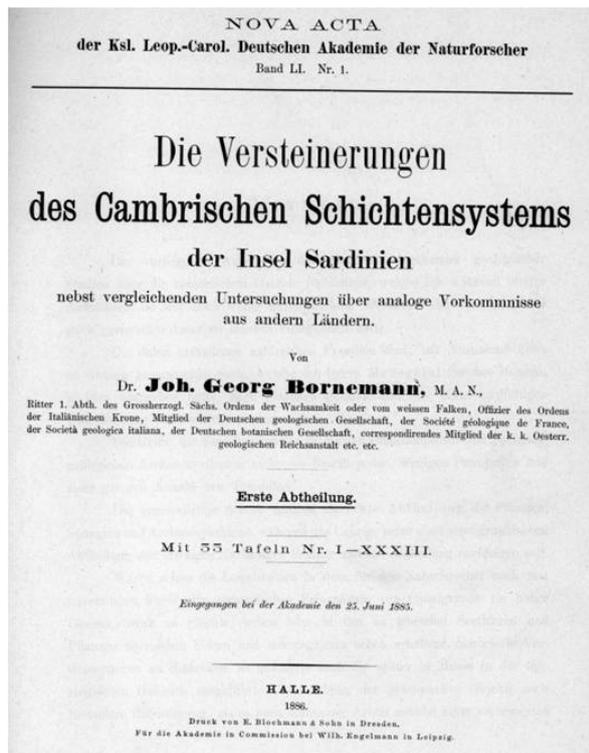


Abb. 14 Titelblatt des ersten Teils von Bornemanns Monographie über die Fossilien im Kambrium von Sardinien (BORNEMANN 1886b), die sich im Wesentlichen mit den Archaeocyathiden beschäftigt. Zweigbibliothek Geowissenschaften der ULB in Halle (Saale).

Abb. 15 Anschnitt eines Archaeocyathiden in einer angewitterten Gesteinsprobe von der sardischen Lokalität Canalgrande. Das von BORNEMANN (1886b, Taf. XVI, Fig. 1) abgebildete Stück bestimmte dieser als *Coscinocyathus cornucopiae*. Bornemann-Sammlung (Geologisch-Paläontologische Sammlungen der MLU). Bildbreite: 9 cm.



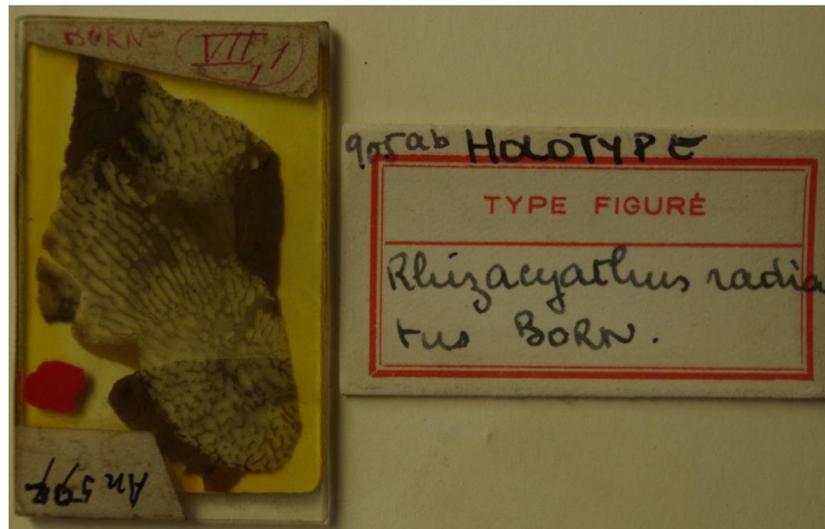


Abb. 16 Schliff von einem Archaeocyathiden, der erstmals von Johann Georg Bornemann als Holotypus von *Protopharetra radiata* BORN. publiziert wurde. Nach der Revision von Frau Prof. F. Debrenne wird die Art als *Rhizocyathus radiatus* (BORN.) heute zur Gattung *Rhizocyathus* gestellt. Das Etikett, auf dem der Rang eines Holotypus für das Präparat aus der Bornemann-Sammlung bestätigt wird, wurde von Frau Debrenne beschriftet. Bornemann-Sammlung (Geologisch-Paläontologische Sammlungen der MLU). Bildbreite: 7,7 cm.

mann erstmals und teilweise als neue Arten beschrieben worden waren, wurden in den letzten Jahrzehnten insbesondere von sardischen Paläontologen revidiert (u. a. PILLOLA 1991, 1994, 1996). Das Referenzwerk für diese Revision war dabei die Trilobiten-Monographie von BORNEMANN (1891; Abb. 17). Auf die Trilobiten aus der Bornemann-Sammlung wird im folgenden Kapitel im Zusammenhang mit der Digitalisierung und Visualisierung von Sammlungsmaterial kurz eingegangen.

5. Digitalisierung und Visualisierung von Trilobiten aus der Bornemann-Sammlung in 3D

Die 3D-Digitalisierung und -Visualisierung von Sammlungsobjekten aus wissenschaftlichen Sammlungen gewinnt zunehmend an Bedeutung. Mithilfe dieser Technik lassen sich auch Fossilien dreidimensional abbilden. Diese können in Form von 3D-PDFs archiviert und über Online-Datenbanken potentiellen Nutzern zur Verfügung gestellt werden, was einen unkomplizierten und schnellen Datenaustausch weltweit ermöglicht.

Im Institut für Geowissenschaften und Geo-

graphie der Martin-Luther-Universität in Halle (Saale) wurde 2010 damit begonnen, wertvolles Sammlungsmaterial aus den Geologisch-Paläontologischen Sammlungen im Rahmen von Qualifikationsarbeiten in 3D zu digitalisieren und zu visualisieren (Betreuer: W. Gossel / N. Hauschke). Ein Anfang wurde mit Sammlungsobjekten aus der „Sammlung Johannes Walther“ gemacht (SCHIMPF 2011, ISAAK 2011), was seinen Niederschlag auch in einem Sonderausstellungsprojekt fand (HAUSCHKE et al. 2010 und 2011). Im Rahmen der „International Conference on Fossil Digitizing and Digital Collection Data Handling in 2012“ (DigitalFossil2012, September 24-26, 2012 Berlin) wurde die Erzeugung von 3D-Modellen am Computer anhand von Xiphosuren aus den Geologisch-Paläontologischen Sammlungen der MLU thematisiert (SCHIMPF et al. 2012). Eine Fortsetzung fand diese Tagung im Jahre 2014, auf der über die weiterführenden Arbeiten an kambrischen Trilobiten aus der Bornemann-Sammlung berichtet wurde (HAUSCHKE et al. 2014, KRETSCHMER et al. 2014).

Die von KRETSCHMER (2014) in ihre Masterarbeit einbezogenen Trilobiten aus der Bornemann-Sammlung wurden von Johann



Abb. 17 Tafel XXV aus Bornemanns Monographie über die Fossilien im Kambrium von Sardinien, Teil 2 (BORNEMANN 1891), in der neben anderen Fossilgruppen die Trilobiten im Fokus stehen (links). Zweigbibliothek Geowissenschaften der ULB in Halle (Saale). Zwei Originale der auf Taf. XXV als Fig. 3 und 4 abgebildeten Trilobiten werden zum Vergleich gezeigt: das von Johann Georg Bornemann als neue Art beschriebene Taxon *Olenopsis micruroides* (rechts oben), mit Etiketten (rechts das Originaletikett von Bornemann), und *Olenopsis bornemanni* (rechts unten), beide von der Lokalität Canalgrande. Bornemann-Sammlung (Geologisch-Paläontologische Sammlungen der MLU). Bildbreite rechts oben: 11,8 cm, rechts unten: 10 cm.

Georg Bornemann im südwestlichen Sardinien gesammelt. Sie stammen von bedeutenden Fundpunkten, wie z. B. Canalgrande, Gutturu Sartu oder Punta Pintau. Das von Bornemann wissenschaftlich gründlich bearbeitete Material wurde in seiner Monographie „Die Versteinerungen des Cambrischen Schichtensystems der Insel Sardinien nebst vergleichender Untersuchungen über analoge Vorkommnisse aus andern Ländern. Zweite

Abtheilung“ (BORNEMANN 1891) publiziert und zählt heute zu den grundlegenden frühen Arbeiten über Trilobiten. Das Trilobiten-Material aus der Bornemann-Sammlung beinhaltet etwa 130 Stücke, die sich verschiedenen Gattungen und Arten zuordnen lassen; ein Teil davon wurde von PILLOLA (1991) revidiert. Zumeist handelt es sich bei dem Sammlungsmaterial nur um Teile von Trilobiten, z. B. um Fragmente des



Abb. 18 Auf das abgebildete Cranidium wird die Art *Sardaspis laticeps* (BORNEMANN 1891) begründet. Das Stück ist damit eines von drei Holotypen unter den Trilobiten in der Bornemann-Sammlung. Bildbreite: 4 cm.



Abb. 19 Bei dem abgebildeten Cranidium handelt es sich um den Lectotypus von *Enantiaspis enantiopa* (BORNEMANN 1891). Bildbreite: 6 cm.

Cephalons, wie Cranidium, Hypostom oder Wangenstacheln, um Thorax-Fragmente, wie Rhachis oder Pleuren, sowie um Fragmente des Pygidiums, während nur wenige vollständige Exemplare vorliegen (Abb. 17).

Bornemann konnte bereits unterschiedliche ontogenetische Stadien voneinander unterscheiden: larvale, juvenile und adulte Entwicklungsstadien. Wie die Revision von PILLOLA (1991) ergab, liegen in der Hallenser Sammlung drei Holotypen und ein Lectotypus vor. Bei den Holotypen handelt es sich um *Sardaspis laticeps* (BORNEMANN 1891) (Abb. 18), *Dolerolenus bifidus* (BORNEMANN 1891) und *Bornemannaspis solitaria* (BORNEMANN 1891). Den Lectotypus von *Enantiaspis enantiopa* (BORNEMANN 1891) zeigt Abb. 19. Neben den bereits genannten Trilobitengattungen *Sardaspis*, *Dolerolenus*, *Enantiaspis* und *Bornemannaspis* sind als weitere Gattungen *Giordanella*, *Metadoxides* und *Sardoredlichia* vertreten.

6. Der 3D-Laserscanner

Bei der Digitalisierung geologischer und insbesondere paläontologischer Sammlungsobjekte kommt ein kostengünstiger 3D-Laserscanner zum Einsatz, der durch die kommerziell verfügbare DAVID 3D-Laser-

scanner-Software der DAVID Vision Systems GmbH unterstützt wird (Informationen zur Software: www.david-3d.com). Bei dem hier vorgestellten 3D-Scanner handelt es sich um ein Scanner-System, welches zunächst von SCHIMPF (2011) weiterentwickelt und später von KRETSCHMER (2014) optimiert wurde.

Der Grundaufbau besteht aus einer Kamera (Webcam), einem Linienlaser und einem Kalibrierhintergrund mit vorgegebenem Muster (Abb. 20). Dabei muss der Kalibrierhintergrund im 90°-Winkel aufgestellt werden, während Kamera und Laser eine Position einnehmen, die auf der Winkelhalbierenden des Kalibrierhintergrundes liegt. Da es sich nach WINKELBACH et al. (2006) um ein selbstkalibrierendes System handelt, ist das bekannte Kalibriermuster für die Kamerakalibrierung und zur Bestimmung der Position der Laserebene notwendig. Die DAVID-Software nutzt für das Messverfahren die Lichtschnittmethode, die eine Weiterentwicklung des Triangulationsverfahrens darstellt. Dem oben beschriebenen Grundaufbau des Scanner-Systems wurde durch SCHIMPF (2011) zusätzliche Hard- und Software hinzugefügt. KRETSCHMER (2014) erweiterte und optimierte das bestehende Scanner-System durch verschiedene, u. a. leistungsstärkere

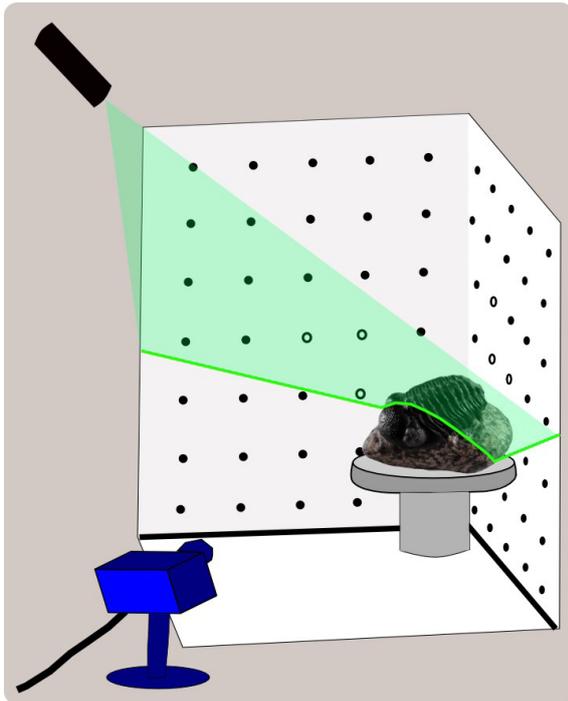


Abb. 20 Grundaufbau des verwendeten 3D-Laserscanner-Systems mit Kamera (Webcam), Linienlaser und Kalibrierhintergrund. Die Kalibrierpanel nehmen einen Winkel von 90° ein. Auf der Winkelhalbierenden (45°) befinden sich die Hardware-Komponenten Kamera und Laser.

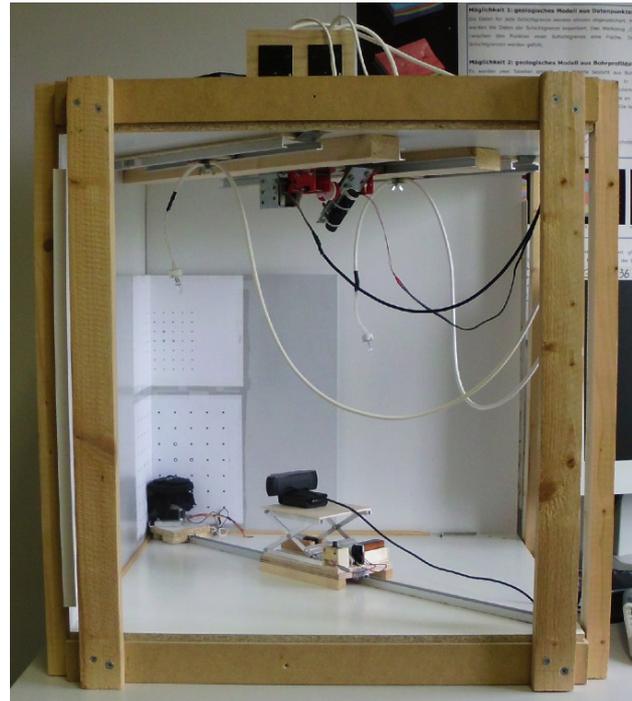


Abb. 21 Blick in das 3D-Laserscanner-System, das den Aufbau nach der Optimierung durch KRETSCHMER (2014) zeigt.

Hardwarekomponenten.

Mit einem programmierbaren Arduino Mikrocontroller-Board lassen sich die Hardwarekomponenten, wie der Linienlaser, der Drehteller und die Lichtquellen, steuern. Der Laser wird so bewegt, dass mit Hilfe eines Schrittmotors eine konstante Auf- und Abwärtsbewegung gewährleistet ist. Die Bewegung des Drehtellers, die ebenfalls durch einen Schrittmotor erzeugt wird, dient der Objektrotation. Dabei lässt sich der gesamte Scan-Prozess durch die von SCHIMPF (2011) entwickelte Software AutoScan steuern und automatisieren. Es handelt sich dabei um eine Brückensoftware, die eine Kommunikationsplattform zwischen dem Arduino Mikrocontroller-Board und der DAVID 3D-Laserscanner-Software bildet. So kann der Nutzer z. B. Einstellungen zur Bewegungsrichtung des Linienlasers sowie zu dessen Start- und Endposition vornehmen. Zudem lassen sich die Drehrichtung und der Rotationswinkel des

Drehtellers bestimmen.

Die Optimierung des Scanner-Systems durch KRETSCHMER (2014) beinhaltetete zum einen den Austausch der Kamera; so wurde eine leistungsfähigere Full HD-Webcam eingebaut, die im Gegensatz zu der vorherigen ein höheres Auflösungsvermögen besitzt. Zum anderen wurde der zuvor verwendete rote Linienlaser durch einen grünen Laser ersetzt, der eine dünnere Lichtlinienbreite ermöglicht. Ein weiterer Vorteil dieses Lasers ist es, dass seine grüne Lichtfarbe von den CCD-Sensoren, die in Kameras eingebaut sind, besser detektiert wird. Zusätzlich wurde für die Kamera ein Scherenhubtisch, auch „Hebebühne“ genannt, gebaut. Dieser gewährleistet stets eine optimale Position der Kamera vor dem zu scannenden Objekt. Die Regelung der Auf- oder Abwärtsbewegung findet manuell über einen Schiebeschalter statt; die Stromversorgung erfolgt über eine 9 V-Blockbatterie. Die diffuse Lichtquelle, die

zunächst Verwendung fand, wurde erneuert und durch eine zweite Lampe erweitert. Beide diffus streuenden Halogenlampen verfügen zudem über einen eigenen Dimmer, mit dem es möglich ist, jede Lampe gesondert in ihrer Helligkeit einzustellen. Außerdem können die Lichtquellen in ihrer Position innerhalb der Scannerbox sowie in ihrer Höhe variabel eingestellt werden. Die Erweiterung der Lichtquellen dient der Reduzierung der Schatten auf dem zu scannenden Objekt, die durch dieses Objekt selbst erzeugt werden. Abb. 21 zeigt das Scanner-System in seinem optimierten Aufbau.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die bereits oben erwähnte DAVID 3D-Laser-scanner-Software im vorliegenden Aufbau notwendig ist für die Erfassung und Verarbeitung der Objektkoordinaten sowie bei der Vermaschung der errechneten 3D-Punktkoordinaten durch Triangulation (Dreiecksvermaschung). Außerdem übernimmt die Software die Ausrichtung der entstehenden Teilscans und erstellt über die Fusionierungs-Funktion das finale 3D-Modell des gescannten Objekts. Für die Bereinigung der einzelnen Teilscans wird das Open Source Tool MeshLab (herunter zu laden unter: meshlab.sourceforge.net) verwendet. Des Weiteren dient MeshLab der Dateikonvertierung (*.obj zu *.u3d). Der abschließende Arbeitsschritt ist die Einbettung des 3D-Modells in ein geeignetes Dateiformat, im vorliegenden Fall in das 3D-PDF, das der Visualisierung der Modelle dient. Die Erstellung erfolgt mithilfe von Adobe Acrobat; zum Öffnen dieser multimedialen Dateien genügt der kostenlose Adobe Reader, der weltweit verfügbar ist und genutzt wird.

7. Dank

Wir danken den Organisatoren des Internationalen Symposiums zu Ehren von Johann Georg Bornemann, den Herren Prof. G. L. Pillola und Prof. G. Nonnoi, beide Cagliari, für die Einladung zur Vortragsveranstaltung am 6. Mai 2014 in Cagliari, Sardinien. Den Herren PD Dr. W. Gossel und Dipl.-Geol. L. Schimpf, beide Halle (Saale), danken wir für

hilfreiche Diskussionen. Herrn Prof. I. Lerche, Halle (Saale), gilt unser Dank für die Durchsicht des englischsprachigen Abstracts.

8. Literatur

- BARTHEL, M. (1966): Johann Georg Bornemann – Begründer der Kutikularanalyse. Hallesches Jahrbuch für Mitteldeutsche Erdgeschichte, 7 (für 1965), 7-10, Leipzig.
- BARTHEL, M. (1996): J. G. Bornemann und die mikropaläontologische Methode bulk maceration. Terra nostra. Schriften der Alfred-Wegener-Stiftung, 96/6, 133-134, Köln [66. Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft in Leipzig].
- BARTHEL, M. (1998): Johann Georg Bornemann und die mikropaläontologische Methode bulk maceration. Veröffentlichungen des Naturkundemuseums Erfurt, 1998, 197-204, Erfurt.
- BORNEMANN, J. G. (1854): Ueber die Liasformation in der Umgegend von Göttingen und ihre organischen Einschlüsse. Inaugural-Dissertation, 77 S., Berlin.
- BORNEMANN, J. G. (1856): Über organische Reste der Lettenkohlengruppe Thüringens. Ein Beitrag zur Fauna und Flora dieser Formation besonders über fossile Cycadeen, nebst vergleichenden Untersuchungen über die Blattstrukturen der jetztweltlichen Cycadeengattungen. VII + 85 S., Leipzig.
- BORNEMANN, J. G. (1886a): Beiträge zur Kenntnis des Muschelkalks, insbesondere der Schichtenfolge und der Gesteine des Unteren Muschelkalks in Thüringen. Jahrbuch der Königlich Preussischen Geologischen Landesanstalt und Bergakademie zu Berlin, 1885, 267-321, Berlin.
- BORNEMANN, J. G. (1886b): Die Versteinerungen des Cambrischen Schichtensystems der Insel Sardinien nebst vergleichender Untersuchungen über analoge Vorkommnisse aus andern Ländern. Erste Abtheilung. Abhandlungen der Kaiserlichen Leopoldinisch-Carolinischen Deutschen Akademie der Naturforscher (Nova acta Leopoldina), 51, 149 S., Halle (Saale).

- BORNEMANN, J. G. (1889): Über den Buntsandstein in Deutschland und seine Bedeutung für die Trias nebst Untersuchungen über Sand- und Sandsteinbildungen im allgemeinen. In: BORNEMANN, J. G. [Hrsg.]: Beiträge zur Geologie und Paläontologie, 1, 61 S., Jena.
- BORNEMANN, J. G. (1891): Die Versteinerungen des Cambrischen Schichtensystems der Insel Sardinien nebst vergleichender Untersuchungen über analoge Vorkommnisse aus andern Ländern. Zweite Abtheilung. Abhandlungen der Kaiserlichen Leopoldinisch-Carolinischen Deutschen Akademie der Naturforscher (Nova acta Leopoldina), 56: 425-529, Halle (Saale).
- BORNEMANN, J. G. & BORNEMANN, L. G. (1873): Über eine Schleifmaschine zur Herstellung mikroskopischer Dünnschliffe. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 25, 367-373, Berlin.
- DEBRENNE, F. (1964): Archaeocyatha. Contribution a l'étude des faunes cambriennes du Maroc, de Sardaigne et de France. Notes et Mémoires du Service Géologiques du Maroc, 179, 371 pp., Rabat.
- DEBRENNE, F., ROZANOV, A. & ZHURAVLEV, A. (1990): Regular archaeocyaths: Morphology, ontogeny, sytematics, biostratigraphy, paleoecology. CNRS Editions, 218 pp., Paris.
- DEBRENNE, F. & ZHURAVLEV, A. (1992): Irregular archaeocyaths: Morphology, ontogeny, sytematics, biostratigraphy, paleoecology. CNRS Editions, 212 pp., Paris.
- DEBRENNE, F. & ZHURAVLEV, A. (1996): Archaeocyatha, palaeoecology: a Cambrian sessile fauna. In: CHERCHI, A. [ed.]: Autecology of selected fossil organisms: achievements and problems. Bollettino della Società Paleontologica Italiana, 3, 145-158, Modena.
- EILERS, H. (1993): Die Familie Bornemann in Eisenach. Wartburgland, Mitteilungen des Heimatkreises Eisenach der Landsmannschaft der Thüringer e. V., 23-27, Bonn.
- HAUSCHKE, N. (1999): Johann Georg Bornemann (1831-1896) – Sein Beitrag zur Trias-Forschung. In: HAUSCHKE, N. & WILDE, V. [Hrsg.]: Trias. Eine ganz andere Welt. Mitteleuropa im frühen Erdmittelalter. 597-601, München (Pfeil).
- HAUSCHKE, N., HELLMUND, M. & SCHROEDER, R. (1996): Johann Georg Bornemann (20.5.1831 – 5.7.1896) – Dokumente zu seinem Leben und Werk. Terra nostra. Schriften der Alfred-Wegener-Stiftung, 96/6, 133-134, Köln [66. Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft in Leipzig].
- HAUSCHKE, N., HELLMUND, M. & SCHROEDER, R. (1997): Johann Georg Bornemann (1831-1896). Geologe, Paläontologe und Industrieller. Scientia halensis, 5 [1/1997], 24-25, Halle (Saale).
- HAUSCHKE, N., ISAAK, S., SCHIMPF, L., SEIFFERT, M. & GOSSEL, W. (2010): Johannes Walther (1860-1937) zwischen Riff und Wüste. Spurensicherung in 3D anlässlich seines 150. Geburtstages. Begleitheft zur Sonderausstellung in Halle (Saale), IV + 54 S., Halle (Saale).
- HAUSCHKE, N., ISAAK, S., SCHIMPF, L., SEIFFERT, M. & GOSSEL, W. (2011): Johannes Walther (1860-1937) zwischen Riff und Wüste – Spurensicherung in 3D. Begleitheft zur Sonderausstellung im Naturkundemuseum Leipzig, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, 65 S., Halle (Saale).
- HAUSCHKE, N., KRETSCHMER, S., SCHIMPF, L. & GOSSEL, W. (2014): 3D Digitalization and Visualization of Sardinian Cambrian trilobites from the Bornemann Collection (Geological and Palaeontological Collections of MLU Halle-Wittenberg). Digital Specimen 2014, Conference date September 7-12, 2014. Abstracts of Presentations, 33-34, Berlin.
- HAUSCHKE, N. & RÖHLING, H.-G. (2006): Johann Georg Bornemann (1831-1896) – Geologe, Paläontologe und Industrieller aus Mühlhausen/Thüringen. Mühlhäuser Beiträge, 29, 61-72, Mühlhausen.
- HAUSCHKE, N. & RÖHLING, H.-G. (2011):

- Johann Georg Bornemann (1831-1896) – Porträt eines thüringischen Geowissenschaftlers und Industriellen des 19. Jahrhunderts. *Geohistorische Blätter*, 21, 29-48, Berlin.
- ISAAK, S. (2011): Erfassung geologischer Sammlungsobjekte in aktuellen Datenbankmanagementsystemen (unter besonderer Berücksichtigung von Specify 6). Diplomarbeit, Institut für Geowissenschaften und Geographie, MLU Halle-Wittenberg, 127 S., Halle (Saale) [Unveröff.].
- KERP, H. (1990): The study of fossil gymnosperms by means of cuticular analysis. *Palaios*, 5, 548-569, Tulsa.
- KRETSCHMER, S. (2014): 3D-Visualisierung und Bestandsaufnahme paläontologischer Objekte aus den Geologisch-Paläontologischen Sammlungen der Martin-Luther-Universität: Kambrische Trilobiten von Sardinien aus der Sammlung Johann Georg Bornemann. Masterarbeit, Institut für Geowissenschaften und Geographie, MLU Halle-Wittenberg, XXIII + 176 S., Halle (Saale) [Unveröff.].
- KRETSCHMER, S., HAUSCHKE, N., SCHIMPF, L. & GOSSEL, W. (2014): 3D Digitalization and Visualization of different arthropods in the Geological and Palaeontological Collections of Halle University. *Digital Specimen 2014*, Conference date September 7-12, 2014. Abstracts of Posters, p. 46, Berlin.
- LYELL, Ch. (1830): *Principles of Geology*, 1, London.
- PILLOLA, G. L. (1991): Trilobites du Cambrien inférieur du SW de la Sardaigne, Italie. *Palaeontographia Italica*, 78, 174 pp., Pisa.
- PILLOLA, G. L. (1994): The Cambro-Ordovician of Southwestern Sardinia: Trilobite biostratigraphy and palaeobiogeographical affinities. In: BECHSTÄDT, T. & BONI, M. (eds.): *Sedimentological, stratigraphical and ore deposits field guide of the autochthonous Cambro-Ordovician of southwestern Sardinia*. *Memoire descrittive della carta geologica d'Italia*, 49, 19-28, Rom.
- PILLOLA, G. L. (1996): The trilobite *Gior-*
danella BORNEMANN, 1891 from Lower Cambrian of Sardinia (Italy): a discussion on its morphology and possible mode of life. In: CHERCHI, A. (ed.): *Autecology of selected fossil organisms: Achievements and problems*. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 3, 145-158, Modena.
- POTONIÉ, H. (1897): J. G. Bornemann. *Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft*, 15, 29-34, Berlin.
- SCHROEDER, R. (1996): Zum 100. Todestag von Johann Georg Bornemann (1831-1896). *Paläontologie aktuell*, 33, 9-10, Stuttgart.
- SCHIMPF, L. (2011): Fortgeschrittene 3D-Visualisierung geologischer Objekte. Diplomarbeit, Institut für Geowissenschaften und Geographie, MLU Halle-Wittenberg, 134 S., Halle (Saale) [Unveröff.].
- SCHIMPF, L., ISAAK, S., HAUSCHKE, N., GOSSEL, W. & WILDE, V. (2012): Online database and computer-generated 3D models for the use in palaeontological University collections, tested for xiphosurans of Eocene age from Saxony Anhalt, Germany. *DigitalFossil2012*. International Conference on Fossil Digitizing and Digital Collection Data Handling in 2012, September 24-26, 2012, Berlin. Abstracts of Presentations, 53-55, Berlin.
- WIEFEL, H. (1997): Johann Georg Bornemann. Bibliographische Daten über Geowissenschaftler und Sammler, die in Thüringen tätig waren. *Geowissenschaftliche Mitteilungen von Thüringen*, Beiheft 6, S. 34, Weimar.
- WINKELBACH, S., MOLKENSTRUCK, S. & WAHL, F. M. (2006): Low-Cost Laser Range Scanner and Fast Surface Registration Approach. *Proceedings of the DAGM, LNCS*, 4174, 718-728, Heidelberg.