



Preamble

Our understanding of the evolution of the earliest amniotes during the time span 320 to 270 million years ago on the Pangaea supercontinent is known from only very restricted types of depositional environments, most of which are in North America. The fossil locality Bromacker (Fossilagerstätte Bromacker, Bromacker Quarry) in the Lower Permian Tambach Formation near Tambach-Dietharz, central Germany, has developed during the last 25 years to be the most important and productive fossil locality for Lower Permian, terrestrially adapted tetrapods outside USA. The Bromacker locality produces the best preserved terrestrial vertebrate fossils from the Lower Permian time period (about 290 million years ago).

Significantly, the locality provides the example of strictly terrestrial amniote ecosystem. The diversity of the fossils and the fact that they are all terrestrial animals (no fish or aquatic amphibians have been found in nearly thirty years of excavation) indicates that it represents the only fully documented example of an initial stage in the evolution of the modern terrestrial vertebrate ecosystem; that is, a trophic system or food chain in which herbivorous tetrapods dominated in diversity, abundance, and biomass in comparison to the apex predators, and thus, fulfilled the role as the major source of direct introduction of plant food into the animal food chain. Thus, the herbivores and carnivores coexisted in a natural community as early as the Lower Permian. Therefore, it is possibly the most important locality worldwide for our understanding of the paleontology and ecology of basal amniotes and their near relatives.

Einleitung

Unsere Erkenntnisse von der Evolution der frühen Amnioten während einer Zeitspanne von vor 320 bis 270 Millionen Jahren auf dem Superkontinent Pangäa sind nur von einer sehr begrenzten Anzahl von Fossilfundstellen bekannt. Die meisten davon liegen in Nordamerika. Die Fossilfundstätte Bromacker in der unterpermischen Tambach-Formation zwischen Georghenthal und Tambach-Dietharz (Zentral-Deutschland) hat sich während der letzten 25 Jahre zur bedeutendsten und produktivsten Fossilagerstätte für unterpermische, terrestrisch angepasste Tetrapoden außerhalb der USA entwickelt. Der Bromacker birgt die besterhaltenen, terrestrischen Wirbeltierfossilien aus dem Unteren Perm (etwa vor 290 Millionen Jahren).

Die Fundstätte liefert maßgeblich weltweit die bekanntesten Beispiele für eindeutig terrestrische Amnioten. Die Diversität der Fossilien und die Tatsache, dass sie alle terrestrische Tiere sind (keine Fische oder aquatische Amphibien wurden in nahezu 30 Jahren Ausgrabung gefunden), bedeutet, dass der Bromacker das einzige gut dokumentierte Beispiel eines frühen terrestrischen Ökosystems repräsentiert. Es zeigt uns, dass das Nebeneinander von Herbivoren und Carnivoren in einer natürlichen Gemeinschaft schon in der Zeit des Unteren Perm existierte. Deshalb ist er eines der bedeutendsten Lokalitäten weltweit für unser Verständnis der Paläontologie und Ökologie basaler Amnioten und ihrer näheren Verwandten.



1 Location of the Bromacker

The Bromacker locality is an active site of paleontological investigations, about 1,5 km north of the small town Tambach-Dietharz and about 20 km south of the town Gotha in the Thuringian Forest in central Germany. Around the area of the Bromacker are found active sandstone quarry of the TRACO Company, remains of former quarries that were active about 50 to 150 years ago and the quarry of our currently fossil site (fig. 1).

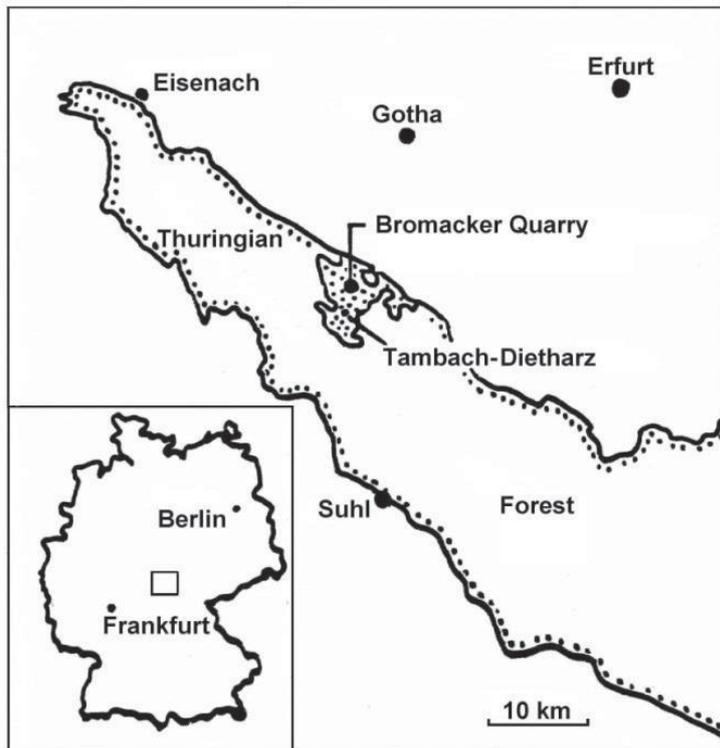


Fig. 1. Position of the Bromacker Quarry

1 Lage des Bromackers

Die Lokalität Bromacker, etwa 1,5 km nördlich der kleinen Stadt Tambach-Dietharz und etwa 20 km südlich der Stadt Gotha im Thüringer Wald, in Zentral-Deutschland gelegen, ist ein aktiver Ort paläontologischer Forschungen. Im Gebiet des Bromackers befinden sich ein aktiver Sandsteinbruch der Firma TRACO, Reste früherer Steinbrüche, die vor 50 - 150 Jahren aktiv waren und der Steinbruch unserer gegenwärtigen Fossilfundstätte (Abb. 1).

2 Excavation and research history of the Bromacker locality

The scientific history of the Lower Permian fossil locality Bromacker began about 125 years ago with the fossil collector Heinrich Friedrich Schäfer (1839-1930), who in 1887 discovered the first sandstone block with a tetrapod footprint that was used at a construction site in the city of Gotha. It was later realized that the fossil came originally from a sandstone quarry (Bromacker) near Tambach in the Thuringian Forest.



From about 1890 to 1908, Prof. Wilhelm Pabst, curator of the natural scientific collection of the Herzogliches Museum in Gotha became engaged in intensive collecting and description of the first tetrapod footprints from different Lower Permian fossil localities in the Thuringian Forest, especially from the locality Bromacker near Tambach. The Bromacker fossil collection of tetrapod footprints has grown in Gotha to more than 180 superbly preserved specimens (PABST 1895, 1908; VOIGT 2002).



Fig. 2. Prof. Wilhelm Pabst at the Bromacker quarry in 1895 (MARTENS 1994)

Later in the 1950s to the 1970s Prof. Hermann Schmidt (1892-1978), Göttingen, Prof. Arno Hermann Müller (1916-2004), Jena, and Prof. Hartmut Haubold (*1941), Halle, continued the study of the tetrapod footprints, as well as the invertebrate trace fossils from the Tambach Sandstone (SCHMIDT 1959; MÜLLER 1954, 1955; HAUBOLD 1971, 1972, 1973a, b).

With the discovery of the first vertebrate bone and additional invertebrate fossils (Conchostraca) at the Bromacker by the geologist Thomas Martens (*1952) in the summer of 1974, he began annual excavations in the fine, clastic, reddish brown siltstones above the Bromacker Sandstone (upper part of the Tambach Sandstone, MARTENS ET AL. 2009). From 1975 -1991 he discovered together with his father and various helpers the first skeletal evidence of a protorothyridid (1976, 1982), diadectid (1979), trematopid (1980) and *Seymouria* (1985) outside of North America. During this time Martens initiated contacts with vertebrate paleontology specialists in the USA and Germany. Prior to the political change (reunification of Germany) he published the results of his discoveries from the Bromacker (MARTENS 1975, 1980, 1982, 1988, 1989, 1990; MARTENS, SCHNEIDER & WALTER 1980; BOY & MARTENS 1991).



Fig. 3. First excavated bone at the Bromacker by Thomas Martens, summer 1974



Fig. 4. Excavation site in summer 1988, excavation area IV



In 1992 Martens was awarded a Museum Specialist Scholar grant by the Carnegie Museum of Natural History in Pittsburgh, Pennsylvania, USA, that paid all of his travel and per diem expenses for 6 months while in the USA to begin a collaborative research program with Dr. David S Berman (Curator, section of Vertebrate Paleontology) to study the Bromacker vertebrate fossils. Beginning in 1993 und until 2010 the Bromacker team, including paleontologists and volunteers from Canada, USA, Slovakia, and Germany, has had 18 very successful summer excavating seasons, each averaging about four weeks.

Important discoveries between 1993 and 2010 were the first completely articulated skeletons of a new species of herbivorous diadectid *Diadectes absitus* (1993, first record of genus outside of the USA), a new species and genus of bolosaurid reptile, *Eudibamus cursoris* (1993), two closely associated skeletons of *Seymouria sanjuanensis* (1997), locally referred to the "Tambach Lovers" (known otherwise only from the USA), a new genus and species of herbivorous diadectid, *Orobates pabsti* (1998), the sphenacodontid early mammal-like reptile *Dimetrodon teutonis* (1999, genus known otherwise only from the USA), two new genera and species of amphibian trematopids, *Tambachia trogallas* and *Rotaryus gothae* (members of the family otherwise known from the USA), the dissorophoid, *Georgenthalia clavinastica*, the varanopid synapsid, *Clavifalcatus carnifex*, and three skeletons of the oldest known, undescribed new species of herbivorous caseid synapsid. Additionally, Martens in 2008, discovered first fossils in the city of Tambach-Dietharz, the second site in the Tambach Formation to yield vertebrate fossils.

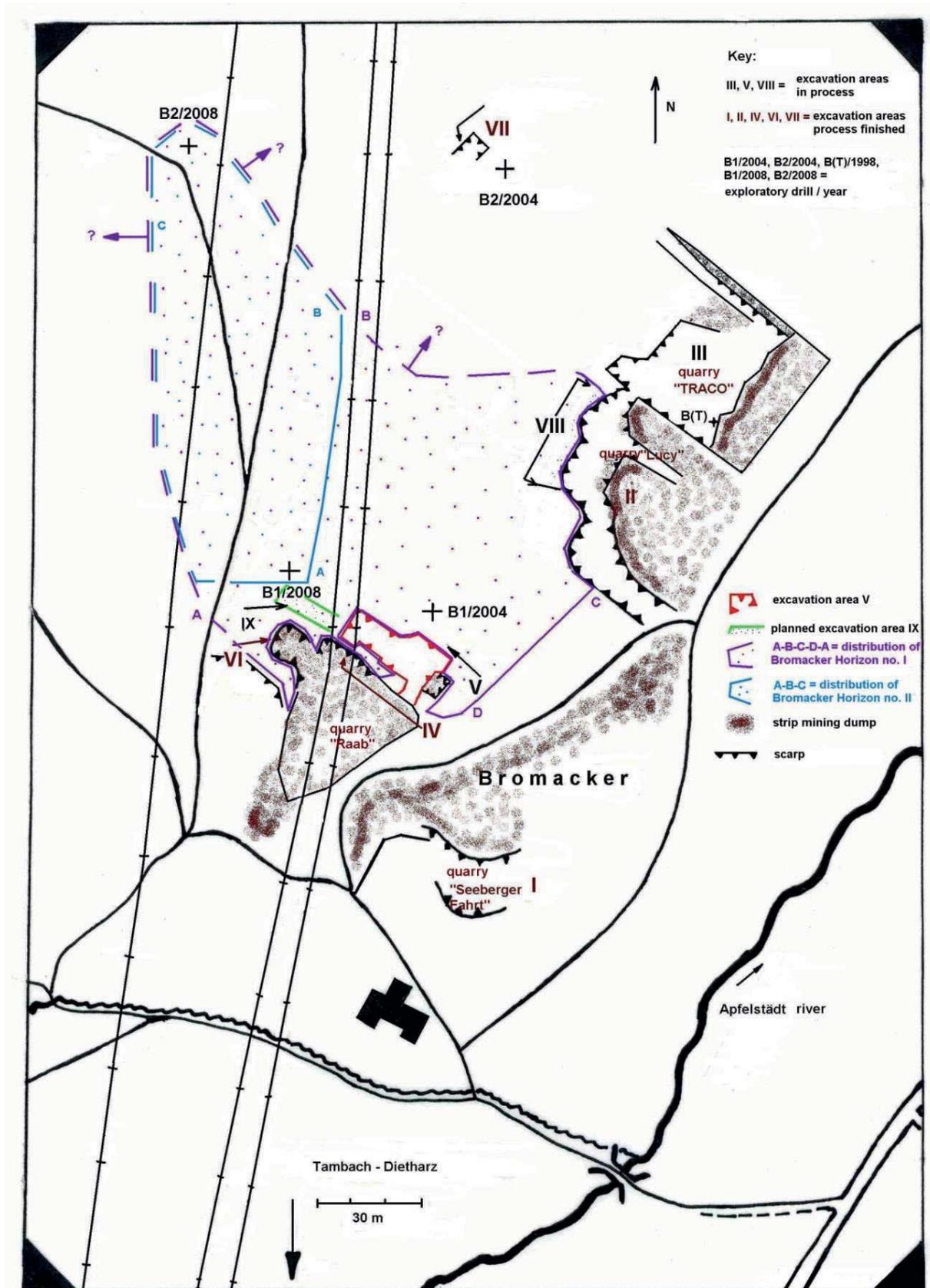


Fig. 5. Bromacker excavation map, 2010



2 Ausgrabungs- und Erforschungsgeschichte der Bromackerfundstätte

Die Erforschungsgeschichte der unterpermischen Fossilfundstätte Bromacker begann vor etwa 125 Jahren mit dem Fossilsammler Heinrich Friedrich Schäfer (1839-1930), der im Jahre 1887 die erste Sandsteinplatte mit Tetrapodenfährten, die als Überbrückung eines Chausseegrabens in Gotha genutzt wurde, entdeckte. Es wurde später herausgefunden, dass das Fossil ursprünglich aus einem Sandsteinbruch (Bromacker) nahe Tambach im Thüringer Wald stammt.

Von etwa 1890 bis 1908 beschäftigte sich Prof. Wilhelm Pabst (1856-1908), Kustos der Naturwissenschaftlichen Sammlung des Herzoglichen Museums in Gotha, mit der intensiven Aufsammlung und Beschreibung der ersten Tetrapodenfährten von unterschiedlichen unterpermischen Fossilfundstellen im Thüringer Wald, speziell von der Lokalität Bromacker nahe Tambach. Die Bromacker-Fossilsammlung aus Tetrapodenfährten wuchs in Gotha auf mehr als 180 großartig erhaltenen Platten an (PABST 1985, 1908; VOIGT 2002).

Später in den 1950ern bis 1970ern setzten Prof. Hermann Schmidt (1892-1978), Göttingen, Prof. Arno Hermann Müller (1916-2004), Jena und Prof. Hartmut Haubold (*1941), Halle die Studien der Tetrapodenfährten und der Invertebraten-Spurenfossilien des Tambach-Sandsteins fort. (SCHMIDT 1959; MÜLLER 1954, 1955; HAUBOLD 1971, 1972, 1973a, b).

Mit der Entdeckung des ersten Wirbeltierknochens und weiterer Invertebratenfossilien (Conchostraca) am Bromacker durch den jungen Geologen Thomas Martens (*1952) im Sommer 1974 begann dieser mit jährlichen Grabungen in den feinklastischen, rotbraunen Siltsteinen über dem Bromacker-Sandstein (oberer Teil des Tambach-Sandsteins, MARTENS et al. 2009).

Von 1975 bis 1991 entdeckte er mit seinem Vater und verschiedenen Helfern die ersten Skelette eines Protorothyrididen (1976, 1982), Diadectiden (1979), Trematopiden (1980) und von Seymouria (1985) außerhalb von Nordamerika. Während dieser Zeit initiierte Martens Kontakte mit Spezialisten der Wirbeltierpaläontologie in den USA und Deutschland. Vor dem politischen Wandel (Wiedervereinigung Deutschlands) publizierte er die Ergebnisse seiner Entdeckungen vom Bromacker (MARTENS 1975, 1980, 1982, 1988, 1989, 1990; MARTENS, SCHNEIDER & WALTER 1980; BOY & MARTENS 1991).

Im Jahre 1992 wurde Martens ein Stipendium für Museumsspezialisten vom Carnegie Museum of Natural History in Pittsburgh, Pennsylvania, USA zuerkannt, das alle seine Reise- und Tagesausgaben für 6 Monate finanzierte. Gleichzeitig startete in den USA ein gemeinschaftliches Forschungsprogramm mit Dr. David S Berman (Curator der Sektion Wirbeltierpaläontologie) zum Studium der Bromacker-Wirbeltierfossilien. Beginnend im Jahre 1993 und bis 2010 hat das Bromackerteam, bestehend aus den Paläontologen und freiwilligen Helfer aus Kanada, den USA, der Slowakei und Deutschland 18 Jahre sehr erfolgreiche Sommergrabungen, jede durchschnittlich etwa 4 Wochen lang, absolviert.

Bedeutende Entdeckungen zwischen 1993 und 2010 waren erste komplett artikulierte Skelette von einer neuen Art des herbivoren Diadectiden *Diadectes absitus* (1993, Erstnachweis der Gattung außerhalb der USA), eine neue Art und Gattung des bolosauriden Reptils *Eudibamus cursoris* (1993), zwei eng beieinander liegende Skelette von *Seymouria sanjuanensis* (1997), lokal bezeichnet als das „Tambacher Liebespaar“ (bekannt ansonsten nur von den USA), eine neue Gattung und Art des herbivoren Diadectiden *Orobates pabsti* (1998), den Sphenacodontiden *Dimetrodon teutonis* (1999, Gattung ist ansonsten nur von den USA bekannt), zwei

neue Gattungen und Arten der Trematopiden, *Tambachia trogallas* und *Rotaryus gothae*, der Dissorophoide *Georgenthalia clavinasica*, der varanopide Synapside *Clavifalcatus carnifex* und drei Skelette der ältesten bekannten, unbeschriebenen neuen Art eines herbivoren, caseiden Synapsiden. Außerdem entdeckte Martens im Jahre 2008 die ersten Fossilien im Zentrum von Tambach-Dietharz, die zweite Fundstelle in der Tambach-Formation, die Wirbeltierfossilien liefert.



Fig. 6. Bromacker, excavation site in summer 2009



Fig. 7. Bromacker, excavation site in summer 2010

3 Preservation, preparation, and ownership of the Bromacker fossils

The vertebrate fossils are extremely well preserved, have a white to bluish grey colored carbonate (calcite, aragonite) appearance, and are three-dimensional preserved with a natural deformation until 50 %. Many of the skeletons are complete and articulated skeletons, some in natural poses, and rarely with soft part impressions. Some taxa are uniquely represented by growth series.

About 85 % of the fossils were mechanical prepared during the past 25 years by Amy Henrici of the Carnegie Museum of Natural History, whereas about 10 % was done at the Museum der Natur Gotha with financial support from the DFG-projects since 1997 (Georg Sommer and Jerome Gores). Proper preparation of the fossils requires long periods of time, but it is relatively easy, because of the rock matrix is easy to remove due to a thin surface coating of a soft, green reduced matrix.

About 40 % of the Bromacker fossils are property of Stiftung Schloss Friedenstein Gotha, Museum der Natur (majority of tetrapod footprint and invertebrate fossils). All fossils, discovered after 1992 belong to the state of Thuringia, but incorporation into the paleontological collections of the Museum der Natur Gotha (Thuringian law for preservation of sites of historic interest 1992, 2004).



Fig. 8. Georg Sommer in the prep lab of the Museum of Nature in Gotha, 1999

3 Erhaltung, Präparation und Eigentum der Bromackerfossilien

Die Wirbeltierfossilien sind extrem gut erhalten. Sie haben ein weiß bis bläulich grau gefärbtes, karbonatisches Aussehen (Kalzit, Aragonit) und sind dreidimensional, mit einer natürlichen Deformation bis zu 50 % erhalten. Viele der Skelette sind komplette und artikulierte Skelette, einige in natürlicher Haltung und selten mit Weichkörper-Abdrücken. Einige Arten sind einzigartig repräsentiert durch Wachstums-Serien.

Etwa 85 % der Fossilien wurden während der zurückliegenden 25 Jahre von Amy Henrici am Carnegie Museum of Natural History mechanisch präpariert, hingegen nur etwa 10 % am Museum der Natur Gotha mit finanzieller Förderung durch DFG-Projekte seit 1997 (Georg Sommer und Jerome Gores). Eine sachgerechte Präparation der Fossilien erfordert einen großen Zeitaufwand. Sie ist aber relativ einfach, weil die Gesteinsmatrix wegen einer dünnen Oberflächen-Umhüllung mit einer weichen, grün reduzierten Matrix leicht zu entfernen ist.

Etwa 40 % der Bromackerfossilien sind Eigentum der Stiftung Schloss Friedenstein Gotha und des Museums der Natur (Mehrzahl der Tetrapodenfährten und Invertebratenfossilien, einige Skelette). Alle Fossilien, die nach 1992 entdeckt wurden, gehören dem Freistaat Thüringen, wurden aber eingegliedert in die paläontologische Sammlung des Museums der Natur Gotha (Thüringisches Denkmalschutzgesetz 1992, 2004).