

4 Ratingen-Ost. Rekonstruktion der Lebewelt der Ratinger Seekuh. Die auf dem Meeresboden liegenden Seekuh-Rippen sind von Balaniden (Seepocken) bewachsen, im Hintergrund schwimmen ein Hai und einige schlanke Goldlachse.

Literatur

V. de Buffrénil/A. Canoville/R. D'Anastasio/D. P. Domning, Evolution of sirenian pachyosteosclerosis, a model-case for the study of bone structure in aquatic tetrapods. *Journal of Mammalian Evolution* 17, 2010, 101–120. – M. Voß, New finds of *Halitherium* (Sirenia, Mammalia) from the lower Oligocene of the Rhine area, Germany. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie – Abhandlungen* 249, 2008, 257–269. – M. Voß, A new sea cow record from the lower Oligocene of western Germany: new indications on the

skeletal morphology of *Halitherium schinzii* (Mammalia: Sirenia). *Paläontologische Zeitschrift* 86, 2012, 205–217. – M. Voß/O. Hampe, Evidence for two sympatric sirenian species (Mammalia, Tethytheria) in the early Oligocene of Central Europe. *Journal of Paleontology* 91, 2017, 337–367.

Abbildungsnachweis

1 U. Amend/Geologischer Dienst NRW, Krefeld (GD NRW). – 2 D. Schrijver/GD NRW. – 3 J. Schardin/GD NRW. – 4 D. Seimet, Leverkusen.

Kerpen, Rhein-Erft-Kreis

Eine unterpliozäne Flora mit Vivianit-Überzug aus dem Tagebau Hambach

Ulrich Lieven, Manuela Neuroth und Christoph Hartkopf-Fröder

In der nördlichen Niederrheinischen Bucht, etwa zentral im Städtedreieck zwischen Köln, Düsseldorf und Aachen, lagern die größten Braunkohlenvorkommen Europas, deren Ausläufer fast bis zur Maas reichen. Die dort abgebauten Braunkohlenflöze entstanden in mehreren, unterschiedlichen Wachstumsphasen, die vom mittleren bis zum oberen Miozän andauerten. Während in den Flözen die

Pflanzenfossilien in der Regel schlecht erhalten sind, kommen in schluffigen und tonigen Schichten des Miozäns und Pliozäns mitunter reiche Blattansammlungen vor.

Im Spätsommer 2019 standen auf der 3. Sohle des Tagebaus Hambach Sedimente der unterpliozänen Rotton-Schichten (Horizont 9A) an (Abb. 1). Ihr Alter wird in der Stratigraphischen Tabelle von

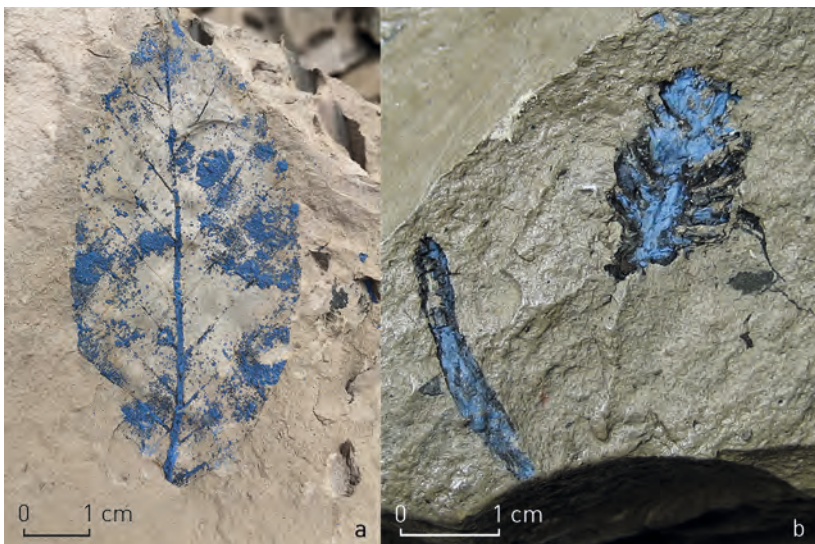


1 Kerpen-Buir, Tagebau Hambach. Fundschicht bestehend aus einem ca. 10 m mächtigen Tonpaket.

Deutschland 2016 mit ca. 4–5 Mio. Jahren angelegen. Innerhalb dieser Schichten war eine ca. 10 m mächtige, kompakte, grobgeschichtete Tonlinse mit einer Länge von ca. 30–40 m entwickelt, die als Rinnenfüllung interpretiert wird. Schon beim ersten Aufspalten der Tonblöcke wurden Blätter gefunden, die überraschend eine intensive, im frischen Anschlag des Tonbrockens schon fast unnatürlich wirkende Blaufärbung aufwiesen (Abb. 2a). Auch andere Florenbestandteile, wie z. B. Amberbaum-Fruchtstände, Erlenzäpfchen (Abb. 2b) und Holzreste zeigten eine deutliche Blaufärbung. Etwa 20 % der Pflanzenfossilien dieser Fundstelle sind teilweise gefärbt, wobei die Farbintensität zwischen einem zarten Anflug von dunkelblau bis hin zu reinem hellblau schwankt. Blattspalten sind sehr viel weniger blau als die Blattnerven, Fruktifikationen deutlich kräftiger gefärbt als die Blätter.

Die auffallende Blaufärbung findet sich gelegentlich bei Fossilien und wird dann meist von Vivianit, einem Phosphatmineral des zweiwertigen Eisens mit der chemischen Formel $\text{Fe}^{2+}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, hervorgerufen. Die gefundenen Stücke sind von diesem Mineral oft nur ganz zart überzogen, teilweise

2 Kerpen-Buir, Tagebau Hambach. Vivianitimpregnierung unterschiedlicher Ausprägung.
a Abdruck eines Buchenblattes; **b** Erlenzäpfchen.



wurde das organische Material aber auch vollständig durch Vivianit ersetzt. Dass es sich tatsächlich um Vivianit handelt, konnte mit verschiedenen Methoden verifiziert werden. Dazu wurden zunächst kleine Mengen des blauen Materials, möglichst ohne Beimischungen des benachbarten Sediments, entnommen. Im mineralogischen Labor des Fachbereiches Mineralogie der Forschung & Entwicklung der RWE Power AG und im Institut für Geologie und Mineralogie der Universität zu Köln wurden zur eindeutigen Identifizierung des Vivianits zwei Methoden angewandt:

Mittels REM-EDX (Kombination Rasterelektronenmikroskop mit Elementanalyse im mikroskopischen Maßstab) konnten orts aufgelöste Elementverteilungsbilder aufgenommen werden (Abb. 3). In dem blauen Material wurden Vivianit-typische Elemente wie Eisen (Fe) und Phosphor (P) ermittelt. Die deutliche Korrelation von Fe und P ist ein starkes Indiz für Vivianit. Im umgebenden Sediment dominieren dagegen Silizium (Si) und Aluminium (Al), die vor allem auf Quarz und Tonminerale bezogen werden können. Im Rasterelektronenmikroskop zeigte sich außerdem, dass die Vivianitkristalle ganz überwiegend sehr klein (um 0,5–1 µm, stängelige Kristalle bis 30 µm) sind. Erwartungsgemäß zeigen ihre EDX-Spektren überwiegend Sauerstoff (45–54 %), Eisen (31–40 %), Phosphor (13–15 %) sowie geringe Mengen von Mangan (< 0,3 %). Da Mangan einen sehr ähnlichen Atomradius wie Eisen hat und in einigen weiteren Eigenschaften diesem Element ähnelt, wird Mangan in geringen Mengen anstelle von Eisen in das Vivianit-Kristallgitter eingebaut. Calcium ist ebenfalls in Spuren vorhanden (< 0,45 %). Es dürfte wie gelegentlich nachgewiesenes Silizium, Natrium und Titan aus dem umgebenden Sediment stammen. Zwei Proben führen auch geringe Mengen an Schwefel (< 1 %), der möglicherweise in Pyrit (FeS_2) gebunden ist und sich wohl am ehesten auf zersetztes Pflanzenmaterial zurückführen lässt.

Zur eindeutigen Identifizierung der monoklinen Mineralphase $\text{Fe}^{2+}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ wurden zusätzlich Röntgen-Pulverdiffraktogramme angefertigt. Lage und Intensität der Reflexe bestätigen eindeutig, dass die blaue Masse überwiegend aus Vivianit besteht. Nebenminerale wie Quarz (SiO_2) und Hämatit (Fe_2O_3) stammen wohl aus dem umgebenden Sediment.

Die Frage nach der Entstehung des Vivianits bei den Hambacher Funden ist zwingend an die Frage der Herkunft einer ausreichenden Menge an Phosphationen gebunden. Diese können beispielsweise bei der Verwesung von pflanzlichem Material freigesetzt werden. Dafür spricht auch, dass das Vorkommen des Vivianits an die Pflanzenreste gebunden ist und dass das Mineral nicht als Konkretionen im Sediment gefunden wurde. Als weitere Phosphat-Quellen können auch Tierleichen und -fäkalien in Betracht gezogen werden. Die Bildung des Vivianits

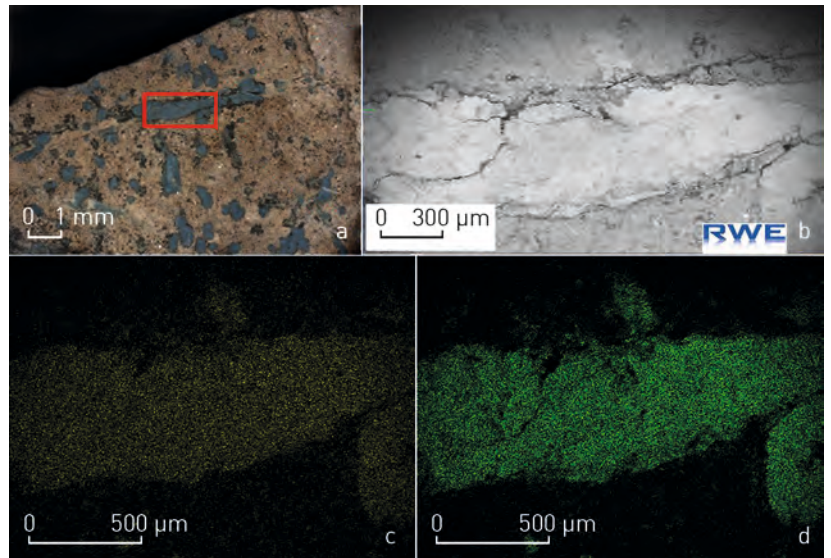
kann schon in einer sehr frühen Phase der Diagenese begonnen haben, da das Mineral auch aus sehr jungen, wenige Jahrzehnte alten Seesedimenten häufig beschrieben worden ist.

Festzuhalten ist, dass es sich bei der beschriebenen Mineralausfällung um eine gleichermaßen optisch auffällige, wie auch seltene Überprägung der fossilen Pflanzenreste handelt. Neben dem Vorkommen im Tagebau Hambach ist den Autoren für „blaue Blätter“ zzt. nur eine Fundstelle in den pliozänen Meleto-Tonen im Valdarno (I) bekannt.

Die unterpliozäne Flora der Fundstelle im Tagebau Hambach besteht zumeist aus Vertretern der Gattungen *Acer* (Ahorn), *Alnus* (Erle), *Fagus* (Buche), *Quercus* (Eiche), *Ulmus* (Ulme), *Taxodium* (Sumpfyzypresse) und *Zelkova* (Zelkove). Die Blattfunde belegen die für das ausgehende Tertiär Mitteleuropas typische artenreiche, überwiegend sommergrüne Laubmischwaldflora. Als rezente Vergleichsbiotope dieser Gehölzflora sind heutige Standorte in den Auwäldern Südost-Nordamerikas (Arkansas, Louisiana, Mississippi, Missouri) und Ostasiens (China: Hubei und Nanjing; SüdJapan) sowie Reliktstandorte im Kaukasus anzusehen.

Literatur

G. Belz/V. Mosbrugger, Systematisch-paläoökologische und paläoklimatische Analyse von Blattfloren im Mio-/Pliozän der Niederrheinischen Bucht (NW-Deutschland). *Palaeontographica Abteilung B* 233, 1994, 19–156. – Th. C. Fischer/R. Butzmann, Die neogene Flora von Meleto (Valdarno, Italien) – Paläobotanik, Paläoökologie



und Paläoklima. *Flora Tertiaria Mediterranea* 5,6 (München 2000). – R. Gossmann/H.-J. Gregor/U. Lieven, Die Niederrheinische Bucht und ihre Tertiärablagerungen (Braunkohlen, Kiese, Sande, Tone). *Documenta naturae Sonderband* 43 (München 2006) 1–26. – M. Rothe/A. Kleeberg/M. Hupfer, The occurrence, identification and environmental relevance of vivianite in waterlogged soils and aquatic sediments. *Earth-Science Reviews* 158, 2016, 51–64.

Abbildungsnachweis

1–2 U. Lieven/RWE Power AG. – 3 M. Neuroth/Mineralogisches Labor des Fachbereiches Mineralogie der Forschung & Entwicklung der RWE Power AG.

3 Kerpen-Buir, Tagebau Hambach. **a** Lichtmikroskopische Aufnahme mit untersuchtem Bereich (rot); **b** rasterelektronenmikroskopische Aufnahme (REM); **c** Elementgehaltsverteilung für Eisen, K-Serie (REM-EDX) und **d** für Phosphor, K-Serie (REM-EDX).

Merzenich, Kreis Düren

Funde fossiler Arthropoden im Pliozän des Rheinischen Braunkohlenreviers

Ulrich Lieven und Michael Schneider

Beim Braunkohlenabbau im Rheinischen Braunkohlenrevier werden seit mehr als 200 Jahren kontinuierlich Pflanzenfossilien gefunden. Ein Sachverhalt, der nicht weiter verwunderlich ist, da die Braunkohlenflöze vom mittleren (17,5 Mio. Jahre) bis zum oberen Miozän (7,5 Mio. Jahre) aus dem inkohlten Pflanzenmaterial riesiger Sumpfwälder und Moore entstanden sind. In den Zwischenmit-

teln, so werden die Schichten tauben Gesteins zwischen den Kohleflözen bezeichnet, und Deckschichten finden sich in Schluff- und Tonlagen meist gut erhaltene Blätter einer längst vergangenen Flora. Deutlich seltener gelingt die Bergung von Überresten fossiler Tiere, obwohl selbstverständlich eine reiche Fauna die damaligen Urwälder besiedelte. Schon beim Aufwachsen der Küstensumpfmoo-