

Mikrotomographie an Biomineralien

Frank Neues,^a Andreas Ziegler,^b Tilman Donath,^c Jens Fischer,^{c,d} Felix Beckmann,^c Matthias Eppe^{a,*}

^a Universität Duisburg-Essen, Institut für Anorganische Chemie, Universitätsstraße 5-7,
45117 Essen., Germany

^b Universität Ulm, Zentrale Einrichtung für Elektronenmikroskopie, Albert-Einstein-Allee 11,
89069 Ulm, Germany

^c GKSS Forschungszentrum Geesthacht, Institut für Materialforschung, c/o GKSS am DESY,
Notkestrasse 85, 22607 Hamburg, Germany

^d Klinik für Orthopädie, Medizinische Hochschule Hannover, Hannover, Germany.

Biomineralien sind anorganische Mineralen, die durch lebende Organismen gebildet wurden. Ihre Vorkommen in der Natur sind vielfältig. Sie werden beispielsweise benötigt, um die Stabilität zu verbessern (als Knochen oder als Exoskelett), als „Werkzeug“ (z.B. Zähne) oder als Schutz vor natürlichen Feinden (Muschelschalen). Da Biomineralien von der Natur für ganz bestimmte Aufgaben synthetisiert werden, sind ihre Eigenschaften ebenso speziell. Knochen ist ein Kompositmaterial, bestehend aus Kollagen und Hydroxylapatit, das eine ausgewogene Kombination aus Flexibilität und Stabilität besitzt. Biomineralien stehen aus mehreren Gründen zunehmend im Blickpunkt der Wissenschaft: einerseits können durch das Studium des Aufbaus der biologischen Vorbilder biomimetische Werkstoffe entwickelt werden, andererseits ist das Verständnis der Mineralisationsvorgänge in Lebewesen wichtig in der Medizin, sei es in erwünschten Fällen (Knochen und Zähne), als auch in unerwünschten Fällen (Mineralisationsstörungen wie z.B. Osteoporose oder Arteriosklerose). Die Mikrocomputertomographie hat im Vergleich mit herkömmlichen mikroskopischen Methoden (z.B. der Rasterelektronenmikroskopie) mehrere günstige Eigenschaften. So ist es nicht nötig, die mineralisierten Gewebe aus dem sie umgebenden Weichgewebe zu isolieren, d.h. Hartgewebe können in ihrer natürlichen Umgebung untersucht werden (ohne Präparationsartefakte).

Im Folgenden werden mikrocomputertomographische Untersuchungen an zwei unterschiedlicher Biomineralien vorgestellt: Das Skelett des Zebrafisches (*Danio rerio*) und die Kutikula einer Assel (*Porcellio scaber*).

Das Skelett des Zebrafisches

Der Zebrafisch ist in der biologischen Forschung ein Modellorganismus. Durch seine kurze Vermehrungszeit und die Transparenz der Embryonen ist er ideal für Laborversuche geeignet, insbesondere nach genetischer Manipulation. Knochen und Zähne des Zebrafisches sind vom Aufbau her den menschlichen Knochen und Zähnen ähnlich. Die Zähne vom Zebrafisch sind im Schlund lokalisiert und erneuern sich fortlaufend. Die Krone der Zähne besteht aus einer dünnen Schicht Zahnschmelz (Enamel). Tubulares Zahnbein (Dentin) umschließt die Kammer mit Odontoblasten und Nervengewebe. In Abbildung 1 ist eine Übersicht über die Lage der Zähne gezeigt. Die Messung wurde am Messplatz BW2 bei einer Energie von 19 keV durchgeführt.

Die Kutikula von *P. Scaber*

Da die Kutikula (Exoskelett="Schale") der Assel *P. scaber* nicht mitwachsen kann, wird sie in mehreren Häutungsphasen ausgetauscht. Dieser Austausch erfolgt in zwei Schritten, da *P. scaber* sonst schutzlos ihren Feinden ausgeliefert wäre. Die Häutungsphase beginnt mit der Demineralisation (Abbau des darin enthaltenen Calciumcarbonats) der posterioren Kutikula. Das Calciumcarbonat wird dabei in vier sternalen Depositen der Assel zwischen gelagert. Nach dem Abwurf der posterioren Kutikula wird die neue Kutikula durch Material aus der Demineralisation der anterioren Kutikula und aus den sternalen Depositen wieder aufgebaut. Anschließend wird der anteriore Teil abgeworfen und ebenfalls wieder aufgebaut. In

Abbildung 2 ist *P. scaber* in zwei unterschiedlichen Häutungsphasen (*intermoult* und *premoult*) dargestellt. Die Messung wurde am Messplatz BW2 bei einer Energie von 17 keV durchgeführt.

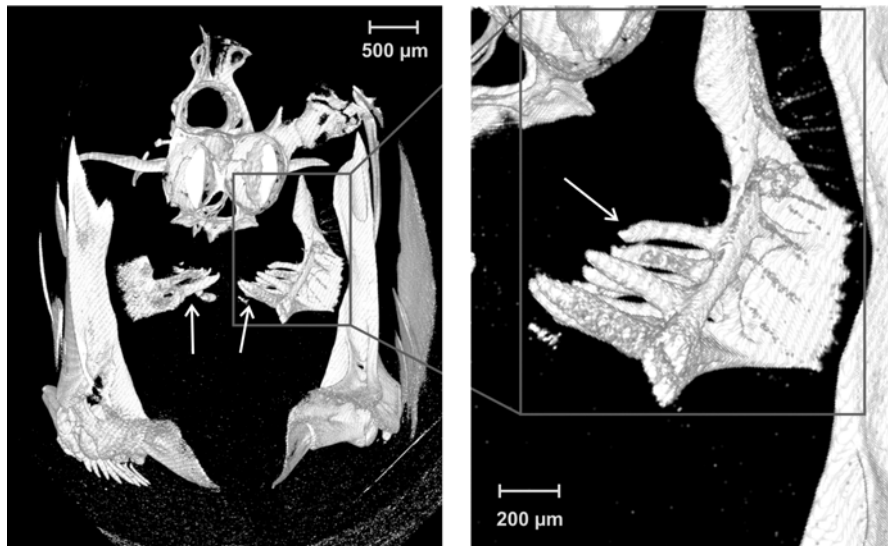


Abbildung 1: Frontaler Blick auf einen Kopfausschnitt des Zebrafisches in Richtung Schwanz. Die branchialen Knochen mit den Zähnen sind gut sichtbar (rechts: Vergrößerung eines Kieferknochens).

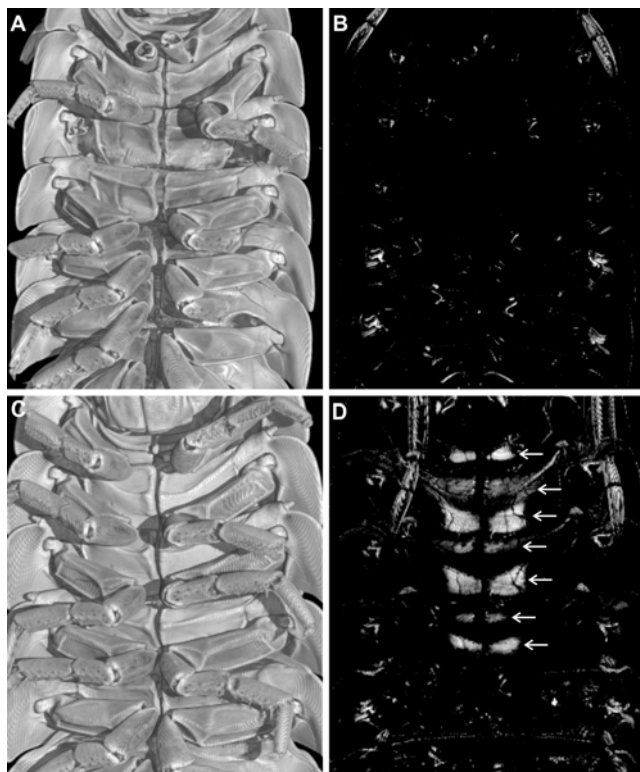


Abbildung 2: SRμCT von *P. scaber* mit Blick auf die ventrale Seite. A+C Intermoult Phase; B+D Premoult Phase mit Calciumcarbonat in den sternalen Depositen (Pfeile).

Literatur

1. F. Neues, W. H. Arnold, J. Fischer, F. Beckmann, P. Gängler, M. Eppler, The skeleton and pharyngeal teeth of zebrafish (*Danio rerio*) as a model of biomineralization in vertebrates *Mat.-wiss. u. Werkstofftech.* **2006**, 37, 426.
2. F. Neues, F. Beckmann, A. Ziegler, M. Eppler; "The application of synchrotron radiation-based micro computer tomography in biomineralization" in: Handbook of Biomineralization Vol. 1: The Biology of Biominerals Structure Formation (Ed. E. Bäuerlein), Wiley-VCH, **2007**