

**ABB.** Ähnlichkeit der Uhren im Sprossapex mit Uhren im SCN. Die Uhren in einzelnen Zellen des Sprossapex sind eng miteinander gekoppelt. Ein Signal vom Sprossapex synchronisiert die Uhren in der Wurzel. Nach [3].

im Dauerlicht nur 2–3 Tage lang synchron. Je stärker die Protoplasten-Präparation verdünnt wird, desto schneller geraten die Rhythmen in den einzelnen Zellen aus dem Takt. Diese Befunde sprechen für interzelluläre Kopplung zwischen den Uhren im Sprossapex. Da dies auch für die Neuronen des

SCN beobachtet wird, stellten die Forscher die Frage, ob der Sprossapex auch ein zweites Charakteristikum des SCN zeigt, die Beeinflussung von Uhren in entfernten Geweben.

Nach operativem Entfernen des Sprossapex zeigte die Pflanze mehr Variabilität in den Rhythmen als intakte Pflanzen. Damit könnte dem Sprossapex eine Rolle bei der Synchronisierung von Rhythmen in anderen Teilen der Pflanze zukommen. Insbesondere die Rhythmen in den Wurzeln kamen nach Entfernen des Sprossapex sehr schnell zum Erliegen, wohingegen das Entfernen von Blättern einen viel geringeren Einfluss hatte.

Wurde der Sprossapex von Pflanzen, die aufgrund eines Defekts in einem Uhr-Gen keine Rhythmik zeigen, auf Wildtyp-Pflanzen gepfropft, führte das zur Störung des Rhythmus in den Wurzeln. Wurde umgekehrt der Sprossapex von Wildtyp-Pflanzen auf arrhythmische Pflanzen gepfropft, konnte in den Wurzeln die Rhythmik partiell wieder hergestellt werden.

Aus ihren Beobachtungen schließen die Autoren, dass der Sprossapex als Zentraluhr operiert.

Damit könnten die Zellen des Sprossapex wie die Neuronen des SCN funktionieren. Die Leitbündel könnten als Autobahn fungieren, die das Signal zur Synchronisierung von der Sprossspitze in die Wurzeln transportiert und damit analog zu den Blutgefäßen wirken, die humorale Signale vom SCN in die peripheren Organe transportieren, um die Uhren dort zu synchronisieren. Das wirft ein neues Licht auf den populärwissenschaftlich verwendeten Begriff der „Blattadern“.

- [1] D. K. Welsh, J. S. Takahashi, S. A. Kay, *Annu Rev Physiol*, 2010, 72, 551–577.
- [2] H. G. McWatters, L. C. Roden, D. Staiger, *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2001, 356, 1735–1743.
- [3] K. Meyer, D. Staiger, *Biol. Unserer Zeit*, 2015, 45, 246–252.
- [4] A. B. James, J. A. Monreal, G. A. Nimmo, C. L. Kelly, P. Herzyk, G. I. Jenkins, H. G. Nimmo, *Science*, 2008, 322, 1832–1835.
- [5] E. Yakir, M. Hassidim, N. Melamed-Book, D. Hilman, I. Kron, R. M. Green, *Plant J*, 2011, 68, 520–531.
- [6] M. Endo, H. Shimizu, M. A. Nohales, T. Araki, S. A. Kay, 2015, 514, 419–422.
- [7] N. Takahashi, Y. Hirata, K. Aihara, P. Mas, *Cell*, 2015, 163, 148–159.

Dorothee Staiger,  
Universität Bielefeld  
[dorothee.staiger@uni-bielefeld.de](mailto:dorothee.staiger@uni-bielefeld.de)

## PALÄONTOLOGIE

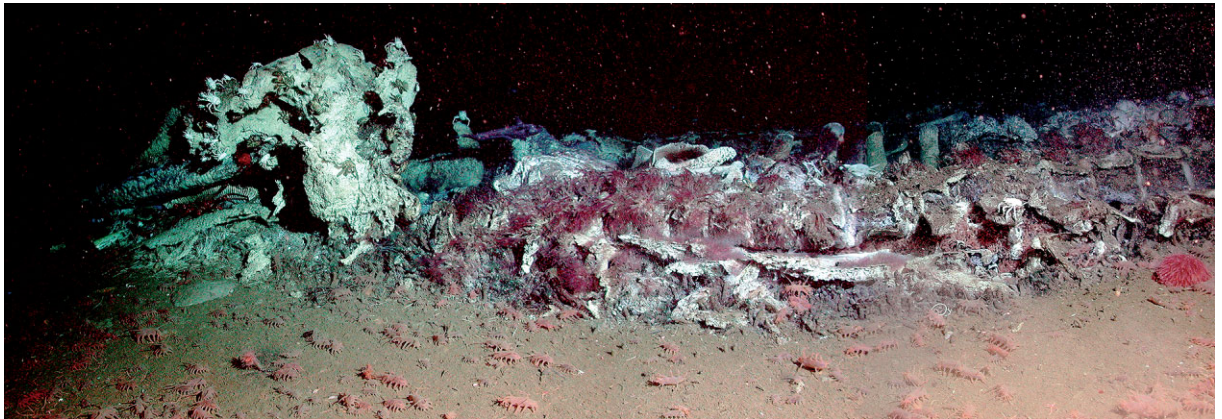
### **Osedax und Osedacoides – Neues über alte Organisationsformen im Tierreich**

*Knapp 15 Jahre ist es her, dass am Tiefseeboden in gefallenem Walknochen Würmer gefunden wurden, die als letzte Verwerter in der Nahrungskette den Knochen auflösen. Vorher war es technisch einfach nicht möglich, einen Walkadaver über einen längeren Zeitraum zu beobachten und die Dynamik der submarinen Leichengesellschaften zu studieren. Vermutlich sind die Osedacoides nicht auf Wale spezialisiert, sondern taten sich auch in vergangenen erdgeschichtlichen Epochen schon an Kadavern gütlich, wie Bohrlöcher in Fossilien zeigen.*

Die rezenten marinen Würmer des Morphogenus *Osedax* (Polychaeta) wurden erst im Jahre 2002 mit zwei Arten in einer Tiefe von etwa

2800 m in den Knochen von Walen, wo sie Bohrungen einbringen, entdeckt (Abbildung 1). Bisher glaubte man, in den Walen die ein-

zige Quelle ihrer bevorzugten Nahrung gefunden zu haben, mit denen sie sich gemeinsam in Koevolution entwickelt hätten [1]. In der Zwischenzeit konnten sie auch experimentell in Rinderknochen kultiviert werden [2]. Diese Tatsache sowie die rekonstruierten molekularen Uhren führten zu dem Schluss, dass *Osedax* sich mindestens seit der Kreidezeit von den Knochen der Fische oder Meeres-„Reptilien“ ernährte, lange bevor sich die marinen Säugetiere entwickelt haben [3, 4]. Hierbei gestaltet sich die Fossilien-suche schwierig. Trotz der Tatsache, dass bestimmte Bohrungen sehr wahrscheinlich durch einen Organis-



**ABB. 1** Diese Photomontage zeigt einen Walkadaver in rund 3000 Metern Tiefe im Monterey Canyon im Februar 2002 kurz nach der Entdeckung durch Forscher des Monterey Bay Aquariums. Rote Würmer der Gattung *Osedax* besiedeln den Kadaver in großer Zahl. Die rosafarbenen Tiere im Vordergrund sind Seegurken. Bild: © 2002 MBARI.

mus erzeugt wurden, der *Osedax* ähnlich war, gibt es keinen direkten Beweis dafür, da nur Ichnofossilien bekannt sind, nicht aber die Körper der Tiere selbst. Eine eindeutige Zuordnung der Bohrungen ist unmöglich. Im Einvernehmen mit Bromley [5] sollte der Name der rezenten Morphospezies *Osedax* nicht mehr für fossile Bohrungen in Wirbeltierknochen verwendet werden [8]. Daraufhin wurde das neue Ichnotaxon *Osedacoides* für diese Spurenfossilien vorgeschlagen.

#### Die Beziehungen zwischen *Osedax* und deren Bohrungen

*Osedax rubiplumus* (Abbildung 2) ist eine Art der bathypelagischen Polychaeten, die sich auf den Kno-

chen toter Wale niederlassen und sich von ihnen ernähren. Ihre paedomorphischen Männchen sind nur 0,4 bis 1,1 Millimeter lang und haben einen unvollendeten Wimpernkranz mit einem hinteren Hakenhaar. Die Arten haben 16 Haken mit 6–8 Kopfbahnen von 18 bis 23 Mikrometern Länge. Die Weibchen haben einen Stamm von 3,8 cm in der Länge und 2 mm Breite mit der Federkrone, die 2,1 cm lang ist. Die Art wurde im Ost-Nord-Pazifik gefunden, wo sie häufig vorkommt. Higgs et al. [6] veröffentlichten moderne *Osedax*-Spuren, die mittels CT-Scans und 3D-Modellierung der Bohrungen Rekonstruiert wurden und in etwa den fossilen von Kiel et al [7] vorgestellten ähnelten. Higgs et al. [6] stellten weiter fest, dass die Bohrungen meist auf den dichten äußeren

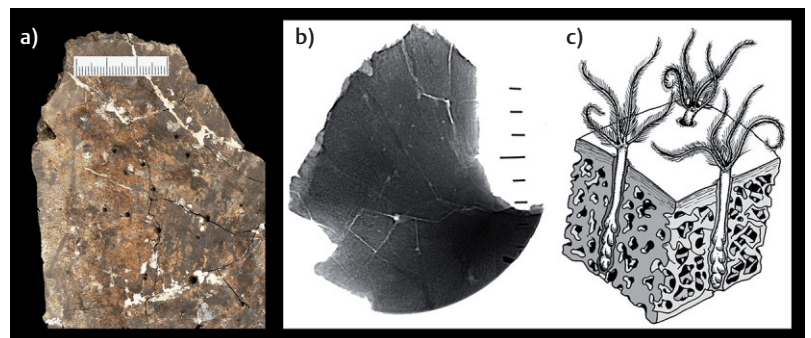
Knorpelbereich der Substantia compacta beschränkt ist, in der Regel werden die lipidreichen inneren Zonen gemieden. Offensichtlich geben einige Isotope Hinweise darauf, dass *Osedax* eher Kollagen synthetisiert statt Lipide. Andererseits haben andere Studien *Osedax* in japanischen Gewässern direkt auf Blubber und Walrat festgestellt [1, 6].

#### Übersicht der bisherigen Ichnofossilien

Eine Überprüfung der oberjurassischen Schildkröte *Tropidemys seebachi* durch Karl et al. [8] zeigte, dass *Osedax*-ähnliche Meerestiere schon viel früher lebten als ursprünglich angenommen. Dies wäre ein starker Hinweis auf die Tatsache, dass die Spezialisierung auf Walknochen sekundär und



**ABB. 2** *Osedax rubiplumus* auf Walwirbeln in 1820 Metern Tiefe im Monterey Canyon. Bild: © 2006 MBARI.



**ABB. 3** *Osedacoides jurassicus*, a) Holotypus von Hannover, Maßstab 1 mm, b) Röntgenphotographie Maßstab 1 mm. c) Rekonstruktion von *Osedacoides ionasi* im Knochen. Bild: nach Muniz et al. 2010.



eine lange Zeit später entwickelt wurde. Darüber hinaus zeigt das Auftreten von *Osedacoides* in epikontinentalen Meeren des späten Jura und der Oberkreide in Nord-Deutschland, dass solche Organismen ursprünglich nicht auf die Hochsee beschränkt waren (Abbildung 3) [3, 8]. Dies wird durch die Entdeckung einer weiteren rezenten Art im Jahr 2005, die auf Walknochen in einer Tiefe von etwa 120 m gefunden wurde, unterstützt. Die osteophagen Polychaeten der Gattung *Osedax* gehören zu den zersetzenden Tieren unter den Kadaverfressern. Als Detritus-verwerter hat *Osedax* möglicher-

weise keine enge Bindung an bestimmte Wirbeltierarten. *Osedacoides ionasi* aus dem Pliozän Spaniens kann als erster Nachweis von Spurenfossilien *Osedax*-ähnlicher Tiere in Walknochen gelten. Der erste Nachweis in Knochen von Vögeln [7] beweist, dass *Osedax* offenbar auch in pinguinartigen Tauchvögeln Nahrung fand. Bislang sind erst die drei *Osedacoides*-Arten *jurassicus*, *cretaceus* und *ionasi* beschrieben worden.

- [1] N. D. Higgs, C.T.S. Little et al., *Historical Biology*, 2011, 24, 269–277.
- [2] W. J. Jones, S. B. Johnson et al., *Proc. R. Soc. B*, 2008, 275, 387–391.

- [3] H.-V. Karl, Ch. Nyhuis, *Studia Palaeocheloniologica*, 2012, 4 (Stud. Geol. Salmant. Vol. espec. 9), 129–142.
- [4] S. Danise, N. D. Higgs, *Biology Letters*, published online April 15, 2015; doi: 10.1098/rsbl.2015.0072.
- [5] R. G. Bromley, *Paläont. Z.*, 1972, 46(1/2), 93–98.
- [6] N. D. Higgs, A. G. Glover et al., *Cahiers de Biologie Marine*, 2010, 51, 401–405.
- [7] S. Kiel, W.-A. Kahl, J. L. Goedert, *The Science of Nature*, published online: 2010-11-20; doi: 10.1007/s00114-010-0740-5.
- [8] H.-V. Karl, E. Gröning, C. Brauckmann, *Studia Palaeocheloniologica*, 2012, 4 (Stud. Geol. Salmant. Vol. espec. 9), 11–24.

Hans-Volker Karl,  
Friedrich-Schiller-Universität  
Jena, hvkarl@icloud.com

Dem Monterey Bay Aquarium Research Institute (MBARI) insbesondere Dr. Robert Vrijenhoek und Kim Fulton-Bennett sei für die Bereitstellung und Genehmigung zur Publikation der Abbildungen 1 und 2 herzlich gedankt.

## NATURERLEBNISSE, TEIL 4

### Wer loslässt, verliert: Der Klammerreflex der Erdkröten-Männchen

*In milden, feuchten Nächten am Ende des Winters setzen die Amphibienwanderungen ein. Wo sich die Wanderrouen der Erdkröten (Bufo bufo) vom Wald zum Laichgewässer hin bündeln, raschelt es nach Einbruch der Dunkelheit überall am Boden. Jedes Männchen verfolgt konsequent das Ziel, ein Weibchen zu umklammern und damit den eigenen Fortpflanzungserfolg zu sichern – manchmal mit kurioseem Ergebnis.*

Wenn nach Regenfällen im März die Temperatur nachts deutlich über dem Gefrierpunkt bleibt, verlassen die Erdkröten synchron ihre Winterverstecke und machen sich auf den Weg. Die Männchen sind dabei extrem aufmerksam, verharren regelmäßig, richten den Vorderkörper mit gestreckten Vorderbeinen auf (Abbildung 1). Jede Bewegung, jedes Rascheln löst eine gerichtete Bewegung dieser „Wächtermännchen“ aus. Wer sich nämlich schon jetzt ein Weibchen mit dem Amplexus axillaris, einem gezielten Klammergriff unter den Achseln, sichert, lässt sich huckepack zum Gewässer tragen (Abbildung 2) und braucht nicht erst dort um die eintreffenden Weibchen zu kämpfen.

Im Eifer des Gefechts kommt es jedoch nicht selten zu Fehlgriffen. Daher hört man dort, wo die Kröten in großer Zahl unterwegs sind, immer wieder die kurzen, schnellen Abwehrrufe von Männchen, die irrtümlich von Geschlechtsgenossen umklammert worden sind. Gelegentlich stürzen sich sogar mehrere Männchen gleichzeitig auf ein Weibchen, das dann förmlich unter einem Pulk von Rivalen „begraben“ werden kann (Abbildung 3). Solche Krötenzöpfe kann man manchmal auch im Gewässer treiben sehen, was insbesondere für die Weibchen lebensbedrohlich werden kann, wenn es ihnen nicht mehr gelingt, zum Luftholen an die Oberfläche zu kommen. Wie stark



**ABB. 1** Volle Konzentration: Dieses Erdkröten-Männchen (*Bufo bufo*) sucht auf dem Weg zum Laichgewässer nach einem Weibchen.



**ABB. 2** Erfolgreicher Amplexus: Auf dem Rücken des Weibchens lässt sich das Männchen zum Gewässer tragen.

der Klammerreflex der Krötenmännchen ist, kann jeder Beobachter selbst testen: Schiebt man den