

**Kostenlose Webseminare –
jetzt neue Termine verfügbar!**



Die **Referenz**
für **Prävention**
in der **Tiergesundheit**

Sechster Sinn entschlüsselt? Forscher kommen dem inneren Kompass von Lebewesen auf die Spur

• 11. Januar 2022



© Prof. Dr. Uwe Hartmann Foto: © Iris Maurer

Woher kennen Lachse die Route zu ihren Laichgründen? Wie finden Tiere ihr Ziel? Ein internationales Forschungsteam aus Oregon, Straßburg, Oldenburg und Saarbrücken ist dem inneren Kompass von Lebewesen auf der Spur und könnte den geheimnisvollen „sechsten Sinn“ entschlüsselt haben.

Der Arbeitsgruppe von Professor Uwe Hartmann von der Universität des Saarlandes ist es erstmals gelungen, die „Kompassnadeln“ von Lachsen mit dem Mikroskop sichtbar zu machen. Das Forschungsteam veröffentlicht seine

Erkenntnisse in den „Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America“, PNAS.

Wie ist es möglich, dass Lachse zehntausende von Kilometern zu ihren heimatlichen Laichgründen in Oberläufen von Flüssen zurücklegen? Wie finden Meeresschildkröten quer über den Ozean den Strand, an dem sie selbst geschlüpft sind, um dort ihre Eier zu legen? Diese Art von Orientierung wird seit längerem einem „sechsten Sinn“ zugeschrieben, der auf sogenannter „Magnetorezeption“ beruhen soll, also der Fähigkeit, das Erdmagnetfeld wahrzunehmen. „Lebewesen mit Magnetsinn – dazu zählen bedeutend mehr als nur Meeresfische und -schildkröten – könnten sich das Magnetfeld für eine zielgenaue Navigation zunutze machen“, erklärt Physik-Professor Uwe Hartmann, der an der Universität des Saarlandes den Lehrstuhl für Nanostrukturforschung und Nanotechnologie innehat.

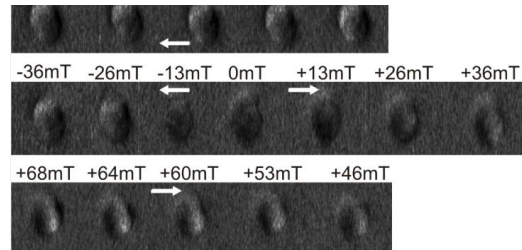
Bereits seit fast 50 Jahren ist bekannt, dass bestimmte Bakterien ihre Bewegungsrichtung am Magnetfeld orientieren. „Diese ‚magnetotaktischen‘ Bakterien besitzen in ihrem Innern sogenannte Magnetosomen, winzige Kristalle aus Eisenverbindungen, die ihnen durch das Erdmagnetfeld die Richtung vorgeben, in die sie sich bewegen“, erläutert Hartmann. Allerdings sind diese Bakterien, die zu den Einzellern ohne Zellkern (sogenannte Prokaryoten) gehören, lediglich passiv: Die Magnete geben die Richtung vor, ihr Verhalten wird durch auf sie wirkende Kräfte im Magnetfeld der Erde bestimmt.

Nur wenige Nanometer große Eisenoxidpartikel im olfaktorischen Epithel von Lachsen

Trotz jahrzehntelanger intensiver Bemühungen konnte bislang für Lebewesen, deren Zellen einen Zellkern beinhalten (sogenannte Eukaryoten), also auch etwa bei Tieren, nicht aufgeschlüsselt werden, wie der Mechanismus der aktiven Orientierung am Erdmagnetfeld über Magnetosomen als sinnesphysiologisches Phänomen funktioniert. Dem Forschungsteam um Uwe Hartmann ist es gelungen, körpereigene „Kompassnadeln“ direkt sichtbar zu machen: „Durch höchstauflösende mikroskopische Abbildungen konnten wir nur wenige Nanometer große Eisenoxidpartikel im olfaktorischen Epithel von Lachsen zeigen. Über viele Jahre konnten magnetische Eigenschaften des Gewebes nur über Magnetisierungsmessungen an größeren Gewebeproben nachgewiesen werden. Es gelang jedoch bislang nie, die Magnetosomen einzelnen magnetisch sensitiven Zellen zuzuordnen“, erklärt der Experimentalphysiker und Experte für Nanoskopie.

Die magnetokraftmikroskopischen Aufnahmen zeigen ein einzelnes Magnetosom in einem variablen äußeren Magnetfeld, dessen Richtung durch die Pfeile angezeigt wird (in diesem Falle stammt die Aufnahme aus einem Bakterium, die jedoch den Aufnahmen von Lachs-Magnetosomen ähnelt). Das Feld variiert zwischen +/- 68 Millitesla. Dieser Wert ist mehr als das Tausendfache des Erdmagnetfeldes.

-46mT -53mT -60mT -64mT -68mT



Die Ummagnetisierung des Magnetosoms äußert sich durch wechselnde Hell-Dunkel-Kontraste. Aufnahmen des Lachs-Magnetosoms finden sich in der PNAS-Veröffentlichung.

© Arbeitsgruppe Uwe Hartmann/Universität des Saarlandes

Die Abbildungen der Saarbrücker Physiker geben erstmalig Einblick in die Beschaffenheit und Verteilung der Magnetitpartikel in den Zellen von Lachsen und weiteren Lebewesen. „Damit könnte ein großer Teil des Rätsels um den ‚sechsten Sinn‘ vieler Lebewesen, vielleicht auch des Menschen, gelöst sein“, sagt Hartmann.

Welche Rolle haben die Prokaryoten bei der Entwicklung der Eukaryoten gespielt?

Basierend auf diesen direkten Einblicken in die Orientierungsfähigkeit durch Magnetorezeption wurden unter Federführung einer Arbeitsgruppe der Oregon State University, Newport, USA und unter Beteiligung von Arbeitsgruppen des CNRS in Straßburg sowie der Universität Oldenburg umfangreiche weitere experimentelle und theoretische Analysen durchgeführt. Diese zeigen überraschenderweise eine genetische Verwandtschaft zwischen einzelligen ohne Zellkern (Prokaryoten) – also etwa den magnetotaktischen Bakterien – und Lebewesen, deren Zellen über einen Zellkern verfügen (Eukaryoten) – im vorliegenden Fall den Lachsen: in Form homologer Gene, die für die Biomineralisation der Magnetosomen maßgeblich sind. Dieses ist insofern überraschend, als dass die Prokaryoten vermutlich vor zwei bis drei Milliarden Jahren entstanden, die Kronen-Eukaryoten hingegen vor 1,2 bis 1,8 Milliarden Jahren. Damit stellt sich die fundamentale Frage, welche Bedeutung die Prokaryoten für die Entwicklung der Eukaryoten gespielt haben.

Am Beispiel der Magnetorezeption wirft nun die gemeinsame Arbeit von Genetikern, Sinnesphysiologen und Physikern ein völlig neues evolutionsbiologisches Licht auf das Zusammenspiel von Prokaryoten und Eukaryoten. Prokaryotische Gene, die für bestimmte Funktionalitäten zuständig sind – beispielsweise für die Magnetorezeption – wurden offensichtlich an eukaryotische Zellen vererbt, was zu einer deutlichen Expression dieser Gene in bestimmten Zellen einer Reihe heutiger Lebewesen führt.

Neben neuen Einblicken in den Magnetfeldorientierungssinn hat die Arbeit unter Beteiligung der Saarbrücker Physiker eine fundamentale evolutionsbiologische Bedeutung, indem sie Hinweise liefert, welche Rolle die Endosymbiose – also das Aufnehmen eines Prokaryoten durch eine eukaryotische Wirtszelle – für die Eukaryogenese spielen könnte.

Beteiligte Institutionen:

Coastal Oregon Marine Experiment Station, Department Fisheries and Wildlife, Hatfield Marine Science Center, Oregon State University, Newport; Experimental Physics Department, Saarland University; Institut des Neurosciences Cellulaires et Intégratives (INCI), Centre National de la Recherche Scientifique Strasbourg, France; Institute of Biology and Environmental Science, University of Oldenburg and Research Center Neurosensory Science, University of Oldenburg.



Über

M. Renee Bellinger, Jiandong Wei, Uwe Hartmann, Hervé Cadiou, Michael Winklhofer and Michael A. Banks, PNAS January 18, 2022
Conservation of magnetite biomineralization genes in all domains of life and implications for magnetic sensing,
<https://doi.org/10.1073/pnas.2108655119>

Quelle

Universität des Saarlandes, 11.01.2022