

Gicht, Typ-II-Diabetes, dem Multiplen Myelom sowie bei Kindern, die an einer schweren Form der Arthritis leiden.

Parallelen in der Netzwerkbildung von Nervenzellen und Blutgefäßen

Anders als die elektrischen Schaltkreise auf einem Computerchip sind die Verbindungen der etwa 1000 Milliarden Nervenzellen im menschlichen Gehirn flexibel: Sie können – je nach Bedarf – wieder gelöst, neu hergestellt oder stabilisiert werden. Dies ist die Grundlage aller Lern- und Gedächtnisleistungen, hat aber auch eine Bedeutung für die Entwicklung des Gehirns und die Reparatur geschädigter Hirnareale. Wie die Bewegungen der Neuronen und ihre Verknüpfungen auf molekularer Ebene gesteuert werden, ist das Forschungsgebiet von Prof. Amparo Acker-Palmer, Professorin am Institut für Zellbiologie und Neurowissenschaft der Goethe-Universität.

Zu den Schlüsselmolekülen für die Kommunikation von Nervenzellen an den Kontaktstellen, den Synapsen, gehören EphrinB-Rezeptoren. Das sind Proteine, die in der Zellmembran verankert sind. Bindet ein passendes Molekül (Ligand) an die Rezeptor-Domäne auf der Zelloberfläche, so werden im Zellinneren zahlreiche Folgeaktionen ausgelöst. Der Ligand der EphrinB-Rezeptoren ist ebenfalls ein membrangebundenes Molekül auf einer anderen Zelle. Eine Bindung zwischen Rezeptor und Ligand löst damit Reaktionen in beiden Zellen aus, die auf diesem Wege miteinander kommunizieren. Die Folgen können zum einen Abstoßungsreaktionen sein; das Axon, der lange Fortsatz der Nervenzelle, setzt dann seine Suche nach geeigneten Anknüpfungspunkten fort. Passen Rezeptor und Ligand jedoch wie Schlüssel und Schloss zusammen, so bilden sich durch den Kontakt neue Dornenfortsätze und Verknüpfungen.

Inzwischen haben Amparo Acker-Palmer und ihr zehnköpfiges Team überprüft, inwiefern sich ihre Erkenntnisse an Nervenzellen auf Blutgefäße übertragen lassen und festgestellt, dass es viele Parallelen bei der Bildung von Gefäß-Netzwerken gibt; auch hier spielen EphrinB-Liganden eine wichtige Rolle.

Wichtig sind diese Erkenntnisse vor allem für die Bekämpfung von Tumoren, die besonders reich an Blutgefäßen sind. Auf diesem Gebiet kooperiert Acker-Palmer mit dem Labor ihres Mannes, des Neuropathologen Till Acker. Beide Forschergruppen suchen gemeinsam nach Möglichkeiten, Tumoren »auszuhungern«, indem sie die Blutversorgung unterbrechen. Sie konzentrieren sich dabei insbesondere auf Glioblastome – äußerst aggressive Hirntumore mit einer schlechten Prognose.

In ihrer Dankesrede würdigte die Wissenschaftlerin die Bemühungen der Deutschen Forschungsgemein-

schaft um die Förderung von Frauen in der Wissenschaft. Deutschland setze sich in einer Weise für junge Talente ein, die in Europa nicht ihresgleichen finde, vor allem nicht in ihrem Heimatland Spanien: »Ich bin sehr stolz, dass ich nicht in die USA gehen musste, sondern mir selber und anderen beweisen konnte, dass Wissenschaft erfolgreich auch in Europa durchgeführt werden kann«, so die Preisträgerin. Als Mutter zweier Töchter fügte sie hinzu: »Für mich bedeutet dieser Preis auch die Anerkennung meiner Bemühungen, trotz aller Schwierigkeiten Familie und Beruf in Einklang zu bringen.«

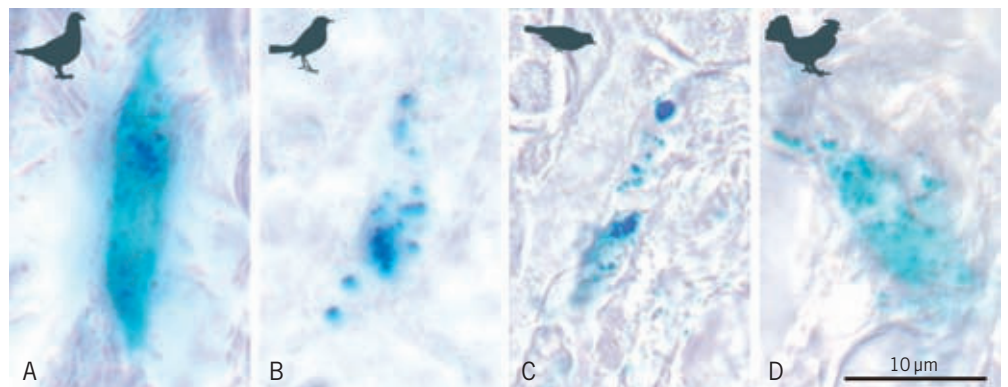
Ein Magnetometer im Oberschnabel aller Vögel?

Frankfurter Neurobiologen weisen die gleichen Strukturen für einen Magnetrezeptor bei verschiedenen Vogelarten nach

Eisenhaltige kurze Nervenäste im Oberschnabel dienen offensichtlich ganz unterschiedlichen Vogelarten dazu, die Stärke des Erdmagnetfeldes zu messen und nicht nur seine Richtung wie ein Kompass zu bestimmen. Was die Frankfurter Neurobiologen Dr. Gerta Fleissner und ihr Mann Prof. Günther Fleissner bereits vor einigen Jahren bei Brieftauben entdeckten, können sie jetzt auch für andere Vogelarten belegen.

In Kooperation mit dem Experimentalphysiker Dr. Gerald Falkenberg vom Deutschen Elektronen-Synchrotron DESY in Hamburg haben sie die entscheidenden Eisenoxide charakterisiert, die die Funktion des Magnetometers im Schnabel steuern. Mit den Nachweismöglichkeiten

der Röntgenfluoreszenz bei DESY zeigt sich nun, dass auch die Eisenoxide in den Dendriten unterschiedlicher Vögel identisch sind. Diese Ergebnisse veröffentlichen die drei Wissenschaftler im März in dem renommierten interdisziplinären Online-Journal PLoS ONE.



Lichtmikroskopische Bilder von eisenhaltigen Nervenästen in der Haut des Oberschnabels von Brieftaube (A), Rotkehlchen (B), Gartengrasmücke (C) und Haushuhn (D). Die Dendriten sehen nicht so verschieden aus, man muss sie mit dem Blick für das Wesentliche betrachten: Die spindelförmigen Nervenendigungen haben eine einheitliche Länge von etwa 20 µm, sie sind lose gefüllt mit vielen kleinen eisenhaltigen Kügelchen, die allesamt einen Durchmesser von circa 1 µm haben. Dazu gibt es in jedem Dendriten ein kleines Bläschen (Vesikel), das von Eisen umhüllt ist. Teilweise liegen mehrere dieser Dendriten dicht aneinandergeschmiegt (zum Beispiel beim Huhn), dann sieht das Gebilde etwas dicker aus.

Veröffentlichung

Falkenberg G., Fleissner Ge., Schuchardt K., Kuehbacher M., Thalau P., et al. (2010) *Avian Magnetoreception: Elaborate Iron Mineral Containing Dendrites in the Upper Beak Seem to Be a Common Feature of Birds* PLoS ONE 5(2): e9231. doi:10.1371/journal.pone.0009231 (plosone@plos.org).

»Als wir in den zurückliegenden Jahren dieses System aus Nervenästen mit den stark magnetischen Eisenverbindungen in bestimmten Zellpartikeln bei Brieftauben nachgewiesen haben, warf dies sofort die Frage auf, ob es vergleichbare Dendritensysteme auch bei anderen Vogelarten gibt«, so die Projektleiterin Gerta Fleissner. Egal, ob Vögel ihre Magnetkarte im Hirn, die von den mehr als 500 Magnetfeldrezeptoren kodiert wird, zur weiträumigen Orientierung nutzen oder nicht – die Anlagen sind sowohl bei Zugvögeln wie Rotkehlchen und Grasmücke als auch bei Haushühnern vorhanden. »Dieser Befund ist erstaunlich, weil die untersuchten Vögel eine sehr unterschiedliche Lebensweise haben und vielfältige Orientierungsaufgaben lösen müssen: Brieftauben, die geübt sind, von unterschiedlichen Auflässorten zum Heimatschlag zurückzufinden, Kurzstreckenzieher wie das Rotkehlchen, Langstreckenflieger wie die Grasmücke und ortstreue Vögel wie die Haushühner«, erklärt Gerta Fleissner.

Um diesen Beweis anzutreten, haben die Wissenschaftler Tausende von Vergleichsuntersuchungen und -messungen vorgenommen: Zunächst wird dazu das Gewebe des Oberschnabels mikroskopiert und untersucht, wo sich in dem Gewebe eisenhaltige Substanzen befinden, anschließend vergleichen die Forscher diesen histologischen Befund mit den Ergebnissen der physikochemischen Analysen. Die aufwendigen Studien mit hochauflösenden topografischen Röntgenstrahlen wurden am Speicherring DORIS III bei DESY durchgeführt. »Der Schnabel kann hier mit speziellen Röntgenstrahlen zerstörungsfrei untersucht werden, um genau



Haushühner, die sich nur in einem begrenzten Radius bewegen, haben die gleichen Anlagen zur Orientierung in ihrem Oberschnabel wie Vögel, die weite Strecken zurücklegen.

herauszufinden, wo die stark magnetischen Eisenverbindungen in den Dendriten sitzen und wie sie im Detail zusammengesetzt sind«, erläutert Gerta Fleissner und betont, dass sie ohne die DESY-Kooperation mit dem Experimentalphysiker und strahlenphysikalischen Projektleiter Falkenberg diesen Durchbruch nicht hätten erreichen können.

Das von den Eisenverbindungen lokal verstärkte Magnetfeld regt die Dendriten der Nervenzellen an, wobei jeder dieser vermutlich mehr als 500 Dendriten jeweils nur eine Richtung des Magnetfelds kodiert. Diese Informationen werden an das zentrale Nervensystem im Kopf des Vogels weitergeleitet und bilden die Basis für die Magnetkarte, die letztendlich die Orientierung im Raum ermöglicht. Ob die Möglichkeiten dieser Magnetkarte nun ausgeschöpft werden, hängt von der Motivation der jeweiligen Vogelart ab, die zum Beispiel bei den Zugvögeln zur Zeit der Zugruhe deutlich stärker ausgeprägt ist als zu anderen Jahreszeiten, wie von der Frankfurter Arbeitsgruppe um Prof. Wolfgang Wiltschko, den Entdecker der Magnetwahrnehmung bei Vögeln, in vielfältigen Verhaltensversuchen gezeigt werden konnte. Die Zusam-

menarbeit mit diesem Forscherteam hat auch deutlich machen können, dass der Magnetkompass und die Magnetkarte vermutlich auf unterschiedlichen Mechanismen beruhen und an anderer Stelle lokalisiert sind: Der Magnetkompass liegt im Auge und das Magnetometer für die Magnetkarte im Schnabel.

»Die nun vorliegenden Befunde können auch die alten Mythen über eisenbasierte Mechanismen und Strukturen zur Magnetrezeption an beliebigen Stellen im Körper wie Blut, Gehirn oder Schädel widerlegen und stattdessen ein solides Methodenkonzept liefern, mit dessen Hilfe auch in anderen Organismen Magnetrezeptorsysteme aufgefunden werden können«, freut sich Günther Fleissner. Ihre eindeutig reproduzierbaren Daten liefern die Basis für künftige Versuchsreihen, die die vielen bislang noch unbekannt Schritte zwischen der Magnetfeldwahrnehmung und deren Einsatz als Navigationshilfe aufklären sollen.

Die Untersuchungen, die jetzt veröffentlicht sind, wurden gefördert durch zwei Frankfurter Stiftungen, die Stiftung Polytechnische Gesellschaft und die Alfons und Gertrud Kassel-Stiftung, sowie durch das ZEN-Programm der Hertie-Stiftung, durch die Freunde und Förderer der Goethe-Universität und die Deutsche Forschungsgemeinschaft. Die aufwendigen Messungen bei DESY ermöglichte die Helmholtz-Gemeinschaft. *Ulrike Jaspers* ♦



Das Rotkehlchen verlässt im Winter oft die nördlichen Gefilde und zieht gen Süden. Mit dem Magnetometer im Oberschnabel kann auch diese Vogelart die Stärke des Erdmagnetfeldes messen.