

Press release**Max-Planck-Institut für chemische Ökologie****Angela Overmeyer**

06/18/2024

<http://idw-online.de/en/news835390>Research results, Scientific Publications
Biology, Environment / ecology, Zoology / agricultural and forest sciences
transregional, national**Düfte werden im Gehirn von Wanderheuschrecken ringförmig kodiert**

In der Fachzeitschrift Cell beschreibt ein Forschungsteam des Max-Planck-Instituts für chemische Ökologie in Jena erstmals, wie Gerüche im Antennallobus, dem Riechzentrum im Gehirn von Wanderheuschrecken kodiert werden. Mit Hilfe von transgenen Heuschrecken und bildgebenden Verfahren konnten die Forscherinnen und Forscher eine ringförmige Repräsentation von Düften im Gehirn nachweisen. Das Muster der Geruchskodierung im Antennallobus ist in allen Entwicklungsstadien der Wanderheuschrecke gleich. Ein besseres Verständnis der Duftkodierung im Heuschreckengehirn soll dazu beitragen, mehr über die Steuerung des Verhaltens dieser Insekten, insbesondere des Schwarmverhaltens, zu erfahren.

Die Europäische Wanderheuschrecke *Locusta migratoria* ist ein ökonomisch bedeutsamer Ernteschädling, der schon im Alten Testament als achte der zehn biblischen Plagen über Ägypten gekommen sein soll, „um alle Grün aufzufressen, was wächst“. Trotz ihres Namens kommt die Wanderheuschrecke in Europa kaum vor, während sie in Afrika und Asien nicht nur Schäden in Millionenhöhe anrichtet, sondern auch fatale Folgen für die dort lebenden Menschen hat, weil sie deren Nahrungs- und Existenzgrundlage bedroht. Die Wanderheuschrecken kommen in zwei Phasen vor: als ortsgebundene Tiere und in der Schwarmphase. Gefürchtet werden die Insekten vor allem dann, wenn sie in großen Schwärmen auftreten und ganze Ernten vernichten.

Wanderheuschrecken unterscheiden sich von anderen Insekten im anatomischen Aufbau ihres Riechhirns, dem Antennallobus, der Geruchsinformationen von der Antenne empfängt und verarbeitet. Der Antennallobus der Heuschrecken hat eine einzigartige und unkonventionelle neuronale Architektur mit mehr als 2000 kugelförmigen funktionellen Riecheinheiten, den Glomeruli, während sich bei den meisten Insekten nur zwischen 20 und 300 Glomeruli im Antennallobus befinden.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Max-Planck-Institut für chemische Ökologie interessieren sich dafür, wie Insekten Düfte wahrnehmen und diese in ihrem Gehirn verarbeiten. Vor allem aber möchten sie wissen, wie sich die Geruchswahrnehmung auf ihr Verhalten auswirkt.

„Unser Ziel war es, das seit langem bestehende Rätsel zu lösen, wie Gerüche in der extrem großen Population von Glomeruli, den strukturellen und funktionellen Einheiten im Antennallobus von Wanderheuschrecken, kodiert werden. Diese hochkomplexe Architektur des Heuschrecken-Antennallobus wird seit Jahrzehnten beobachtet, aber die zugrundeliegenden Mechanismen der Duftkodierung blieben ein Rätsel, weil bisher geeignete Methoden fehlten“, sagt Xingcong Jiang, Erstautor der Studie.

Die Einführung der CRISPR/Cas9-Methode stellte für die Forschenden einen methodischen Durchbruch dar, denn sie ermöglichte die Etablierung der ersten transgenen Wanderheuschrecken, die den genetisch kodierten Calciumsensor GCaMP in olfaktorischen sensorischen Neuronen exprimieren. GCaMP ist ein Protein, das fluoresziert, wenn es Calcium bindet, das in Zellen freigesetzt wird, wenn diese aktiv sind. Mit Hilfe der funktionellen 2-Photonen-Calcium-Bildgebung konnten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die räumlichen Aktivierungsmuster für ein breites Spektrum

ökologisch relevanter Düfte in allen sechs Entwicklungsstadien der Wanderheuschrecke messen und kartieren.

„Unsere Ergebnisse zeigen eine ungewöhnliche funktionelle ringförmige Organisation des Antennallobus, die aus spezifischen glomerulären Clustern besteht. Diese glomeruläre Anordnung, die wir durch die gezielte genetische Expression eines gut charakterisierten Geruchsrezeptors bestätigen konnten, ist während der gesamten Entwicklung vorhanden, und das Muster der Geruchskodierung innerhalb der glomerulären Population ist in allen Entwicklungsstadien, von ersten Nymphenstadium bis zur adulten Heuschrecke, konsistent“, resümiert Silke Sachse, Leiterin der Forschungsgruppe Olfaktorische Kodierung am Max-Planck-Institut und eine Hauptautorin.

Die Wanderheuschrecke ist kein Modellorganismus wie die Taufliege *Drosophila melanogaster*. Die Gentransformation stellte für die Forschenden daher eine große Herausforderung dar. Viele Parameter müssen untersucht werden, was das Verfahren sehr zeitaufwändig macht. Das außergewöhnlich große Gehirnvolumen der Heuschrecke erschwert zudem die Erfassung und Auswertung von Bilddaten. „Wir sind weltweit die erste Gruppe, die das ortsspezifische Knock-in-Verfahren bei Heuschrecken erfolgreich angewendet hat. Aus der Literatur ist bekannt, dass die Erfolgsrate bei dieser Art der Transgenese sehr gering ist, trotzdem haben wir es geschafft“, freut sich Xingcong Jiang. Interessanterweise spiegelt die räumliche Duftkodierung im Antennallobus von Heuschrecken eher die chemische Struktur der Düfte als ihre Wertigkeit – ob angenehm oder abstoßend – wider, anders als z.B. bei Fliegen, wo die Wertigkeit der Düfte bereits im Antennallobus repräsentiert ist, indem angenehme Düfte andere Strukturen aktivieren als unangenehme. „Wir haben beobachtet, dass Düfte bestimmter chemischer Klassen ein bestimmtes Muster hervorrufen: Zum Beispiel rufen aromatische Verbindungen mit ähnlicher chemischer Struktur, aber entgegengesetzter Verhaltensbedeutung, stärkere Reaktionen in den Randbereichen des Antennallobus hervor. Wir schließen daraus, dass die Repräsentation der Geruchswertigkeit nicht im Antennallobus, sondern in höheren Gehirnzentren wie dem Pilzkörper und dem lateralen Horn kodiert wird“, sagt Bill Hansson, Direktor der Abteilung Evolutionäre Neuroethologie und einer der Hauptautoren.

Die Ringstruktur des olfaktorischen Codes ist ein einzigartiges anatomisches Merkmal der Wanderheuschrecke. Dieser Kodierungsmechanismus ist allerdings nicht unbedingt auf andere Heuschreckenarten übertragbar. „Wir fragen uns, ob diese ringförmige Struktur eine schlechtere Alternative oder eine bessere Lösung mit Vorteilen gegenüber der glomerulären Anordnung darstellt, die wir bei Fliegen gefunden haben. Zukünftige Studien, die die Regeln der Duftkodierung bei anderen Insektenarten untersuchen, werden zeigen, ob andere Heuschreckenarten ein ähnliches Kodierungsmuster entwickelt haben“, meint Silke Sachse und hat bereits weiterführende Studien im Blick.

Wie Insekten Gerüche wahrnehmen und verarbeiten und wie sich die Geruchswahrnehmung letztlich auf ihr Verhalten auswirkt, ist wichtig für ein tieferes Verständnis der ökologischen Wechselwirkungen von Insekten mit ihrer Umwelt. Dies kann beispielsweise helfen, die Bekämpfung von Ernteschädlingen wie den Wanderheuschrecken zu optimieren. „Wir glauben, dass ein besseres Verständnis der Geruchsverarbeitung im Riechhirn unser Wissen über die neuronale Modulation, die zum Beispiel auch der Schwarmbildung bei Heuschrecken zugrunde liegt, erheblich erweitern wird,“ ist sich Bill Hansson, sicher.

contact for scientific information:

Dr. Silke Sachse, Max-Planck-Institut für chemische Ökologie, Hans-Knöll-Straße 8, 07745 Jena, Tel. +49 3641 57-1405, E-Mail: ssachse@ice.mpg.de

Prof. Dr. Bill S. Hansson, Max-Planck-Institut für chemische Ökologie, Hans-Knöll-Straße 8, 07745 Jena, Tel. +49 3641 57-1400, E-Mail: hansson@ice.mpg.de

Original publication:

Jiang, X., Dimitriou, E., Grabe, V., Chang, H., Zhang, Y., Gershenson, J., Rybak, J., Hansson, B. S., Sachse, S. (2024).

Ring-shaped odor coding in the antennal lobe of migratory locusts. *Cell*, doi: 10.1016/j.cell.2024.05.036

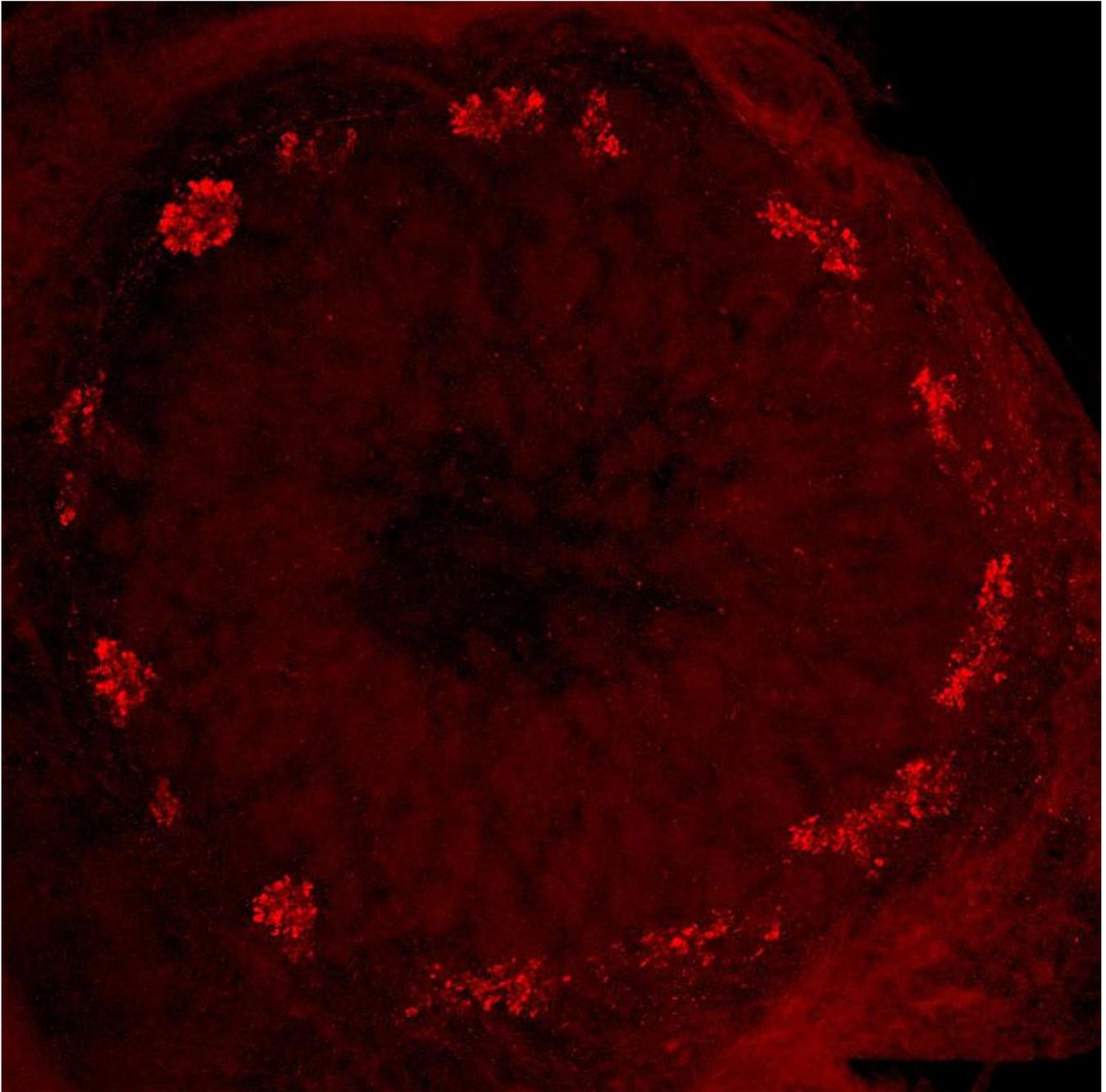
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2024.05.036>

URL for press release: <https://www.ice.mpg.de/240644/olfactory-coding> Webseite der Forschungsgruppe Olfaktorische Kodierung am Max-Planck-Institut für chemische Ökologie

URL for press release: <https://www.ice.mpg.de/97109/evolutionary-neuroethology> Webseite der Abteilung Evolutionäre Neuroethologie am Max-Planck-Institut für chemische Ökologie



Europäische Wanderheuschrecke (*Locusta migratoria*) beim Fressen
Benjamin Fabian
Max-Planck-Institut für chemische Ökologie



Ringförmige glomeruläre Anordnung in der äußeren Region des Antennallobus einer Wanderheuschrecke
Xingcong Jiang und Veit Grabe
Max-Planck-Institut für chemische Ökologie