

SINNESPHYSIOLOGIE

Wie wandernde Mückenfledermäuse navigieren

Während Fledermäuse ihre Ortung über Echolot sicherstellen, navigieren sie großräumig wie Vögel über einen Magnetkompass. Mückenfledermäuse (*Pipistrellus pygmaeus*) kalibrieren diesen bei Sonnenuntergang – wie die Ergebnisse einer Studie in der Fachzeitschrift *Biology Letters* zeigen. Dabei beeinflussen zwei unterschiedliche Komponenten des Erdmagnetfelds die Orientierung.

Die nur wenige Gramm schweren Mückenfledermäuse legen auf nächtlichen Wanderungen von Nordost nach Südwesteuropa vermutlich jedes Jahr tausende Kilometer zurück. Wie sie in der Dunkelheit ihren Kurs über diese langen Distanzen finden, wirft viele Fragen auf. Ein internationales Team um den Biologen Dr. Oliver Lindecke von der Universität Oldenburg hat jedoch Hinweise darauf gefunden, dass sich Mückenfledermäuse bei der Navigation nicht nur auf einen Magnetkompass stützen, sondern diesen auch bei Sonnenuntergang kalibrieren [1]. Dabei können zwei unterschiedliche Komponenten des Erdmagnetfelds die Orientierung der Tiere beeinflussen.

Das Team führte die Experimente auf der Ornithologischen Station der Universität von Lettland in Pape durch, einem Dorf im äußersten Südwesten des Landes an der Ostsee. „Im August und September wandern hier Zehntausende Fledermäuse entlang der Küste, vor allem Richtung Mitteleuropa“, berichtet Lindecke. In einer früheren Studie hatte er bereits herausgefunden, dass Mückenfledermäuse ihren inneren Kompass bei Sonnenuntergang neu justieren: Sie nutzen dafür den Punkt, an dem die Sonne untergeht, um ihre Flugroute auch später in der Nacht bestimmen zu können. Um diese Befunde zu präzisieren, fingen sie 65 Mückenfledermäuse und setzten einen Teil der Tiere am folgenden Tag zur Zeit des Sonnenuntergangs mittels einer sogenannten Helmholtz-Spule einem manipu-

lierten Magnetfeld aus. Dessen horizontale Richtung war um 120 Grad im Uhrzeigersinn gegenüber dem Erdmagnetfeld gedreht, also so, dass eine Kompassnadel nicht nach Norden, sondern nach Südosten zeigen würde. Bei einer zweiten Gruppe kehrte das Team zusätzlich die Neigungsrichtung des Magnetfeldes um, die sogenannte Inklination. Diese entsprach somit natürlichen, auf der Südhalbkugel der Erde gemessenen Werten. Ein weiterer Teil der Fledermäuse diente als Kontrollgruppe und war nur dem natürlichen Erdmagnetfeld in den Dünen von Pape ausgesetzt.

Einige Stunden später ließen die Forscher die Fledermäuse bei Nacht einzeln in einem Feldlabor frei und bestimmten dabei deren Abflugrichtung. Frühere Studien hatten bereits gezeigt, dass die Tiere die einmal gewählte Richtung auf ihren nächtlichen Flügen beibehalten. Das Ergebnis: Aus der Kontrollgruppe flog etwa die Hälfte der Tiere nach Süden, die andere Hälfte nach Norden. Die beiden Gruppen mit manipuliertem Magnetfeld verhielten sich unterschiedlich: Diejenigen Tiere, bei denen die horizontale Richtung des Magnetfeldes gedreht war, orientierten sich überwiegend nach Nordwesten. Bei der Gruppe, bei der zusätzlich die Inklination umgekehrt war, war hingegen keine bevorzugte Abflugrichtung zu erkennen. Die Ergebnisse zeigten vor allem eins, so Lindecke: „Die Fledermäuse sind bei Sonnenuntergang sowohl für die horizontale Richtung als auch für die Inklination des Magnetfeldes



ABB. 1 Eine Mückenfledermaus (*P. pygmaeus*) im russischen Sotchi-Distrikt. Foto: Evgeniy Yakhontov, CC BY-SA 3.0.

sensibel – und das beeinflusst ihren Abflug noch Stunden später.“ Zwar sei der Mechanismus der dem Magnetsinn der Fledermäuse zugrunde liege, bislang nicht geklärt, die Studie zeige jedoch, dass sie ähnlich wie Vögel die Inklination des Erdmagnetfeldes für ihre Navigation nutzen könnten.

Wo sitzt der Kompass?

Doch wo sitzt dieser sechste Sinn? Experimentelle Studien deuten darauf hin, dass das geheimnisvolle Orientierungssystem bei Säugetieren mit Magnetsinn in der Hornhaut der Augen lokalisiert ist. Sehen, Hören, Riechen, Schmecken und Fühlen gehören zu den Standardqualitäten der Wahrnehmung – doch bei manchen Tieren kommt wohl noch eine Komponente hinzu, wie viele Studien gezeigt haben: Einige Vogelarten, Fische, Schildkröten und auch Säugetiere wie Delfine, Wale oder Fledermäuse besitzen bei großräumigen Bewegungen ein Orientierungsvermögen, für das die klassischen fünf Sinne wohl nicht ausreichen. Experimente deuten darauf hin, dass diese Fähigkeit auf Eisenoxid-Partikeln in bestimmten Körperzellen beruht, die als „mikroskopische Kompassnadeln“ fungieren.

Bisher gab es nur Hinweise darauf, dass Graumulle durch Sinnesrezeptoren in ihren verkümmerten Augen Magnetfelder wahrnehmen können, um sich in ihren verzweig-

ten Tunnelsystemen zurechtzufinden. Im Rahmen ihrer Studien hatten die Forscher um Oliver Lindecke die in Europa beheimateten Raauhautfledermäuse (*Pipistrellus nathusii*) im Visier, die ähnlich wie einige Vogelarten von ihren Sommerquartieren in Nord- und Osteuropa für den Winter in Bereiche mit mildem Klima ziehen [2]. Sie fingen nachts einige Raauhautfledermäuse an der Ostseeküste, die sich auf ihrem spätsommerlichen Zug in den Süden befanden. Einem Teil der Tiere verabreichten sie einen Tropfen Oxybuprocain in die Augen, ein nur kurz wirksames Betäubungsmittel, das in der menschlichen Augenheilkunde bei diagnostischen und chirurgischen Verfahren verwendet wird. Es betäubt dabei Nerven in der Hornhaut (Cornea), ohne allerdings das Sehvermögen zu beeinträchtigen. Dadurch ließ sich ausschließen, dass die beobachteten Effekte auf einer Beeinträchtigung des Sehsinns beruhen, den Fledermäuse neben ihrem Echoortungssystem ebenfalls noch manchmal zur Orientierung nutzen.

Bei einer Gruppe der Fledermäuse behandelten die Wissenschaftler beide Augen, bei einer zweiten wurde hingegen nur die Hornhaut eines Auges betäubt. Als Kontrollgruppe fungierten Tiere, denen nur eine wirkungslose Kochsalzlösung als Augentropfen verabreicht wurde. Anschließend ließen die Forscher die Tiere in elf Kilometer Entfernung vom Fangplatz auf einem freien Feld wieder einzeln frei und erfassten, in welche Richtungen die Tiere in die Dunkelheit davonflogen.

Mit Augentropfen vom Kurs abgebracht

Es zeigte sich: Individuen aus der Kontrollgruppe und der Gruppe mit einseitiger Cornea-Betäubung orientierten sich ihrer Zugroute entsprechend sofort nach Süden, nicht jedoch die Fledermäuse mit beidseitig anästhesierten Hornhäuten: „Diese Tiere flogen in zufälligen Richtungen davon“, berichtet Lindecke. „Dies deutet darauf hin, dass die Betäubung der Cornea den Orientierungssinn nachhaltig störte – und

dass dieser offenbar auch noch mit einem Auge gut funktioniert.“ Da die Cornea-Betäubung schnell nachlässt, wurden die Tiere nur kurzzeitig beeinträchtigt und konnten schon bald wieder ihre Reise in den Süden fortsetzen, betonten die Wissenschaftler. „Wir konnten hier das erste Mal im Versuch beobachten, wie ein ziehendes Säugetier wortwörtlich vom Kurs abgebracht wurde – ein Meilenstein in der Verhaltens- und Sinnesbiologie, der es uns erlaubt, das biologische Navigationssystem der Säugetiere gezielter zu erforschen“, ordnet Lindecke die Bedeutung der Studie ein.

Literatur

- [1] W. Schneider et al. (2023). Migratory bats are sensitive to magnetic inclination changes during the compass calibration period. *Biology Letters* 19, 20230181.
- [2] O. Lindecke et al. (2021). Corneal sensitivity is required for orientation in free-flying migratory bats. *Communications Biology*. <https://doi.org/10.1038/s42003-021-02053-w>

Wilhelm Irsch, Reblingen-Siersburg

BIOLOGIEOLYMPIADE

Neue Ausschreibung nach großem Erfolg

In 2023 konnte der große Erfolg des deutschen Teams bei der IBO 2022 noch einmal gesteigert werden: mit zwei Goldmedaillen und zwei sehr guten Silbermedaillen errang das deutsche Team einen herausragenden 9. Platz in der Nationenwertung und wurde das beste europäische Team (Abbildung 1).

Als Gastgeber hatten die Vereinigten Arabischen Emirate die Nationalteams der IBO 2023 aus 73 Ländern für eine Woche in Al Ain versammelt, um mehr als 290 Schülerinnen und Schüler im fairen Wettstreit um olympische Medaillen kämpfen zu lassen. Für das deutsche Nationalteam hatten sich in vier Auswahlrunden aus fast 1200 Personen vier Olympioniken qualifiziert (Abbildung 2).

Der internationale Wettbewerb in Al Ain, eine Universitätsstadt inmitten der Wüste des Emirates Abu Dhabi, begann mit einer großen Eröffnungsfeier mit viel politischer Prominenz, die den Stellenwert der Biologie als eine prägende Naturwissenschaft des 21. Jahrhunderts betonte. Für die Teilnehmenden bestand das anspruchsvolle Klausurprogramm in den folgenden Tagen aus



vier praktischen Klausuren in Biochemie, Bioinformatik, Molekularbiologie der Pflanzen sowie Ökologie und Ethologie und einer großen zweiteiligen Theorieprüfung. Neben dem akademischen Programm waren für die Schülerteams auf mehreren Ausflügen, z. B. nach Dubai und Abu Dhabi, auch das Kennenlernen untereinander und der Austausch mit Gleichgesinnten aus vielen Län-