

Die Untersuchung an dem vergrößerten Modell der Antennen von *S. cynthia* ergab, dass die Geometrie der Antenne entscheidend für die hochempfindliche Detektion von Pheromonmolekülen ist. Die Ergebnisse an dem kleinen Ausschnitt der komplexen Antenne zeigen, dass die Sensitivität bei den Fluggeschwindigkeiten dieser Pfauenspinners-Art optimal ist. Die Autoren gehen davon aus, dass durch detaillierte Untersuchungen der Geometrien der Antennen von verschiedenen Saturniidae-Arten noch viele spannende und technisch inspirierende Erkenntnisse zu gewinnen sind.

[JAFFAR-BANDIEE M, STEINMANN T, KRIJNEN G & CASAS J (2020) Insect pectinate antennae maximize odor capture efficiency at intermediate flight speed. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 117, 28126–28133] H. Binder

■ „Tarnkappen“-Flügel von Nachtschmetterling: ein Metamaterial?!

Manche Materialien mit entsprechender Beschaffenheit zeigen bei Wechselwirkung mit elektromagnetischen Wellen oder mit Druckwellen außerordentliche Effekte. Sie werden als Metamaterialien bezeichnet. Ein Beispiel dafür sind sogenannte Tarnkappen: Aufgrund sehr feiner und regelmäßiger Oberflächenstrukturen lässt sich z.B. der Brechungsindex des Lichts so beeinflussen, dass das Objekt bei entsprechendem Licht unsichtbar wird. In manchen Definitionen für Metamaterialien wird betont, dass solche Materialien aufwändig konzipiert werden müssen und in der Natur nicht vorkommen.

Nun haben NEIL et al. (2020) eine Arbeit veröffentlicht, in deren Titel sie die Flügel von Nachtschmetterlingen als akustische Metamaterialien bezeichnen. Durch den Aufbau des Flügelsystems sind die Nachtfalter vor Fledermäusen, die sie mit Hilfe akustischer Signale und Echoortung jagen, mit einer Tarnkappe geschützt. Sie können sich damit der Ultraschallortung durch diese Fressfeinde weitgehend entziehen. Die komplexen Schuppen auf den Fal-



Abb. 1 Chinesischer Eichenseidenspinner (*Antheraea pernyi*), ein Nachtfalter, an dem NEIL et al. (2020) aufgrund von elektronenmikroskopischen und mikrocomputertomographischen Aufnahmen zeigen konnten, dass die Struktur der Flügel diese als akustisches Metamaterial ausweist. (Kugamazog commonswiki, CC BY-SA 2.5)

terflügeln absorbieren 72 % der Schallintensität bei einer Frequenz von 78 kHz. Durch die Kombination der einzelnen Schuppen mit der sehr dünnen, vernetzten Flügelmembran bilden sie einen akustischen Breitbandabsorber, der wie eine akustische Tarnkappe gegenüber dem Ortungssystem der Fledermäuse wirkt. Die Autoren bemerken, dass diese ultradünnen Strukturen, die als akustisches Metamaterial wirken, interessante Möglichkeiten zur Lärmdämmung aufzeigen. Sie argumentieren mit dem Stereotyp der evolutionären Reaktion der Nachtfalter auf den Fraßdruck durch die mit Ultraschall-Echoortung jagenden Fledermäusen. Dabei ist aber nicht klar, wie der vorherrschende Druck durch den Jäger beim Beutetier die Entwicklung eines solchen Metamaterials auslösen und erreichen soll; ein solches soll doch – zumindest nach manchen Definitionen – in der Natur gar nicht vorkommen, sondern nur von intelligenten und beharrlichen Entwicklergruppen konzipiert und realisiert werden können.

Wenn dieses akustische Metamaterial bei Nachtfaltern realisiert ist, dann kann das als Hinweis auf eine Konzeption und damit auf einen Schöpfer interpretiert werden.

[NEIL TR, SHEN Z, ROBERT D, DRINKWATER BW & HOLDERRIED MW (2020) Moth wings are acoustic metamaterials. *Proc. Nat. Acad. Sci.*; doi:10.1073/pnas.2014531117] H. Binder

■ Flugunfähigkeit bei Vögeln – ein verbreitetes Phänomen

Ein seit Langem bekanntes Phänomen ist der Verlust der Flugfähigkeit bei Vögeln. In den meisten Fällen sind flugunfähige Vogelarten mit flugtauglichen Arten nah verwandt, so dass ein sekundärer Flugverlust offenkundig und eine primäre Flugunfähigkeit (s. u.) unwahrscheinlich ist. Besonders häufig kommen flugunfähige Vogelarten auf ozeanischen Inseln vor; ein relativ bekanntes Beispiel ist der Galapagos-Kormoran, der auf zwei der Galápagos-Inseln im Pazifik lebt (Abb. 1).

Unter den heutigen Vogelarten sind etwa 60 Arten flugunfähig. Doch in einer aktuellen Analyse zeigt ein Forscherteam um Manuel Steinbauer von der Universität Bayreuth, dass Flugverlust in der Geschichte der Vögel viel öfter eingetreten ist. Denn seit dem Ende der Eiszeit sind überproportional viele flugunfähige Vögel – mindestens 166 Arten – ausgestorben, direkt oder indirekt bedingt durch menschliche Tätigkeit (SAYOL et al. 2020).

Es zeigt sich, dass in mehr als der Hälfte aller Vogelordnungen mindestens eine Vogelart ihre Flugfähigkeit verloren hat; insgesamt mindestens 150 Mal unabhängig; 35 Mal bei den heute lebenden Arten (SAYOL et al. 2020, 2). Durch weitere Un-



Abb. 1 Flugunfähiger Galapagos-Kormoran (*Nannopterum harrisi*) auf Isabela, Tagus Cove, beim Trocknen der kurzen Flügel. (Ellen Goff/Danita Delimont, AdobeStock)

tersuchungen wird sich diese Zahl wahrscheinlich noch erhöhen.

Ursprünglich muss der Flugverlust vorteilhaft gewesen sein. Fliegen ist energetisch sehr aufwändig, und wenn aufgrund der Konkurrenzverhältnisse (besonders auf Inseln) die Flugfähigkeit nicht benötigt wird, können durch den Verlust Ressourcen gespart werden. Flugunfähige Vögel sind größer und schwerer als ihre flugfähigen Verwandten und haben oft andere ökologische Nischen erschlossen, die andernorts durch Säugetiere besetzt sind. Mit der Ankunft des Menschen und der durch ihn eingeführten Tiere änderte sich diese Situation jedoch; die flugunfähigen Vögel waren nun deutlich im Nachteil, da sie agilen Jägern nicht gut entkommen können. Es liegt also ein Selektionsdruck zur Re-Etablierung des Fliegens vor.

Neben diesen bedauerlichen ökologischen Konsequenzen ist die Häufigkeit des Flugverlusts aber auch relevant für evolutionstheoretische Fragen. Flugunfähigkeit bei heutigen Arten mit echten Federn wird nämlich immer als sekundär angesehen (CHIAPPE 2002). Ein Weg

zurück zur Flugfähigkeit wurde nie beschritten. Das ist insofern bemerkenswert, als Flugerwerb ursprünglich evolutiv ausgehend von primär flugunfähigen Dinosauriern erfolgt sein soll. Das ist paradox: Ein sehr viel aufwändigerer Um- und Neubau des Flugapparats soll zwar möglich gewesen sein, nicht aber die Wiedererlangung der Flugfähigkeit ausgehend von sekundär flugunfähigen Formen, und das, obwohl dazu aufgrund der großen Artenzahl viele Möglichkeiten dafür bestehen sollten. Außerdem: Wenn Flugfähigkeit energetisch so „teuer“ ist, dass sie anscheinend bei jeder sich bietenden Möglichkeit aufgegeben wurde, ist es auch aus diesem Gesichtspunkt unplausibel, dass Flugfähigkeit jemals *de novo* ausgehend von flugunfähigen Formen entstanden ist – bei sehr viel größerem Aufwand des Neuerwerbs.

Am Rande sei noch angemerkt: Aus der Sicht der Schöpfungslehre könnte man bei einigen flugunfähigen Vögeln eine *primäre* Flugunfähigkeit annehmen, so zum Beispiel bei den Kiwis oder den Pinguinen. Denn diese Formen sind deutlich

gegen andere Vogelgruppen abgegrenzt und mit flugfähigen Arten nicht näher verwandt. Nicht jede Vogelart muss fürs Fliegen erschaffen worden sein.

[CHIAPPE LM (2002) Osteology of the flightless *Patagopteryx deferrariisi* from the Late Cretaceous of Patagonia (Argentina). In: CHIAPPE LM & WITMER LM (eds) Mesozoic birds: Above the heads of dinosaurs. Berkeley, Los Angeles, London: University California Press, pp 281–316 • SAYOL F, STEINBAUER MJ, BLACKBURN TM, ANTONELLI A & FAURBY S (2020) Anthropogenic extinctions conceal widespread evolution of flightlessness in birds. *Sci Adv* 6:eabb6095] R. Junker

■ Die Frage nach der Entstehung von Arten

Drei Biologen, Evolutionsbiologen und Populationsgenetiker, haben einen Perspektiv-Beitrag in „Science“ mit der Titelfrage überschrieben: Wie viele genetische Veränderungen sind für die Entstehung neuer Arten erforderlich?“ („How many genetic changes create new species?“; NOSIL, FEDER & GOMPERT 2021). Sie eröffnen den Text mit dem Lehrbuchwissen, dass neue Arten die Vielfalt