

Spinnen – Hören mit akustischer Antenne

Bei „Gehör“ denken wir an Ohren, wie wir sie selbst besitzen und die wir im Biologieunterricht näher betrachten. Die entsprechenden Organe sind bei vielen Insekten deutlich anders beschaffen und auch ihre Lage ist oft überraschend: Sie hören sozusagen mit den Beinen. Nun wurde eine ausgefallene Methode des Hörens bei Spinnen entdeckt: Hören durch „Outsourcing“ der Schallaufnahme.

Harald Binder

Hören ist eine Sinnesleistung, die es Lebewesen erlaubt, Bewegungen der sie umgebenden Luft oder Veränderungen des Luftdrucks wahrzunehmen und sich auf diese Weise unter Zuhilfenahme weiterer Sinnesleistungen wie z. B. Sehen und Riechen in ihrer Umwelt zu orientieren. Von vielen Tieren und auch dem Menschen ist uns das Ohr in seinem Aufbau bekannt. Dort werden Luftdruckschwankungen bzw. Schallwellen über Ohrmuschel und Gehörgang an das Trommelfell weitergeleitet. Von da aus werden sie im Mittelohr mechanisch über die Gehörknöchelchen Hammer, Amboss und Steigbügel über das ovale Fenster zum Innenohr auf die Hörschnecke und auf die darin befindlichen Sinneszellen übertragen. Diese wandeln die mechanischen Reize in Nervensignale um, welche über den Hörnerv an das zentrale Nervensystem übertragen werden, wo diese Information dann verarbeitet wird.

Dieser komplexe Aufbau mit dem koordinierten und fein abgestimmten Zusammenspiel unterschiedlichster Komponenten erfordert einen bestimmten Raumbedarf und ist nicht be-

liebig miniaturisierbar. Manche Insekten wie z. B. Heuschrecken, Wanzen und Schmetterlinge weisen in ihren Beinschienen sogenannte Tympanalorgane auf, eine Art Trommelfell, dessen Schwingungen direkt auf Sinneszellen übertragen werden. Andere Insekten wie z. B. Mücken nehmen mit ihren Fühlern Luftschwingungen auf und können so die Frequenz des Flügelschlags eines potenziellen Fortpflanzungspartners hören.

Für die Springspinne *Phidippus audax* konnten SHAMBLE et al. (2016) zeigen, dass diese Tiere, die eigentlich für ihre visuelle Leistungsfähigkeit bekannt sind, mit Sinneshaaren an ihren Beinen Schallwellen aus größerer Entfernung (3 m) wahrnehmen können und entsprechende Nervenimpulse messbar sind.

Eine neu entdeckte Methode für das Hören

Einer weiteren Möglichkeit von Spinnen, Schallwellen wahrzunehmen, kamen ZHOU & MILES (2017) auf die Spur, als sie feststellten,

Abb. 1 Netz einer Radnetzspinne. Ein solches Netz nutzt die Brücken(kreuz)-spinne *L. sclopetarius* als externes Trommelfell. (Foto: Winfried BORLINGHAUS)

dass Fäden aus Spinnenseide, die von einem Lautsprecher beschallt wurden, entsprechend der von der Schallquelle ausgesandten Frequenz zu schwingen begannen. Die Spinnenseide des Abseilfadens einer Gartenkreuzspinne (*Araneus diademata*) mit einem Durchmesser von $0,5\ \mu\text{m}$ nahm praktisch über die gesamte gemessene Länge von 8 mm die Schwingungen im Frequenzbereich des Flügelschlags von Insekten (100–700 Hz) bis zum Gesang von Singvögeln (2–10 kHz) auf. Die Schwingungen des Seidenfadens folgten also unmittelbar der Bewegung der Moleküle der Luft. Dabei war die Schwingung des Fadens am stärksten, wenn der Schall senkrecht auf den Faden traf; treffen die Schallwellen flacher auf den Faden, dann wird die entsprechende Reaktion zunehmend geringer.

Die Autoren verstanden diese Beobachtungen als Hinweis darauf, dass Spinnenseide möglicherweise zur akustischen Wahrnehmung genutzt werden könnte. Sie haben ihre Untersuchungen ausgedehnt und weiterentwickelt und ihre aktuellen Befunde sowie ihre Interpretation veröffentlicht (ZHOU et al. 2022). Die Forscher sammelten Brücken(kreuz)spinnen (*Larinioides sclopetarius*, Abb. 2) und ließen diese Radnetzspinnen im Labor in Holzrahmen (30 x 30 cm) ihre Radnetze bauen. Diese Radnetze – mit der Spinne im Zentrum (Nabe) – wurden in einem echoarmen, schallisolierten Raum mit einem Lautsprecher aus 3 m Entfernung mit unterschiedlichen Frequenzen beschallt. Das Verhalten der Spinne unmittelbar nach Beginn der Beschallung wurde mit einer Videokamera dokumentiert; die Schwingungen des Netzes mit einer speziellen Kamera (Laser-Vibrometer) und der Schallpegel (Lautstärke) am Netz gemessen. Die Spinnen reagierten mit variablem Verhalten deutlich erkennbar bei hohen (1000 Hz) und tiefen Tönen (200 Hz) sowie bei höherem Schallpegel (88 dB; entspricht etwa einem Handschleifgerät und wird von Mensch-

nen als unangenehm empfunden) mit höherer Wahrscheinlichkeit als bei niedrigerem (68 dB; entspricht etwa einem Staubsauger). Ohne Beschallung zeigten die Tiere keine Reaktion. Stellt man die Lautsprecher nicht senkrecht zur Netzfläche, sondern in einem Winkel von ca. 45° auf, so richten sich die Spinnen in Richtung der Schallquelle aus, sie können diese also identifizieren. ZHOU et al. (2022) schließen aus diesen Beobachtungen, dass die Spinnen in ihrem Netz sowohl Fressfeinde wie Vögel und Frösche wie auch potenzielle Beute wie z. B. Grillen aus einer Entfernung von mehr als 10 m akustisch wahrnehmen können.

Spinnennetze empfindlicher als Trommelfelle

Messungen der physikalischen Eigenschaften der Netze (ohne Spinne) ergaben, dass die Netze im Bereich von 100 bis 1000 Hz die Bewegung der Luftteilchen mit hoher Genauigkeit und sehr effizient wiedergeben. Diese Wiedergabe ist nach Aussage der Autoren besser als bei allen bisher untersuchten Trommelfellen. Sitzt die Spinne im Zentrum ihres Netzes, dann ist dort hingegen fast keine Schwingungsbewegung mehr festzustellen. Die mechanische Spannung im Netz kann die Spinne jedoch mit den spannungsempfindlichen lyraförmigen Organen¹ in ihren Beinen wahrnehmen. Die Spinnen hören mit Hilfe ihres Netzes auch dann, wenn mit einem kleinen Lautsprecher nur ein kleiner Bereich des Netzes beschallt wird, in dem die Spinne gar nicht direkt einbezogen ist.

Erstmals wurde bei einem Lebewesen ein Hör„organ“, das nicht aus Zellen besteht, außerhalb des Körpers entdeckt.

Mit diesen Untersuchungen ist erstmals gezeigt, dass die Brücken(kreuz)spinne (*L. sclopetarius*) mit ihrem Radnetz ein Hör„organ“ besitzt, das nicht aus Zellen besteht, sich außerhalb des Körpers des Organismus befindet und um das Vielfache größer ist als das Tier selbst. Dabei scheint die nachweisbare Leistungsfähigkeit im Vergleich mit dem Trommelfell anderer Organismen extrem gut zu sein. Erstmals ist damit eine Sinnesleistung bei einem Lebewesen nachgewiesen, deren Sensor außerhalb des Körpers des Individuums liegt, von diesem selbst aus Biomaterialien gebaut, leicht repariert und angepasst werden kann. Durch Veränderung der Spannung der Spiralfäden kann die Spinne z. B. das Hintergrundgeräusch des Windes herausfiltern oder zumindest dämpfen.

Abb. 2 Weibchen der Brückenkreuzspinne *Larinioides sclopetarius*. (Foto: Dariusz KOWALCZYK, CC BY-SA 4.0)



Fazit

Diese Spinnen nutzen also für die Aufnahme von Schall ihre für Luftbewegungen sehr empfindlichen Seidenfäden. Mit dem Bau des Netzes, das sie zum Hören nutzen, erstellen sie einen Teil des Hörsinnesorgans (den Empfänger). Wenn *L. sclopetarius* ihr Radnetz zum Hören nutzt, dann ist das damit vergleichbar, dass wir Menschen Radioteleskope zur Detektion elektromagnetischer Strahlung aus dem All benutzen – ein Vergleich, den auch die Autoren ziehen. Wir Menschen nutzen zum Bau solcher Anlagen die Ergebnisse langjähriger Grundlagenforschung und unser technisches Knowhow. Man kann daher nur zustimmen, wenn ZHOU et al. das Spinnennetz, das als Teil des Hörorgans genutzt wird, als ein „Wunder der Bioarchitek-

tur“² bezeichnen. Könnte das als Hinweis auf einen Architekten verstanden werden?

Anmerkungen

- ¹ Sinnesorgan bei Spinnen an deren Beinen, die in ihrer Form an ein altes Musikinstrument, die Lyra (Leier), erinnert.
- ² „Spider webs are marvels of bioarchitecture ...“.

Literatur

- SHAMBLE PS, MENDA G et al. (2016) Airborne acoustic perception by a jumping spider. *Curr. Biol.* 26, 2913–2920.
- ZHOU J & MILES RN (2017) Sensing fluctuating airflow with spider silk. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 114, 12120–12125.
- ZHOU J, LAI J, MENDA G et al. (2022) Outsourced hearing in an orb-weaving spider that uses its web as an auditory sensor. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 119, e2122789119.