



Grundlagen

Großstadtvögel – Lärm um nichts? Welchen Effekt hat Lärm auf Zebrafinken?

Zeitaufwand

ca. 90 Minuten inklusive der Bearbeitung
der Fragen

Vorkenntnisse

Grundlegende Methoden der Verhaltensbiologie

Derzeit lebt ca. die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten, Tendenz steigend. Damit nimmt auch die Lärmbelastung in Ballungsgebieten zu. Die Weltgesundheitsorganisation hat Lärmbelastung als eines der größten Umweltrisiken für den Menschen identifiziert, und sie wurde mit einer Vielzahl kurz- und langfristiger gesundheitlicher Auswirkungen bei exponierten Personen in Verbindung gebracht. Dabei führt Lärm nicht nur zu Beeinträchtigungen des Hörvermögens, sondern er wirkt auf den gesamten Organismus, indem er körperliche Stressreaktionen auslöst. Langfristig kann dies zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen wie arteriosklerotische Veränderungen („Arterienverkalkung“), Bluthochdruck und bestimmte Herzkrankheiten einschließlich Herzinfarkt führen.



© Max-Planck-Institut für biologische Intelligenz /
Sue Anne Zollinger

Aber auch manche Vögel zieht es in die Städte. Sei es, weil der ursprüngliche Lebensraum immer mehr reduziert und zerstört wird oder weil Tiere, wie die Amsel, beispielsweise vom Lebensraum Stadt durch das wärmere Mikroklima und durch das erhöhte Nahrungsangebot profitieren. An den höheren Lärmpegel durch den höheren Stadtverkehr haben sich Nachtigallen durch Verhaltensänderungen angepasst. Sie singen in einer lärmintensiven Umgebung lauter. Das geht sogar so weit, dass sie am Wochenende leiser trällern als an Werktagen, wenn der Berufsverkehr dröhnt. Um Paarungspartner anzulocken und ihr Revier zu verteidigen, singen Rotkehlchen bis in die Nacht hinein, wenn der Feierabendverkehr und der damit einhergehende Straßenlärm abgeflaut sind.

Welchen Effekt langfristige anthropogene Lärmexposition auf die Gesundheit und den Bruterfolg von Vögeln hat, ist bisher jedoch weniger bekannt.

Ziel des Unterrichtprojekts

Am Max-Planck-Institut für biologische Intelligenz wird der Effekt von Straßenlärm auf Zebrafinken und deren Nachwuchs untersucht. Der Zebrafink dient dabei den Forschenden als Modellorganismus, da bereits sehr viel über sein Verhalten und seine Genetik bekannt ist.

Welchen Effekt hat Lärm auf Zebrafinken?

Anhand dieses konkreten Forschungs-Projekts wird beispielhaft ermöglicht, einen Einblick in die Fragestellungen und Methoden der modernen Verhaltensbiologie zu bekommen. Nach einer Beschreibung der Fragestellung werden Sie eine eigene Hypothese formulieren, Überlegungen zur wissenschaftlichen Planung des Experiments anstellen, Daten auswerten und interpretieren und die eigene Hypothese überprüfen und gegebenenfalls anpassen. Dadurch lernen Sie wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen kennen und können die Bedeutung von Umweltveränderungen auf Verhalten und mögliche evolutionäre Prozesse erfassen. Die beschriebenen verhaltensbiologischen Methoden werden ergänzt durch stoffwechselphysiologische Methoden.

Vorüberlegungen

Welchen Sinn haben Verhaltensweisen?

„Nichts in der Biologie ergibt Sinn außer im Licht der Evolution“ (Theodosius Dobzhansky).

Die meisten Verhaltensweisen stellen eine Anpassung an die Umwelt dar, die dazu dient, das Überleben zu sichern. Verhaltensweisen unterliegen ebenso wie genetische oder physiologische Veränderungen der Evolution, können aber auch Evolutionsprozesse verursachen. So auch durch die Wahl eines anderen Lebensraumes wie einem städtischen Umfeld. Dadurch verändern sich die Selektionsbedingungen, was langfristig zu neuen evolutiven Anpassungen führt.

Langfristig setzt sich eine Verhaltensweise durch, wenn sie dem Individuum Vorteile bringt und sich damit dessen Nachkommenzahl, also seine biologische Fitness erhöht. Nur wenn dauerhaft der Nutzen größer als die Kosten sind, wird sich ein Verhalten durchsetzen können.

Die Fragestellung

Ein Forschungsteam vom Max-Planck-Institut für biologische Intelligenz unter Leitung von Henrik Brumm hat untersucht, wie sich Lärm auf den Stresshormonspiegel, die Gesundheit und den Fortpflanzungserfolg von Zebrafinken auswirkt.

Nach derzeitigem Wissensstand können anthropogene Lärmquellen wie Straßenlärm zu Störungen und Beeinträchtigungen der Kommunikation zwischen den Tieren, der Ortung von Beutetieren, bei der Paarung sowie bei der Aufzucht des Nachwuchses führen.

Als Forschungsansatz folgt daraus, den Stress zu messen und schließlich die Auswirkungen der physiologischen Stressantwort auf die Fitness abzuschätzen. Als Fitness wird dabei die Anzahl der überlebenden, fortpflanzungsfähigen Nachkommen verstanden. Dieser letzte Punkt wurde bis dahin kaum untersucht. Als Parameter für Kommunikation wird das Gesangslernen des Nachwuchses gewählt.

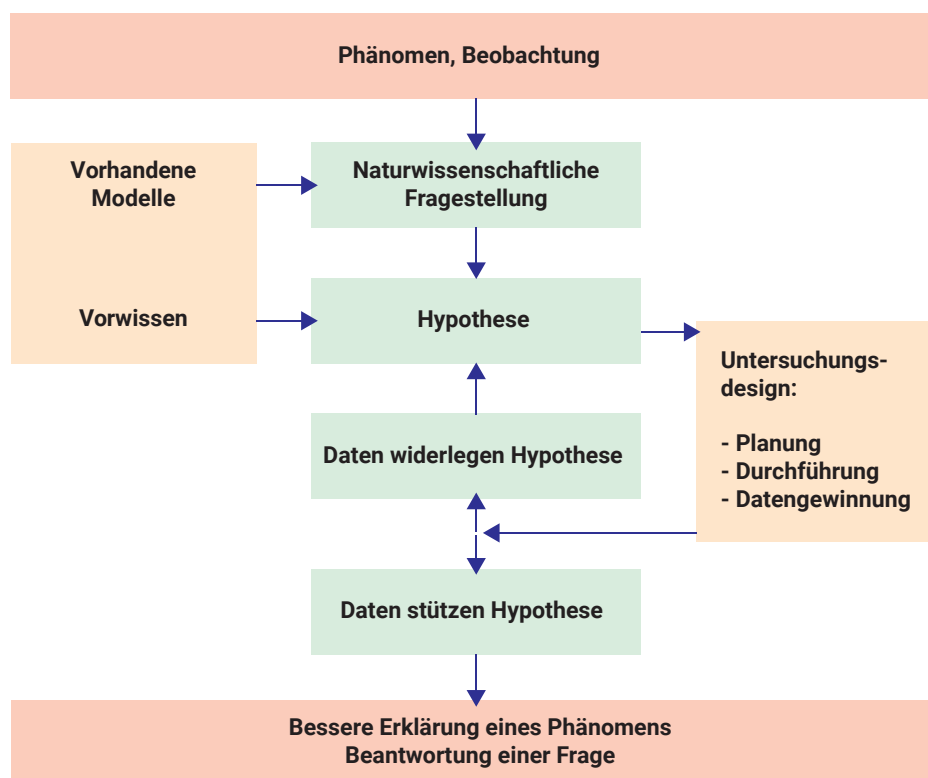


© Max-Planck-Institut für biologische Intelligenz / Sue Anne Zollinger

Die Vorgehensweise

Um die Ursachen von Phänomenen zu klären, folgen die Forschenden einem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg:

- Nach der Fragestellung erfolgt zunächst die Formulierung der **Hypothese**. Sie wird vor der eigentlichen Untersuchung aufgestellt und strukturiert das systematische Planen der Untersuchung und das Auswerten von Daten. Eine Hypothese ist eine begründete Vermutung über den kausalen Zusammenhang zweier Größen. Eine Größe besteht aus einer unabhängigen Variablen – die Ursache – und einer zweiten Größe, der abhängigen Variable – die vermutete Wirkung. Wenn es mehr als eine Variable gibt, ist es nicht möglich herauszufinden, welche nun wirklich für die beobachtete Auswirkung verantwortlich ist.
- Das **Experiment** dient als zentrale Methode in den Wissenschaften. Die Planung des Experimentes dient der Strukturierung des Vorgehens bei der Durchführung und der Dokumentation der Methodik. Sie ist der wichtigste Abschnitt einer empirischen Forschungsarbeit, denn von ihrer Präzision hängt es ab, ob die Untersuchung zu aussagekräftigen Resultaten führt.
- Nach der Durchführung des Experiments werden diese nach der **Datenaufbereitung** in Hinblick auf die Hypothese interpretiert und bezüglich ihrer Produktion kritisch reflektiert.
- Abschließend muss die Hypothese **verifiziert oder falsifiziert** werden.



Aufgabe

Formulieren Sie die für die Forschungsfrage passende Hypothese.

Planung des Experiments

Die Planung und Durchführung eines Experiments ist, wie oben erwähnt, die zentrale Methode der Wissenschaft. Bei verhaltensbiologischen Experimenten ist dies sehr komplex, da in einem natürlichen Lebensraum sehr viele Parameter eine Rolle spielen können. Zunächst muss deshalb die Frage geklärt werden, ob das Experiment im Freiland oder unter Laborbedingungen durchgeführt werden soll.

Aufgabe

Nennen Sie einige Größen die, außer der unabhängigen Variable „Verkehrslärm“, Einfluss auf die abhängige Variable haben können (sogenannte Störvariablen).

Aufgabe

Stellen Sie allgemein die Vorteile und Nachteile eines Freilandexperiments einem Laborexperiment gegenüber.

Kontrollexperimente

Kontrollexperimente sind Vergleichsversuche, die sich in genau einem Faktor unterscheiden. Alle anderen Faktoren bleiben gleich.

Aufgabe

Beschreiben Sie die Notwendigkeit von Kontrollexperimenten.

Welchen Effekt hat Lärm auf Zebrafinken?

Wie lässt sich biologische Fitness untersuchen?

Die Forschungsfrage erfordert den Stress zu messen und schließlich die Auswirkungen der physiologischen Stressantwort auf die Fitness abzuschätzen. Dazu müssen relevante Parameter untersucht werden.

Ob ein Vogel durch eine Störung gestresst wird oder nicht, kann man unter anderem am Stresshormon Kortikosteron feststellen. Mehrere Vogelarten haben Korrelationen zwischen dem Hormon Kortikosteron und chronischem Umweltlärm gezeigt. Die Effekte variierten jedoch stark, abhängig von der Vogelart und dem Kontext. Auch bei der Brutpflege wurden leicht erhöhte Kortikosteron-Werte gemessen. Ebenfalls können bestimmte Lymphozyten als Stressindikatoren dienen. Das Heterophil-Lymphozyten-Verhältnis (H/L-Verhältnis), wurde bei mehreren Vogelarten als guter Indikator für chronischen Stress gefunden. Unter Stress wurde ein höheres H/L-Verhältnis gemessen.

Ausdruck biologischer Fitness ist der Fortpflanzungserfolg der Zebrafinken. Im vorliegenden Experiment werden folgende Parameter bestimmt:

- Anzahl der Eier
- Schlupfrate
- Bruterfolg
- Wachstum der Nestlinge während der Aufzucht
- Brutverhalten und Fütterungsrate der Eltern
- Bestimmung des Stresshormons Kortikosteron und Heterophil-Lymphozyten-Verhältnis (H/L-Verhältnis) im Blut, als Indikator für chronischen Stress
- Als Indikator für die Kommunikation wird weiterhin das Gesangslernen der Jungvögel untersucht.

Aufgabe

Da die Vorteile für die Fragestellung überwiegen, wird das Experiment unter Laborbedingungen durchgeführt.

Entwerfen Sie ein allgemeines Design für die Fragestellung und beschreiben Sie den Ablauf der für die entsprechenden Parameter passenden Experimente. Überlegen Sie dabei auch:

- mit wie vielen Vögeln Sie das Experiment durchführen würden,
- wie die Kontrollexperimente aussehen müssen,
- wie ahmen Sie den Verkehrslärm möglichst realitätsnah nach,
- wie kann die Überwachung des Nestes erfolgen, um den Bruterfolg zu kontrollieren,
- in welchen Zeitabständen führen Sie sinnvollerweise Ihre Messungen und Blutabnahmen durch.
- Für die Untersuchung des Gesangslernens ist ein separates experimentelles Design notwendig. Begründen Sie dies und designen Sie ein passendes Experiment.

Dokumentieren Sie, bevor Sie das konkrete Experiment planen, welche Ergebnisse Sie erwarten würden.

Verwenden Sie für die Planung auch die nachfolgenden Informationen:

Das Zebrafinken-Weibchen legt drei bis acht Eier von rund 15 mm Größe in ein vom Männchen gebautes, ausgepolstertes Nest in einer kleinen, natürlichen Höhle oder einem Nistkasten. Ab dem dritten Tag bebrüten beide Partner abwechselnd die Eier. Die Jungen schlüpfen nach 12 bis 16 Tagen.

Welchen Effekt hat Lärm auf Zebrafinken?

Mit schaukelnden Kopfbewegungen betteln sie um Futter. Die Alten reagieren darauf prompt mit Füttern. Im Alter von acht Tagen kann man die Bettelstimmen schon hören. Sie werden von Tag zu Tag lauter. Binnen 18 bis 25 Tagen verlassen die jungen Zebrafinken erstmals das Nest, allerdings kehren die Jungen zum Schlafen ins Nest zurück. Hennen sind ab drei, Hähne ab vier Monaten geschlechtsreif.

Singvögel besitzen analog zum Spracherwerb beim Menschen eine sensible Phase für das Erlernen ihres Gesangs, der bei Zebrafinken zwischen dem 26. und 90. Tag liegt und das der späteren Balz dient. Junge Zebrafinkenmännchen lernen ihren Gesang, indem sie die Gesangsvorlage ihres Tutors, meist ihres Vaters, imitieren. In dieser Lernphase ist es zwingend, dass der Jungvogel seinen eigenen Gesang hören, überwachen und laufend mit der Gesangsvorlage vergleichen kann. Den eigenen Gesang passt er über das sogenannte auditorische Feedback an die akustische Vorlage an. Der einmal erlernte Gesang bleibt danach ein Leben lang weitgehend unverändert erhalten. Rufe dagegen sind angeboren und dienen zur Kommunikation und zur Warnung.

