



Finken in der Singschule

Bei Zebrafinken fällt kein Meistersänger vom Himmel. Jeder Jungvogel muss zunächst Gesangsunterricht nehmen. Singvögel sind deshalb gute Modellorganismen dafür, wie Lernvorgänge bei Wirbeltieren ablaufen. **Manfred Gahr** erforscht mit seinem Team am **Max-Planck-Institut für Ornithologie** in Seewiesen an verschiedenen Singvogelarten, wie diese ihren Gesang erlernen und was dabei im Gehirn vorgeht.

TEXT **TOBIAS HERRMANN**

Es braucht nicht viel Fantasie, um zu verstehen, woher der Zebrafink seinen Namen hat.

Vor den Toren Münchens, zwischen Starnberger und Ammersee, erstreckt sich das knapp 30 Hektar große Gelände des Max-Planck-Instituts für Ornithologie. Sogar einen natürlichen See gibt es hier. Neben den rund 2800 Zebrafinken, 500 Kanarienvögeln, Hühnern und Fischen arbeiten hier auch 170 Menschen.

In einem der über das Areal verstreuten Gebäude sitzt Manfred Gahr in seinem Büro im ersten Stock, einem großen, lichtdurchfluteten Raum mit zwei Schreibtischen und einem offenen Kamin. „Der Raum diente früher als Wohnzimmer“, erklärt Gahr. Früher, das heißt, als Erich von Holst und der spätere Nobelpreisträger Konrad Lorenz 1958 in das damalige Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie einzogen. Seinerzeit war es üblich, dass Wissenschaftler dauerhaft auf dem Forschungsge-

lände wohnten. „Anzünden darf ich den Kamin aber nicht mehr, seit er beim letzten Mal das ganze Haus in dichten Rauch gehüllt hat“, erzählt er.

Während seines Studiums an der Universität Kaiserslautern hatte Gahr die Wahl zwischen zwei Forschungsprojekten: Eines befasste sich mit den weiblichen Geschlechtsorganen höhlenliebender Zwergspinnen, im Fachjargon den „Epigynen troglobionter Mikrophantiden“. Beim anderen ging es um die Erforschung von Vogelgesängen. „Unter Letzterem konnte ich mir irgendwie mehr vorstellen“, sagt Gahr lachend. Und so untersucht er heute inmitten herrlicher Natur mithilfe moderner Technik, was im Gehirn eines Vogels passiert, wenn er seinen Gesang erlernt.

Bei unseren einheimischen Arten singen zumeist die Männchen, Ausnahmen sind zum Beispiel Rotkehlchen und Star, bei denen auch die Weibchen aktiv



Oben Lauschangriff: Die Elektro-physiologin Lisa Trost hält eine Antenne in Richtung ihrer Vögel. Diese tragen kleine Mikrofon-sender auf dem Rücken, welche den Gesang aufnehmen und an die Antenne weiterleiten.

Rechte Seite Am Computer analysiert Trost diese Daten und vergleicht sie mit den Hirnströmen der Vögel. Bis zu acht Tiere kann Trost gleichzeitig aufzeichnen.

sind. Dieser Gesang muss erlernt werden. Anders verhält es sich etwa bei den Warnrufen, die nicht gelernt werden, sondern den Vögeln angeboren sind.

Bei den aus Australien stammenden Zebrafinken singen nur die Männchen. Sie sind sogenannte *closed-ended learners*, ihre Lernphase ist also begrenzt. Gut drei Monate hat ein Fink ungefähr Zeit, sich seinen Gesang anzutrainieren. Dann ist seine Schulzeit vorbei, und er singt das bis dahin Gelernte fortan für den Rest seines Lebens. „Man lernt nie aus“ – das trifft auf Zebrafinken also nicht zu.

Andere Arten verfolgen eine andere Strategie: Der Kanarienvogel etwa ist ein saisonaler Lerntyp, ein sogenannter *open-ended learner*. Ihre ersten Gesangsübungen machen Jungvögel bereits in ihrem ersten Lebenssommer und feilen dann den ganzen Winter intensiv an ihren Gesängen, die sie im folgenden

Frühjahr und Sommer zum Besten geben. Im darauffolgenden Herbst beginnen die Männchen, neue Silben einzubauen und ihren Gesang weiter zu verfeinern. Die Vögel singen also fast das ganze Jahr über, nur während des Federwechsels nach der Brut machen sie eine Pause.

ÜBUNG MACHT DEN MEISTER

Unter Ornithologen herrscht allerdings noch Uneinigkeit darüber, ob Kanarienvögel ihr gesamtes Repertoire bereits in den ersten Lebensmonaten erlernen und die verschiedenen Varianten nach und nach in ihren Gesang einbauen oder ob sie sich jedes Jahr neue Silben aneignen können.

Der eigentliche Lernvorgang verläuft bei den meisten Singvögeln sehr ähnlich: Die Jungen hören zunächst zu und versuchen anschließend, das Ge-



hörte zu imitieren. Dabei wird die vorgesungene Abfolge von Gesangssilben im akustischen Gedächtnis abgespeichert und dient als Vorlage, mit der der eigene Gesang abgeglichen wird.

Als Lehrmeister und Vorsänger dient in der Regel der Vater, es sind allerdings auch Ausnahmen bekannt, bei denen Jungtiere den Gesang von ihren Geschwistern, von anderen Vogelarten, von anderen Tieren oder gar von nicht-tierischen Quellen übernommen haben. Der Vogelforscher Jürgen Nicolai, der 1957 an das Max-Planck-Institut in Seewiesen kam, pfiff beispielsweise ein halbes Jahr lang einer Gruppe von Dompfaffen jeden Tag das Volkslied „Ein Jäger aus Kurpfalz“ vor. Nicht nur lernten die Dompfaffen, das Lied nachzupfeifen – sie konnten auch, ohne zu zögern, weitersingen, wenn der Wissenschaftler das Vorpfeifen an einer beliebigen Stelle unterbrach.

In Seewiesen erforschen die Ornithologen vor allem an Zebrafinken, wie diese ihren Gesang erlernen. „Nur wenige Tiergruppen lernen überhaupt ihre Lautäußerungen. Dazu zählen neben Singvögeln und Menschen auch Elefanten, Seehunde und Wale“, sagt Gahr. Unter den vielen Singvogelarten, die ebenfalls ihre Gesänge lernen, sind Zebrafinken besonders gut als Modellorganismus geeignet, denn sie lassen sich vergleichsweise leicht halten: So sind die Vögel reine Körnerfresser, was die Fütterung in den Volieren im Vergleich zu Insektenfressern einfacher macht. Außerdem sind die Finken gesellig und können problemlos in größeren Gruppen gehalten werden.

Ein weiterer Vorteil: Zebrafinken lassen sich in Gefangenschaft sehr gut vermehren. Ein Nistkasten und etwas Material zum Nestbau reichen aus. Nach nur drei Monaten sind die Jung-

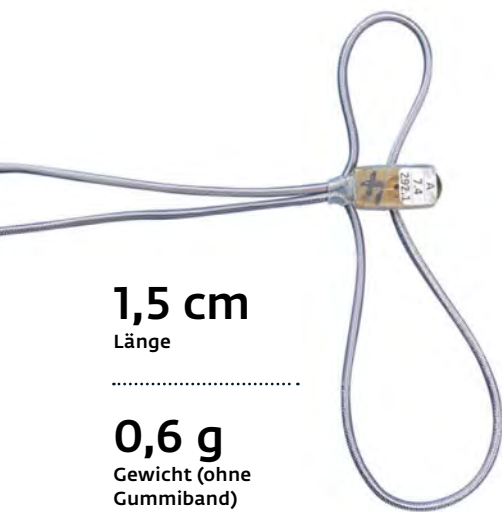
tiere bereits wieder geschlechtsreif. „Zebrafinken sind Opportunisten“, sagt Gahr. „In ihrer Heimat beginnen sie zu brüten, sobald es regnet – wohl wissend, dass der Regen ein reichhaltiges Buffet an Samen und Körnern hervorbringt, wenn ihre Jungen schlüpfen.“

DER GESANG JEDES FINKEN WIRD EINZELN AUFGEZEICHNET

Das Erlernen ihres Gesangs spielt sich bei Vögeln wie das Sprachlernen beim Menschen im Gehirn ab. Das „Gesangskontrollsystem“ im Singvogelhirn umfasst mehrere miteinander verknüpfte Gehirnbereiche. So ähnelt das sogenannte caudomediale Nidopallium in seiner Funktion dem Wernicke-Areal des Menschen, das für das Sprachgedächtnis zuständig ist. Das HVC (higher vocal center) des Vogels wiederum, das während des Lernvorgangs aktiviert wird, entspricht dem Broca-Zentrum im menschlichen Gehirn. Durch diese Analogien könnten die Studien der Seewiesener Forscher dazu beitragen, die Abläufe im Gehirn des Menschen beim Sprachlernen besser zu verstehen.

Für die Untersuchung des Gesangslernens müssen die Forscher wissen, welches Tier wann welche Silben und für wen singt. Aus diesem Grund tragen einige der Zebrafinken in der Voliere von Lisa Trost eine Art Rucksack auf dem Rücken. Der beinhaltet einen Mikrofonsender, der die Gesänge aufnimmt. Antennen senden die Mikrofonsignale zu einem Computer. So nehmen Lisa Trost und ihre Kollegen aus Gahr's Abteilung gleichzeitig die Gesänge einzelner Tiere auf und ermöglichen den Zebrafinken trotzdem das Leben in ihren sozialen Gruppen.

Andere Tiere haben zusätzlich einen Miniatursender auf dem Kopf. >



1,5 cm

Länge

0,6 g

Gewicht (ohne Gummiband)

Eine Wanze für den Rücken: Kernstück für die Untersuchungen zum Gesangslernen sind die nur 0,6 Gramm schweren Miniatur-sender, die den Zebra-finken mittels Gummiband wie ein Rucksack um-geschnallt werden.

Dieser übermittelt die elektrischen Signale von im Gehirn implantierten Elektroden, die synchron zu den Gesangsaufnahmen gespeichert werden.

Die Elektroden werden so implantiert, dass sie in bestimmte Gebiete des Gesangskontrollsystems im Gehirn des Vogels reichen. Die Tiere sind während des Eingriffs narkotisiert und erhalten Schmerzmittel. Da die Wundheilung bei Vögeln äußerst schnell verläuft, bewegen sich die Tiere schon am Abend wieder völlig natürlich in ihrer Gruppe.

Normalerweise verbinden Neurowissenschaftler solche Elektroden per Kabel mit einem Computer. Damit sich die Vögel dann nicht in den Drähten verheddern, müssen sie allein in einem Käfig ohne Sitzstangen gehalten werden. Daher haben die Seewiesener Forscher zusammen mit den Technikern neben den kabellosen Mikrofonsendern auch die kleinen Sender entwickelt, die Hirnströme, Gesänge oder auch den Herzschlag per Funk weiterleiten. Damit können die Tiere sich völlig frei bewegen und sich untereinander austauschen.

MIT FUNKSENDERN AUF FELDVERSUCH IN DER SAVANNE

Inzwischen ist die Technik so weit entwickelt, dass sie sich auch in freier Natur einsetzen lässt. So haben Gahr und sein Team in der südafrikanischen Kalahari-Savanne das Singverhalten von Mahalibwebnern untersucht – eine in Gruppen lebende Vogelart, bei der die dominanten Paare mit unglaublicher Präzision im Duett singen. Die exakte Abstimmung der Gesangssilben hatte das Interesse der Wissenschaftler geweckt. Mit ihren Minisendern konnten sie im natürlichen Lebensraum der Vögel simultan die Signale der Nervenzellen und die Gesänge aufnehmen und analysieren.

Das Ergebnis: Mit dem Einsatz des Partners änderte sich die Aktivität der Nervenzellen im Gehirn des anderen Vogels. Dadurch verlangsamt sich der Gesangsrhythmus, sodass die Partner sich beim Singen abwechseln können: „Der rhythmische Duettgesang der Individuen wird also durch ein akustisches Signal des Duettpartners erreicht“, erklärt Gahr. Auf diese Weise synchronisieren sich beide Gehirne, bilden eine Art Netzwerk und agieren praktisch als ein gemeinsamer Schaltkreis. Ähnliche Mechanismen könnten auch beim Menschen für die soziale Interaktion zuständig sein und so beispielsweise die Bewegungskoordination beim Paartanz regulieren, vermuten die Forscher.

Gahr und seine Mitarbeitenden haben zudem untersucht, was im Gehirn junger Zebrafinken während der Lernphase vor sich geht, wenn diese ihr Vorbild imitieren. Dabei haben sie entdeckt, dass im HVC-Areal ein Nervenwachstumsfaktor gebildet wird, der sogenannte BDNF (brain-derived neurotrophic factor). Bei Säugetieren beeinflusst der BDNF unter anderem die Bildung der Kontaktstellen zwischen Nervenzellen, der Synapsen. Der Wachstumsfaktor könnte also im HVC die Ausprägung lokaler Schaltkreise beeinflussen.

Doch nicht nur hormonabhängig gebildete Wachstumsfaktoren beeinflussen die Hirnaktivität während der Lernphasen. „Ohne Sexualhormone entwickelt sich das Gesangssystem überhaupt nicht“, erklärt Gahr. Lange Zeit interessierten sich Forscher ausschließlich für das männliche Sexualhormon Testosteron. Dieses Dogma herrschte auch noch, als Manfred Gahr Doktorand war – damit wollte er sich aber nicht abfinden: „Testosteron lässt sich im Gehirn in Östrogen umwandeln, eigentlich ein weibliches Sexual-



hormon. Aus diesem Grund habe ich mir angeschaut, was dieses Östrogen eigentlich macht.“

In den 1980er-Jahren begannen Krebsforscher, mithilfe von Antikörpern den Einfluss von Östrogen auf die Tumorbildung zu untersuchen. Gahr machte sich das Verfahren zunutze und konnte dadurch erstmalig nachweisen, dass in den Gesangsarealen des Vogelhirns Östrogenrezeptoren vorhanden sind. Bei der Gesangsentwicklung von Vögeln müssen folglich sowohl Testosteron als auch Östrogen eine Rolle spielen. „Im Gehirn spielen bei beiden Geschlechtern sowohl ‚männliche‘ als auch ‚weibliche‘ Hormone eine große Rolle. Bei den jungen Zebrafinken wirkt der Wachstumsfaktor BDNF wie Östrogen und erleichtert das Erlernen von Gesängen“, erklärt Gahr.

Deshalb also lassen sich auch Weibchen vieler Arten mit Testosterongaben zum Singen animieren. Jüngste Studien an Kanarienvogelweibchen zeigen, dass dies wohl auch bei natürlicherweise

singenden weiblichen Singvögeln auf erhöhte Testosteronproduktion zurückzuführen ist.

Warum die Gesänge der Vögel nicht komplett angeboren sind und die Tiere sie lernen müssen, ist noch unklar. Das Erlernen des Gesangs könnte der Artenbildung dienen oder über die Herkunft des Sängers informieren. Da der Gesang bei vielen Arten der Partnerwahl und der Revierverteidigung dient, können Weibchen die Männchen mit einem anderen Gesang wählen als den, den sie in ihrer Jugend gehört haben. Benachbarte Revierinhaber wiederum können einen Eindringling daran erkennen,

Geht's noch kleiner? In Seewiesen arbeiten Wissenschaftler (Manfred Gahr, links) eng mit Ingenieuren wie Johann Sagunsky zusammen, um noch kleinere und leistungsstärkere Sender zu bauen.

dass dieser einen anderen Dialekt singt. Zudem hilft vokales Lernen bei der Kommunikation innerhalb einer Vogelfamilie und erleichtert die Entstehung von komplexen Gesangsstrukturen wie Duetten oder Gruppengesängen. ◀

 www.mpg.de/podcasts/lernen

AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Wie bei den meisten einheimischen Singvögeln singen auch bei den Zebrafinken nur die Männchen. Ihren Gesang müssen sie jedoch erst erlernen.
- Gesteuert wird dieser Lernvorgang im Gesangskontrollsystem im Gehirn der Finken. Eine entscheidende Rolle spielen dabei die Sexualhormone Testosteron und Östrogen.