



Genetikerin Hoekstra, Mitarbeiterin bei Feldforschung in Florida: „Ich kann der Evolution bei der Arbeit zuschauen“

Grammatik des Buddelns

Biologie Forscher sind dabei zu entschlüsseln, wie Gene Tunnelbau und Brutpflege von Mäusen steuern – sogar das Graben von Notausgängen ist im Erbgut festgelegt.

Jahrelang haben sie am evolutionsbiologischen Institut der Harvard-Universität Würste vermessen. Dreckige, unförmige Schaumstoffwürste. Die Gebilde sollten den Forschern dabei helfen herauszufinden, was es mit dem Notausgang von Mäusenestern auf sich hat.

Hopi Hoekstra greift in einen großen Kasten aus Plexiglas, der bis oben hin gefüllt ist mit diesen Montageschaumwürsten: „Hier, die ist von einer Hirschmaus“, sagt die Genforscherin. „Und diese“, fährt sie fort und hält diesmal ein längeres, in der Mitte geknicktes Objekt hoch, „die stammt von einer Küstenmaus.“

Bei den schmutzig-weißen Schaumstoffwürsten, die Hoekstra in der Hand hält, handelt es sich um die Abgüsse von Mäusebauen. Vielhundertfach haben Hoekstra und ihre Mitarbeiter Kisten mit Sand gefüllt, Mäuse darin ausgesetzt und diese drauflosbuddeln lassen. Morgens fingen die Wissenschaftler die Tiere dann ein, schäumten ihre über Nacht angelegten Baue aus und legten die Abgüsse frei.

Durch diese Experimente konnten die Forscher zeigen, dass das Grabungsverhalten der Nager genetisch determiniert ist. Jede Art hat offenbar einen festen Bauplan im Kopf: Hirschmäuse legen schlichte, rund acht Zentimeter lange Gänge an. Küstenmäuse hingegen buddeln doppelt so lange Tunnel – und mehr noch: Am Ende versehen sie ihre Nestkammer an der Rückwand stets mit einem Notausgang.

Hoekstra wollte wissen, wie das möglich ist: Wie gelingt es Genen, das Verhalten von Tieren so präzise zu steuern? Wie kann ein langes, schraubenförmiges DNA-Molekül einer Maus befehlen, einen Tunnel zu graben? Wie ihr verraten, wo sie einen Notausgang anzulegen hat? Und wie schließlich ihr mitteilen, wann das Bauwerk fertig ist?

Noch kennen die Forscher nicht alle Antworten auf diese Fragen. Doch immerhin ist es ihnen gelungen, jene Regionen im Erbgut einzukreisen, in denen der Tunnelbauplan sitzt. Sie kreuzten dazu Mäuse beider Arten und studierten dann die Baue

der Hybriden. Hoekstra fasst die Ergebnisse so zusammen: „Drei DNA-Abschnitte auf den Chromosomen 1, 2 und 20 steuern die Länge des Eingangstunnels.“ Vor allem aber fasziniert sie die Region am Ende von Chromosom 5: „Irgendwo dort ist das Gen für den Fluchttunnel versteckt.“

Zu gern würde Hoekstra auch verstehen, wie genau ein solches Gen seine Wirkung ausübt. Bisher kann sie nur spekulieren: Sorgt es vielleicht für die Ausschüttung von Hormonen, die in den Tieren unvermittelt Lust aufs Buddeln wecken? Oder legt es die Verdrahtung der Nervenzellen in irgendeinem Tunnelbauzentrum des Gehirns fest?

Zuvor hatte sich Genforscherin Hoekstra mit einer Frage befasst, die wesentlich leichter zu beantworten war: Sie untersuchte die Fellfarbe der Mäuse. Jene Populationen nämlich, die ihre Nester in Feldern anlegen, sind schmutzig-braun gefärbt. Auffallend hell dagegen ist das Fell ihrer Vetter, die in Dünenlandschaften heimisch sind. Hoekstra spürte die Schalter

im Erbgut auf, die von der Evolution umgelegt werden, wenn die Tiere ihren Lebensraum wechseln. Und sie konnte nachweisen, dass die blonde Farbe die Dünenbewohner tatsächlich vor den Blicken der Greifvögel schützt.

Die unterschiedlichen Fellfarben den dafür verantwortlichen Genen zuzuordnen war vergleichsweise einfach: Die Forscherin wusste, dass sie nach Pigmentgenen in der Haut der Tiere suchen musste, und sie hatte es mit einem einfachen Erbgang zu tun. Um wie viel vertrackter dagegen ist die Genetik komplexer Verhaltensweisen? Beim Tunnelbau war zunächst vollkommen offen, welche Art von Genen zuständig ist und in welcher Hirnregion sie wohl aktiv werden. Vieles spricht zudem dafür, dass am Verhalten recht viele Gene beteiligt sind.

Anders als viele Kollegen beschloss Hoekstra, das Problem nicht anhand von Labormäusen anzugehen. Sie studiert lieber Wildtiere. Indem sie Verhaltensweisen eng verwandter Spezies untersucht, hofft die Forscherin, besser nachvollziehen zu können, wie sich diese entwickelt haben. „Ich kann so der Evolution bei der Arbeit zusehen“, sagt sie. Mit dem Bau von Fluchttunneln zum Beispiel hätten die Küstenmäuse vermutlich erst begonnen, als sie in einen Lebensraum vordrangen, in dem es viele Schlangen gibt.

Auf den ersten Blick ähneln sich die beiden Schwesternarten Hirsch- und Küstenmaus so sehr, dass der Laie sie nur anhand der Etiketten unterscheiden kann, die vor den Käfigen hängen: „*Peromyscus maniculatus*“ steht auf dem einen Schild, „*Peromyscus polionotus*“ auf dem anderen. Die Artunterschiede treten erst zutage, wenn man das Verhalten der Tiere beobachtet. Sie buddeln nicht nur verschiedene Nester. Hirschmäuse, die sich gern im Waldlaub verstecken, sind auch ängstlicher als ihre Vettern, nur ungern wagen sie sich auf offenes Terrain. Dafür können sie besser klettern.

Am deutlichsten aber zeigen sich die Unterschiede bei der Brutpflege: Bei den Küstenmäusen bilden Männchen und Weibchen monogame Paare, die gemeinsam die Nachkommen umhegen. Hirschmausmännchen dagegen sind schlechte Väter: Sie nehmen jede sich bietende Gelegenheit zur Paarung wahr und überlassen die Pflege den Weibchen.

All diese Verhaltensweisen habe die Evolution diesen Tieren ins Erbgut geschrieben, sagt Hoekstra. Sie ist überzeugt davon, dass die Natur dabei eine Art Grammatik verwendet, und diese versucht die Forscherin mit ihrem Team zu entschlüsseln.

„Natürlich ist die Pflege von Jungen noch komplexer als das Graben von Tunneln“, sagt Hoekstras Mitarbeiter Andrés Bendesky. Dann zieht er einen der Käfige

aus dem Regal, in dem sich ein Küstenmauspärchen eine gemütliche Nestkammer eingerichtet hat. Verwendet haben sie dazu Baumwollfasern, die Bendesky ihnen in den Käfig gelegt hatte. „Auch das tun sie unter der Regie ihrer Gene“, sagt er.

Vermutlich kennt sich niemand so gut mit dem Nestkammerbau der Küstenmäuse aus wie Bendesky. Die vergangenen Jahre hat er damit verbracht, die Tiere mit Hirschmäusen zu kreuzen; akribisch hat er die Baukünste der Nachkommen dann bewertet. Insgesamt 769 Hybridmäusen hat er eine vorgegebene Menge Nestbaumaterial angeboten und dann Noten vergeben für das, was sie im Laufe einer Nacht daraus machten: „1“ heißt so viel wie „mangelhaft“ – diese Note erhielten Mäuse, die die angebotenen Fasern nur wahllos im Käfig verstreut hatten. Die Bestnote „4“ bekamen Tiere, die eine bezugsfertige Kammer gebaut hatten.

Ähnlich ging er bei der Einstufung der Brutpflege vor. Als die Jungen geboren waren, hat Bendesky minutiös protokol-



Küstenmaus

Elternliebe auf Chromosom 2

liert, wie häufig Vater und Mutter sie ableckten, knuddelten – und ob sie die Jungen ins Nest zurücktrugen, wenn diese danebenlagen. Endlose Zahlenreihen hat der Forscher auf diese Weise erstellt, die er dann versuchte, mit genetischen Daten zu korrelieren.

Insgesamt zwölf Orte im Erbgut konnten Bendesky und seine Kollegen schließlich lokalisieren, an denen Gene für die Elternliebe der Küstenmäuse verborgen liegen. Und wie schon beim Tunnelbau, so ließen sich auch hier verschiedene Funktionen unterscheiden: Auf Chromosom 2 etwa machte der Genetiker eine Region dingfest, die eine Rolle beim Zurücktragen der Jungen ins Nest zu spielen scheint. Chromosom 9 beherbergt einen für den Nestbau zuständigen DNA-Abschnitt.

Acht der zwölf identifizierten Regionen haben auf Männchen und Weibchen unterschiedliche Wirkungen. „Das Brutpflege-

verhalten der beiden Geschlechter wird also unabhängig voneinander gesteuert“, folgert Bendesky.

Besonders genau hat er einen Abschnitt des Chromosoms 4 ins Visier genommen, wo er eine am Bau der Nestkammer beteiligte DNA-Region verorten konnte. Genau an dieser Stelle findet sich auch das Gen für Vasopressin, ein Hormon, von dem schon seit Längerem vermutet wird, dass es eine Schlüsselrolle im Sozialverhalten spielt. Chemisch ist es ein enger Verwandter des Bindungshormons Oxytocin.

Diesen Zusammenhang will Bendesky genauer untersuchen, wenn er demnächst an die Columbia-Universität in New York wechselt. Dort wird er am Institut für Hirnforschung ergründen, wie Gene das Schaltwerk der Nervenzellen beeinflussen. Auf diese Weise hofft er die Lücke zu schließen, die immer noch zwischen der Verhaltensgenetik und der Neurobiologie klafft.

Seine Mentorin Hoekstra richtet derzeit in ihrem Institutskeller eine Art Fitnessparcours für ihre Mäuse ein. Dort sollen die Tiere über Abgründe springen, vor greifvogelartigen Schatten flüchten oder sich aus dem Schutz ihres Käfigs auf eine erleuchtete Fläche vorwagen. All das sind Verhaltensweisen, bei denen es große Unterschiede zwischen Hirsch- und Küstenmäusen gibt; die Ursache dafür hofft Hoekstra in den Genen zu finden.

Ihre Mitarbeiterin Caroline Hu studiert die Mäuse in einer speziellen Art von Budelkiste: Zwischen zwei Plexiglaswänden ist Sand aufgeschüttet. Wenn die Mäuse hier graben, können die Forscher ihnen bei der Arbeit zusehen. Das Labor ist währenddessen in Rotlicht getaucht. Das täuscht die Nager, denn sie sind fast blind für Rot. Sie wähen sich deshalb in Finsternis.

Der Versuchsaufbau erlaubt es den Verhaltensforschern, nicht nur den fertiggestellten Tunnel, sondern auch dessen Bau genau zu untersuchen: Wie lange brauchen die Tiere, bis das Nest fertig ist? Wie reagieren sie, wenn sie bereits halb fertige Tunnel vorfinden? Und warum erweitern trachtige Weibchen die Eingangstunnel?

Das Ziel der Forscher besteht darin, den Grabungsvorgang in immer kleinere Verhaltensmodule zu zerlegen und die genetischen Programme dafür im Detail zu verstehen. Irgendwann, sagt Hu, erlaube das dann auch Rückschlüsse auf den Menschen.

Natürlich, räumt sie ein, Menschen graben keine Baue. Für jede Spezies entwickle die Evolution eben spezifische Verhaltensprogramme. Welches dieser Programme sie beim Menschen interessieren würde? Vorsichtig, weil sie weiß, dass dies ein kühner Gedanke ist, antwortet Hu: „Vielleicht die Sprache?“

Johann Grolle

Mail: johann.grolle@spiegel.de