

LEIHMÜTTER FÜR HAUSMÄUSE

Zusammenarbeit kann sich lohnen: Mäuseweibchen, die ihren Nachwuchs gemeinsam aufziehen, sind aus Sicht der Evolutionsbiologie erfolgreicher. Weshalb das so ist, erforscht die Verhaltensbiologin Barbara König. Von Thomas Gull

Ein Mäuseleben ist kurz und geprägt vom Kampf ums Überleben und die Weitergabe der eigenen Gene. Wer erfolgreich sein will, muss fit sein. So zumindest hat es der Übervater der Evolutionsbiologie Charles Darwin im Grundsatz des «survival of the fittest» formuliert. Die «Fittesten» im Sinne Darwins sind nicht unbedingt die Grössten und Stärksten, sondern jene, die sich am besten an die Umweltbedingungen angepasst haben. Neben körperlichen Eigenschaften gehört bei vielen Arten das Sozialverhalten zu den Fitnessfaktoren. Das gilt auch für die Hausmaus (*Mus domesticus*).

Die Hausmäuse sind soziale Tiere, die oft in grösseren Gemeinschaften leben. Ein besonderer Aspekt des Zusammenlebens ist die gemeinsame Aufzucht der Jungen durch die Weibchen. «Dabei handelt es sich um ein Beispiel aussergewöhnlicher Kooperation», erklärt Barbara König, Professorin für Zoologie an der Universität Zürich. Die Kooperation ist eine der grossen Fragen der Biologie: Weshalb arbeiten grundsätzlich egoistische Individuen zusammen? Aus evolutionsbiologischer Perspektive tun sie das nur, wenn es ihnen nützt, das heisst, wenn sie so ihre Chancen verbessern, sich fortzupflanzen. Die Fortpflanzung, die Weitergabe der eigenen Gene, ist das eigentliche Ziel des Lebens.

IN FREMDEN NACHWUCHS INVESTIEREN?

Barbara König erforscht seit Jahrzehnten das Sozialverhalten der Mäuse. Sie interessiert sich dabei besonders für die Fortpflanzungsstrategien der Weibchen. Die Kernfrage lautet, weshalb sie bereit sind, einen Teil ihrer Energie in den Nachwuchs eines anderen Weibchens zu investieren. Um das herauszufinden, hat König aufwändige Laborexperimente durchgeführt. Diese sollen nun mit Untersuchungen an frei lebenden Mäusen verglichen werden.

Zu diesem Zweck wurde ein ehemaliger Lagerraum in ein Refugium für Mäuse umfunktionierte, das den Lebensbedingungen in einem Stall entspricht: Die Mäuse können sich frei bewegen und aus- oder einwandern, die Temperatur wird nicht reguliert und es gibt genug Futter. Das sei auch im richtigen Leben so, erzählt König: «Die Mäuse sitzen mehr oder weniger auf dem Futter. Sie sind dort, wo der Mensch ist und Nahrung für die Nutztiere zur Verfügung stellt.» In der 70 Quadratmeter grossen Versuchsanlage leben im Durchschnitt 80 bis 90 erwachsene Tiere plus Nachwuchs, wobei es saisonale Schwankungen gibt – im Frühling und Sommer ist die Population grösser.

Barbara König und die Postdoktorandin Anna Lindholm haben ein ausgeklügeltes System entwickelt, um das Verhalten der Mäuse zu beobachten und zu analysieren: Im Alter von 13 Tagen werden alle Jungtiere gewogen und gemessen. Zudem wird ein kleines Stück aus dem Ohr gestanzt, das von Anna Lindholm genetisch analysiert wird, um den Verwandtschaftsgrad eindeutig zu bestimmen. «Es ist entscheidend zu wissen, welche Jungtiere zu welchen Müttern gehören, denn nur so lässt sich die Frage beantworten, wie die Mäusemütter ihre Entscheidungen fällen, zusammenzuarbeiten», erklärt Lindholm. Sobald die Mäuse etwas grösser sind, wird ihnen ein Mikrochip mit individueller Kennzeichnung unter die Haut gespritzt, mit dem die Bewegungen der Maus registriert werden.

Die Kooperation der Mäuseweibchen bei der Aufzucht des Nachwuchses hat Barbara König bereits im Labor beobachtet und analysiert. Bei der Wahl ihrer Partnerinnen haben die Weibchen Präferenzen, es gibt Favoritinnen und solche, mit denen sie sich gar nicht verstehen. Wie König herausgefunden hat, spielt bei der Wahl der Partnerin der Grad der Bekanntschaft eine



Möglichst natürliche Lebensbedingungen für Mäuse



mütter und ihren Nachwuchs: Barbara König (links) und Anna Lindholm in ihrer Versuchsanlage.

entscheidende Rolle. Angehende Mäusemütter tun sich lieber mit jemandem zusammen, den sie kennen, einer Schwester etwa oder einem anderen Weibchen, das im selben Nest aufgewachsen ist. Der eigene Nachwuchs ist zu kostbar, um ihn einer Unbekannten anzuvertrauen. Weibchen, die sich kennen, verfügen über die Informationen, um zu entscheiden, ob eine potenzielle Partnerin zu ihnen passt oder nicht. Eine entscheidende Rolle spielt dabei wohl die Fähigkeit, qualitativ gute Milch zu produzieren. Die Milchproduktion, die Laktation, ist eine enorme Belastung für die Mütter und ein limitierender Faktor bei der Fortpflanzung. Die Menge der Milch, die benötigt wird, um einen Wurf von 5 bis 8 Jungen zu füttern, steigt kontinuierlich an und erreicht ihren Höhepunkt 13 bis 16 Tage nach der Geburt, kurz bevor die Jungen entwöhnt werden. Zu diesem Zeitpunkt müssen die Weibchen pro Tag 8 bis 9 Milliliter Milch produzieren, bei einem eigenen Blutvolumen von 4 Millilitern. «Das ist immens. Die Laktation bringt die Weibchen an die Grenzen ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit», erklärt Barbara König, «wir bezeichnen das als «metabolische Decke»»

WENIGER STRESS UND MEHR ERFOLG

Wie Barbara König zeigen konnte, bietet die gemeinsame Aufzucht der Jungen die Möglichkeit, den metabolischen Stress zu entschärfen. Denn die Würfe kommen in der Regel nicht zur gleichen Zeit zur Welt, sondern haben im Durchschnitt einen Altersunterschied von acht Tagen. Da die Weibchen die Jungen gemeinsam säugen, reduziert sich die maximale Belastung. Das kann ein entscheidender Vorteil sein, sagt Barbara König: «Kein Organismus hat beliebig Energie, um in die Fortpflanzung zu investieren.» Diese Aussage wird durch die Beobachtung der frei lebenden Mäusepopulation gestützt: Im Winter bringen die Weibchen seltener Junge zur Welt. «Wenn es kalt ist, brauchen die Mäuse viel Substanz für die Thermoregulation und schaffen es nicht mehr, genügend Energie für die Fortpflanzung aufzubauen», vermutet König. Der Aufwand für die Aufzucht eines Wurfs beeinflusst die weitere Fortpflanzung. Wenn sich das Weibchen sehr verausgaben musste, verzögert sich der nächste Wurf, oder er wird kleiner.

WIE DAS HIRN VERKABELT IST

Die eigene Fortpflanzung ist für Mäuse keine Selbstverständlichkeit: «Wie die genetischen Analysen zeigen, hat nur die Hälfte der erwachsenen Weibchen Junge, die überleben. Bei den Männchen ist die Zahl noch viel geringer», erklärt Anna Lindholm. Entsprechend gross ist der Kampf um die Weitergabe der eigenen Gene. «Kleine Details können viel dazu beitragen, ob man zu den Glücklichen gehört, die Nachkommen haben, oder eben nicht», sagt Barbara König. Zu diesen Details gehört die gemeinsame Brutpflege. Wie Barbara König mit ihrer Forschung belegen konnte, haben Weibchen, die sich zusammentun, signifikant bessere Chancen, erfolgreich Nachwuchs aufzuziehen, der überlebt und sich seinerseits wieder fortpflanzt als Einzelkämpferinnen.

MEHR SCHUTZ VOR FEINDEN

Neben der Verteilung des Laktationsstresses auf zwei (in seltenen Fällen auch mehr) Mäuseweibchen bietet die gemeinsame Aufzucht noch weitere Vorteile. So kann jeweils eine der beiden Partnerinnen den Nachwuchs warm halten und vor Feinden schützen. Ein weiterer interessanter Aspekt ist die Stärkung der Immunabwehr. Die jungen Mäuse erhalten viele Abwehrstoffe über die Milch der Mutter. Wenn sie nun von zwei Müttern gesäugt werden, sollte ihr Immunsystem deshalb besser gerüstet sein. Ob und wie sich das auszahlt, wird von Barbara König und ihrem Team gerade untersucht.

Aus evolutionsbiologischer Perspektive sind Mäuseweibchen, die kooperieren, «fitter». «Deshalb gehen wir davon aus, dass das Sozialverhalten eine genetische Grundlage hat», sagt Barbara König. Wie diese genetische Prädisposition aussieht, weiss man noch nicht. «Es dürfte sich um ein Bündel von Eigenschaften handeln. Ein eigentliches Gen für die gemeinsame Aufzucht von Jungen gibt es wohl nicht.»

KONTAKT Prof. Barbara König, barbara.koenig@zool.uzh.ch, Dr. Anna Lindholm, anna.lindholm@zool.uzh.ch, Zoologisches Institut der Universität Zürich

FINANZIERUNG Schweizerischer Nationalfonds, Zoologisches Institut der Universität Zürich

Seit bald 20 Jahren suchen Kevan Martin und Rodney Douglas nach dem Grundschaltkreis des menschlichen Gehirns. Einen Kandidaten haben sie bereits gefunden. Doch taugt er für das ganze Gehirn? Von Thomas Müller

Es wird langsam, aber sicher unheimlich. Roadrunner, der neueste Supercomputer von IBM und zurzeit schnellster Rechner der Welt, kann pro Sekunde bald so viele Rechenoperationen durchführen wie das menschliche Gehirn, es fehlt nur noch ein Faktor zehn. Im Schachspielen haben Computer schon lange die Nase vorne, jetzt holen sie uns auch bei der reinen Rechenpower ein. Für Kevan Martin und Rodney Douglas ist das kein Grund zur Beunruhigung. «Noch nie hat ein Computer einen einzigen Gedanken hervorgebracht, weder einen vernünftigen noch Unsinn», sagt Douglas, der gemeinsam mit Kevan Martin das Institut für Neuroinformatik der Universität Zürich und der ETH Zürich leitet. Pure Rechenleistung, sei sie auch noch so potent, wird allein nie zum Denken finden. Eine Zeit lang hofften Computerwissenschaftler das. Doch schon bei Problemen, die Menschen in einem Augenblick erledigen – zum Beispiel das Erkennen von optisch verzerrten Wörtern, stossen leistungsfähige Computer an Grenzen.

WIE RECHNET DAS GEHIRN?

Das wird für die absehbare Zukunft so bleiben. Denn das Ziel von Martin und Douglas, dem Gehirn, genauer dem Neo-Cortex, sein Rechengeheimnis zu entreissen und für die Programmierung von Computern zu verwenden, entpuppt sich als weit schwieriger als erwartet. Ein Dreh- und Angelpunkt der Forschung des Duos ist der so genannte Grundschaltkreis des Gehirns, im Fachjargon «canonical circuit» genannt. Die Annahme, das Gehirn sollte mit einem Grundschaltkreis rechnen, basiert auf evolutionsbiologischen Überlegungen, wie Kevan Martin ausführt. Keine biologische Struktur hat sich so schnell entwickelt wie der Neo-Cortex. Wir denken, sprechen, leiden, fühlen, ärgern, lieben und frohlocken mit dieser wenige Millimeter dicken Grosshirnrinde.

«Erfunden» wurde die komplexeste biologische Struktur vor nicht einmal 60 Millionen Jahren von den damals aufkommenden Säugetieren, die viele der frei werdenden ökologischen Nischen der aussterbenden Dinosaurier besetzten. Evolutionsbiologisch ist das eine kurze Zeit, sie entspricht gut einer Minute, wenn man die insgesamt drei Milliarden Jahre der Evolution auf eine Stunde zusammenschnurren lassen würde.

So verfügen die Spitzmaus, der Wal und der Mensch über einen Neo-Cortex, doch jener des Menschen befähigt zu mehr als alle anderen: zum Bau von Werkzeugen und zur Sprache. Schon rein quantitativ betrachtet hat der Mensch am meisten davon: 1,2 kg seines rund 1,4 kg schweren Gehirns ist Neo-Cortex. Die Maus muss mit einem Zehntel Gramm auskommen, der Neo-Cortex eines Schimpansen bringt es immerhin auf 300 g.

Auf das Vierfache des Affen-Neo-Cortex angeschwollen ist der menschliche erst in den letzten drei Millionen Jahren, evolutionsbiologisch also in letzter Sekunde. Deshalb, so argumentiert Martin, spricht vieles dafür, dass das zugrundeliegende Muster – eben der Grundschaltkreis – derselbe ist wie bei der Spitzmaus und deshalb vergleichsweise einfach. Die Extrafähigkeiten des Menschen wie Werkzeuggebrauch, Sprache, Denken und Bewusstsein ergeben sich laut Martin aus dem Phänomen der Emergenz: Auf noch nicht verstandene Weise schlägt das quantitative Merkmal Neo-Cortex-Masse in ein qualitatives wie Intelligenz um. Oder anders ausgedrückt: Das Bewusstsein ist mehr als die Summe von Neuronen, Gliazellen und Synapsen.

So weit die Theorie, doch existiert der postulierte Grundschaltkreis des Neo-Cortex auch in Wirklichkeit? Im visuellen Cortex, also dort, wo die Projektion der Augenlinse auf die Retina