

Von Mäusen und Menschen

Monogamie ist bei Säugetieren die absolute Ausnahme. Ob der Mensch dazu gehört, ist nach wie vor umstritten. Aber bei nordamerikanischen Arten der Wühlmaus-Gattung *Microtus* scheinen die Dinge klarer zu liegen: Die Präriewühlmaus (*M. ochrogaster*) und die Kiefernwühlmaus (*M. pinetorum*) sind ziemlich sicher monogam, wohingegen deren nahe Verwandte, die Wiesenwühlmaus (*M. pennsylvanicus*) oder die Rocky-Mountains-Wühlmaus (*M. montanus*) definitiv nicht-monogam leben.

Männchen und Weibchen der monogamen Präriewühlmaus teilen sich ein Nest, ziehen die Jungtiere partnerschaftlich auf und verteidigen ihr Revier gemeinsam. Die enge Partnerbindung entwickelt sich nach „hemmungslos ausgiebiger Paarung“. Sie leben in den flachen, grasbedeckten Great Plains der USA bei spärlichem Nahrungsangebot. Die Pärchen leben verstreut.

Die Hormone Oxytocin und Vasopressin spielen eine große Rolle bei der Paarbildung und Paarbindung der Präriewühlmaus, aber sie sind in der Natur so weit verbreitet, dass allein ihr Vorkommen nicht ausschlaggebend für die monogame Lebensweise sein kann. Deshalb wurde die Hypothese aufgestellt, dass die Verhältnisse bei den Rezeptoren für diese Hormone ausschlaggebend für die unterschiedliche Lebensweise sein könnten.

Bei Säugetieren gibt es im Gehirn einen Belohnungs-Schaltkreis, dem zwei Gehirnregionen angehören: der *Nucleus accumbens* im unteren Teil der Großhirns, in dem das Glücksgefühl entsteht, und die bauchseitigen Anteile des *Pallidum*, einem Basalganglion im Zwischenhirn.

Eine Forschergruppe um Thomas Insel stellte in den 1990er-Jahren fest, dass bei den monogamen Wühlmausarten die Nervenzellen in diesen beiden Gehirnstrukturen besonders viele Rezeptoren für Oxytocin und Vasopressin besitzen, bei den nicht monogamen Arten jedoch nur wenige. (Weil der *Nucleus accumbens* und das *Pallidum* auch beim Menschen eine zentrale Rolle bei Glücksgefühle spielen und eine Reihe von Drogen genau dort ihre Wirkung entfalten, standen diese beiden Gehirnteile schon länger im Interesse der Wissenschaft.)

Um die Mechanismen der Partnerbindung am Modell der monogamen Wühlmausarten näher zu erforschen, wurden unter anderen folgende Experimente durchgeführt:

Experiment A: Im Gegensatz zu echten Viren benötigen sogenannte Adeno-assoziierte Viren (AAV) zu ihrer Vermehrung nicht nur eine Wirtszelle, sondern zusätzlich Adenoviren in der selben Zelle. Mit Hilfe von AAV wurde in den 1990er-Jahren eine zusätzliche Kopie des Gens für den Vasopressin-Rezeptor in die *Pallidum*-Zellen der nicht-monogamen Wiesenwühlmaus eingebracht. Es wurde nachgewiesen, dass danach die *Pallidum*-Zellen deutlich mehr dieser Rezeptoren besaßen. Nicht behandelte Wiesenwühlmäuse sind einzelgängerisch und halten Abstand voneinander. Dagegen zeigten die Tiere mit der erhöhten Rezeptordichte ein verändertes Verhalten und zwar einen Hang zum Kuschieln mit einem Tier des anderen Geschlechts.

Experiment B: Der Vorderlappen des Großhirns (präfrontaler Cortex) ist mit dem *Nucleus accumbens* durch Nervenbahnen verbunden. Wenn bestimmte Nervenzellen des Vorderlappens Signale an den *Nucleus accumbens* schicken, wird dieser aktiv. Im einem Experiment von 2017 wurde mit Hilfe von AAV ein Protein in den Vorderlappen von Präriewühlmäusen eingebracht, das durch einen Lichtblitz aktiviert wird, wodurch bestimmte Nervenzellen zum Abfeuern ihrer elektrischen Signale angeregt werden. Außerdem wurde mit Hilfe von AAV ein weiteres Protein in das Mäusehirn eingebracht,

das aufleuchtet, wenn die Nervenzelle, in der es sich befindet, aktiv ist. Mit winzigen Mikroskopen am Kopf der Tiere konnte man so feststellen, welche Gehirnregion gerade aktiv war. Im Experiment wurden das Versuchstier und ein unbehandeltes Tier des anderen Geschlechts, beide noch unverpaart, in den selben Raum gesperrt. Wenn beim Versuchstier durch einen Lichtblitz das erste Protein aktiviert wurde, wurde daraufhin sein *Nucleus accumbens* aktiv (festgestellt durch Lichtblitze von Protein zwei); danach näherte sich das Versuchstier dem anderen Tier und blieb bei ihm.

Beim Menschen ist bekannt, dass Händchenhalten den *Nucleus accumbens* aktiviert und dass zärtliche Liebkosung, ein Orgasmus, aber auch der Anblick eines süßen Hundebabys eine massive Ausschüttung von Oxytocin bewirkt. Die Trennung von einem geliebten Partner bewirkt dagegen großen Schmerz. Deshalb wurde die Hypothese untersucht, dass dieser Trennungsschmerz durch die Gabe von Oxytocin bzw. Vasopressin gelindert werden könnte. Medizinische Experimente ergaben aber, dass dies nicht der Fall ist.

[nach Steven Phelps, Zoe Donaldson, Devnand Manoli: Neurobiologie der Liebe. In Spektrum der Wissenschaft, Heft 8.2023, Seite 45-50]

Aufgaben:

- 1 Nennen Sie Belege für die Monogamie der Präriewühlmaus.
- 2 Begründen Sie aus verhaltensökologischer Sicht die Monogamie der Präriewühlmaus im Vergleich zur Wiesenwühlmaus, die in Kanada und den USA verbreitet ist und in Graslandschaften und Wäldern lebt, in der Regel nahe bei Gewässern.
- 3 Formulieren Sie die Hypothese, die durch Experiment A überprüft wurde, und beschreiben Sie das Experiment und seine Auswertung in eigenen Worten.
- 4 Formulieren Sie die Hypothese, die durch Experiment B überprüft wurde, und beschreiben Sie das Experiment und seine Auswertung in eigenen Worten.
- 5 Oxytocin bzw. Vasopressin spielen auch beim Menschen eine große Rolle im Belohnungs-Schaltkreis. Nehmen Sie Stellung zu der Aussage, dass die Versuchsergebnisse bei den Wühlmäusen deshalb auf den Menschen übertragbar sind.
- 6 Interpretieren Sie das Ergebnis der medizinischen Versuche, bei denen versucht wurde, menschlichen Trennungsschmerz durch Gabe von Oxytocin bzw. Vasopressin zu lindern.

Hinweise für die Lehrkraft.:

Der Quellen-Artikel enthält noch weitere Experimente, die hier aber weggelassen wurden.

Der Informationstext ist für die Schüler sehr anspruchsvoll, weil er viele Begriffe enthält, die für sie neu sind. Gerade deshalb eignet er sich aber gut für eine Übung im Umgang mit anspruchsvollen Quellentexten. Beispielsweise markieren die Schüler wichtige Begriffe oder sie ersetzen die komplizierten fachsprachlichen Ausdrücke durch Abkürzungen oder eigene Wortschöpfungen.

Hinweise zur Lösung der Aufgaben:

- 1 Kennzeichen von Monogamie: gemeinsames Nest, gemeinsame Aufzucht des Nachwuchses, gemeinsame Verteidigung des Reviers
- 2 geringes Nahrungsangebot verhindert Polygamie bei der Präsiwühlmaus, wohingegen die nahen Gewässer dafür sorgen, dass die Wiesenwühlmaus in der Regel genügend Nahrung für sich und ihren Nachwuchs bekommt, so dass sich ein Männchen problemlos mit mehreren Weibchen paaren kann
- 3 Hypothese: Eine größere Menge Vasopressin, die an Rezeptoren im Pallidum gebunden wird, fördert körperliche Nähe und dadurch ggf. Partnerbindung. Versuch: s. o.
- 4 Hypothese: Die Aktivierung des *Nucleus accumbens* löst die Annäherung an einen möglichen Partner aus. Versuch: s. o.
- 5 Mensch und Wühlmaus gehören unterschiedlichen Säugetierordnungen an und sind deshalb nicht besonders eng verwandt, so dass Versuchsergebnisse bei der Wühlmaus nicht ohne weiteres auf den Menschen übertragen werden können, auch wenn sie große Ähnlichkeiten in ihren Hormonsystemen aufweisen.
- 6 Glücksgefühle werden nicht nur durch diese beiden Hormone bestimmt, es sind daran noch weitere Mechanismen beteiligt.

Thomas Nickl, Oktober 2023