



Rotkehlkästchen
Microhierax caerulescens



KRIEG DER GESCHLECHTER

Die sexuelle Selektion hat zu einem Wettrüsten der Geschlechter geführt. Mit malbrachialen, mal ausgeklügelten Strategien ringen Männchen und Weibchen um die Weitergabe des eigenen Erbgutes. Von Thomas Gull

Auf den ersten Blick sieht es aus wie beim Rodeo: Das Männchen der Schwingfliege (*Sepsis cynipsea*) klammert sich an das Weibchen und versucht zu kopulieren, während das Weibchen abrupte Bewegungen macht, um es abzuschütteln. Der Kampf kann sich lange hinziehen. Oft endet er mit dem Sieg des grösseren Weibchens, das den unerwünschten Freier abwimmeln kann. Manchmal gelingt es dem Männchen, ins Weibchen einzudringen. Dann krallt es sich mit seinem Penis, der mit Widerhaken bestückt ist, im Unterleib fest, und die beiden werden unzertrennlich – selbst dann, wenn das Männchen beim Sex stirbt.

Der Kampf der Geschlechter lässt sich im Labor von Professor Paul Ward am Zoologischen Museum der Universität Zürich jeden Tag unzählige Male beobachten. Das Weibchen wird dabei oft verletzt, was dazu führen kann, dass es früher stirbt. Wie Untersuchungen am Zoologischen Museum gezeigt haben, steigt die Mortalität der Weibchen mit der Anzahl ihrer Kopulationen. Ein Grund dafür könnten die Verletzungen beim Geschlechtsverkehr sein.

Der rabiate und rücksichtslose Umgang mit dem anderen Geschlecht ist im Tierreich nicht die Ausnahme, sondern die Regel. Denn beim Sex geht es nicht darum, Spass zu haben, sondern sein eigenes Erbgut weiterzugeben und möglichst viele, fitte Nachkommen zu zeugen. Das hat im Laufe der Evolution zu einem eigentlichen Wettrüsten geführt, nicht nur innerhalb, sondern auch zwischen den Geschlechtern. Die Männchen der Taufliege (*Drosophila melanogaster*) verpassen deshalb den Weibchen bei der Paarung mit Hilfe des so genannten «Sexeptids» einen «Keuschheitsgürtel». Das Sexeptid wird bei der Kopulation vom Männchen auf das Weibchen übertragen. Ursprünglich, vermutet der Molekularbiologe Eric Kubli, Professor am Zoologischen Institut

der Universität Zürich, hätten sowohl Männchen wie Weibchen das Sexeptid produziert. Es steuerte während der sexuellen Reifung die Entwicklung der Geschlechtsorgane und später die Produktion von Eiern und Spermien. Im Laufe der Evolution haben die Weibchen jedoch die Fähigkeit verloren, das Peptid selber herzustellen. Sie sind deshalb auf die Männchen angewiesen, um ihre Eiproduktion mit der Begattung zu koordinieren. «Das hat jedoch seinen Preis, denn die Männchen kontrollieren mit der Übertragung des Sexeptides das Verhalten der Weibchen», erklärt Kubli. Der Wirkstoff steigert ihre Eilegerate und beschert dem Männchen damit möglichst viele Nachkommen.

VERFÜHREN ODER ZUM SEX ZWINGEN

Und das Sexeptid verhindert weitere Kopulationen der Weibchen, bis sie das Sperma aufgebraucht haben, was mehrere Tage dauert. Um sich aufdringliche Freier vom Hals zu halten,

vom temporären Keuschheitsgürtel, wie Kubli betont: «Für das Weibchen ist es wichtig, sich nach der Kopulation der Futteraufnahme und der Produktion und Ablage der Eier zu widmen, statt endlos weiterzukopulieren und damit unnötig Energie zu verschwenden.»

Das Ringen der Geschlechter um die Weitergabe des eigenen Erbgutes hat sehr komplexe Strategien hervorgebracht. Die sexuelle Selektion basiert jedoch auf einem grundlegenden Muster, das bereits der Begründer der Evolutionsbiologie, Charles Darwin, beschrieben hat. Darwin stellte fest, dass es nicht die Männchen sind, die entscheiden können, mit wem sie sich paaren, sondern sie werden von den Weibchen ausgelesen. Die Weibchen sind in der Regel das «wählerische Geschlecht», weil für sie die Entscheidung für den richtigen Partner viel wichtiger ist als für die Männchen. Denn die Weibchen investieren wesentlich mehr in den eigenen Nachwuchs als die Männchen. Das gilt für die Produktion der Eier, deren Zahl beschränkt ist, während das Männchen Sperma im Überfluss produziert. Und die Weibchen engagieren sich in der Regel mehr bei der Aufzucht.

«Mit der Übertragung des Sexeptides kontrollieren die Männchen das Verhalten der Weibchen.» Eric Kubli, Zoologe

stossen die Weibchen ihren Eilegeapparat aus, traktieren die Kavaliers mit Fusstritten, flickern mit den Flügeln, fliegen weg, oder sie bewegen sich so langsam, dass sie für die Männchen unattraktiv sind. Und sie stinken, weil ihnen das Männchen ein antiaphrodisches «Parfum» verpasst hat. Wie Kubli kürzlich herausgefunden hat, stimuliert das Sexeptid zudem das Immunsystem des Weibchens. Das ist biologisch sinnvoll, weil beim Geschlechtsakt oft Wunden entstehen, durch die dann Bakterien und Parasiten eindringen können. Obwohl die Männchen die Weibchen mit dem Sexeptid rücksichtslos manipulieren, profitiert auch das Weibchen

Bei der *Drosophila* etwa kopulieren die Weibchen in ihrem Leben mit vier bis sechs Männchen, während die Männchen eine viel grössere Zahl von Weibchen befruchten können.

Die Männchen kämpfen deshalb um den Zugang zu den Weibchen, während die Weibchen unter den potenziellen Partnern jene auswählen, mit denen sie den besten Nachwuchs bekommen können. Die Männchen unternehmen jedoch alles, um gewählt zu werden oder um zu verhindern, dass die Weibchen wählen können. Das hat zur Entwicklung von drei Strategien geführt. Die erste basiert auf Verführung, etwa durch besondere Merkmale wie



schöne Federn, ausgefallene Farben oder elaborienten Gesang. Die zweite setzt auf die Verhinderung weiterer Kopulationen, zumindest für eine bestimmte Zeit, wie bei der *Drosophila*. Die dritte schliesslich beruht auf der Anwendung von Gewalt – entweder um Konkurrenten aus dem Feld zu schlagen oder um das Weibchen zur Begattung zu zwingen. Die Männchen der gelben Dungfliege (*Scathophaga stercoraria*) beispielsweise sind wesentlich grösser als die Weibchen. Diese können sich deshalb der Kopulation kaum widersetzen. «Auf den ersten Blick sieht es so aus, wie wenn bei der Dungfliege die Männchen wählen würden», erklärt Paul Ward. Doch das ist bestenfalls die halbe Wahrheit, wie er herausgefunden hat.

Die gelbe Dungfliege dient Ward als Modellorganismus für die Erforschung der sexuellen Selektion. Die etwa einen Zentimeter grosse Fliege eignet sich dazu besonders gut, weil sie im Labor gezüchtet und in der Natur relativ gut beobachtet werden kann. Ward verbindet in seiner Forschung deshalb Beobachtungen im Feld und Molekularbiologie – mit erstaunlichen Resultaten. Etwa bei der scheinbar männlichen Partnerwahl der gelben Dungfliege: Das Weibchen muss sich zwar begatten lassen, es hat aber ausgeklügelte Gegenstrategien entwickelt, um bei der Auswahl des Vaters trotzdem ein wichtiges Wörtchen mitzureden.

Die Dungfliegen legen ihre Eier auf Kuhfladen ab. Wenn eine weibliche Fliege auf dem Fladen landet, wird sie sofort von einem Männchen begattet. Nach der Kopulation setzt das Weibchen seine Eier ab. Dabei wird es vom Männchen eifersüchtig bewacht. Was das Männchen jedoch nicht weiss: das Weibchen hatte schon mit mehreren Männchen Sex, seine drei oder vier Spermabehälter sind mit dem Ejakulat anderer Freier gefüllt. Das Weibchen wählt die Orte für die Eiablage sorgfältig aus. Dabei werden die Eier nicht unbedingt mit dem Sperma des Männchens befruchtet, das als letztes mit dem Weibchen kopuliert hat, sondern das Weibchen entscheidet sich je nach dem Ort der Eiablage für den passenden Vater. Ward nennt das die kryptische weibliche Wahl, weil sie sich im Innern des Körpers abspielt. Er hat das Rätsel jedoch weitgehend entschlüsselt: Welches Sperma den Vorzug erhält, hängt von

den Bedingungen auf dem Kuhfladen ab. Das Weibchen wählt das Sperma aufgrund der Phosphoglucomutase-Genotypen der Männchen aus. Phosphoglucomutase ist ein Enzym, das bei der Glykolyse eine wichtige Rolle spielt.

KRYPTISCHE WAHL DER WEIBCHEN

Je nachdem, ob die Weibchen die Eier an sonnigen oder schattigen Orten auf dem Kuhfladen legen, setzen sie das Sperma ein, dessen Phosphoglucomutase-Genotyp für diese Umweltbedingungen am besten geeignet ist, und erhöhen damit die Überlebenschancen ihres Nachwuchses. «Das zeigt, wie wichtig es ist, Versuche unter variablen Umweltbedingungen durchzuführen», kommentiert Ward, «denn wenn wir diese Versuche im Labor unter gleich bleibenden Bedingungen durchgeführt hätten, wäre immer das Sperma des gleichen Männchens für die Befruchtung der Eier ausgewählt worden.» In der Natur sind die Verhältnisse offensichtlich komplizierter – auf der Fläche eines Kuhfladens gibt es eine solche Variabilität der Umweltbedingungen, dass es sich für das Weibchen lohnt, seine Eier mit dem Sperma von verschiedenen Männchen zu kombinieren.

Die kryptische weibliche Wahl bei den gelben Dungfliegen zeigt, mit welchem Einsatz die Geschlechter um die Hoheit über die Weitergabe ihrer Gene ringen. Im Laufe der Evolution

weitergeben, bei der sexuellen Fortpflanzung ist es nur die Hälfte. Die Biologen sprechen deshalb vom «twofold cost of sex» für die Weibchen. «Sie zahlen einen hohen Preis. Dafür muss es eine mindestens gleichwertige Gegenleistung geben», sagt Ward, «sonst ist nicht erklärbar, weshalb die sexuelle Fortpflanzung die am weitesten verbreitete Strategie ist.»

Die plausibelste Erklärung ist als Red-Queen-Hypothese in die Geschichte der Evolutionsbiologie eingegangen. Den Namen verdankt die Theorie einer Figur aus Lewis Carrolls Märchen «Through the Looking Glass». Die «Rote Königin» ist eine Metapher für die evolutionäre Veränderung: «Man muss so schnell rennen, wie man kann, um am gleichen Ort zu bleiben», sagt die Königin in Carrolls Geschichte. Die Arten müssen sich im evolutionären Wettlauf ständig entwickeln und verändern, sonst sterben sie aus. Das gilt insbesondere für die Wechselbeziehung zwischen Räubern und ihrer Beute und Parasiten und ihren Wirtsorganismen. Lebewesen, die sich asexuell fortpflanzen, können sich kaum gegen Parasiten und Krankheitserreger wehren. Die sexuelle Rekombination der Gene schützt einen Teil der Nachkommen vor diesen Feinden – zumindest vorübergehend.

Der Schutz vor Krankheiten genüge jedoch als Erklärung für den Erfolg der sexuellen

«Die Weibchen zahlen einen hohen Preis für die sexuelle Fortpflanzung. Dafür muss es eine Gegenleistung geben.» Paul Ward, Zoologe

haben sich die unterschiedlichen Interessen jedoch eingependelt: «Wir sehen zwar, dass ein Wettrüsten im Gang ist, es gibt jedoch kaum noch Änderungen, zumindest nicht kurzfristig», bilanziert Ward.

Die Mechanismen der sexuellen Selektion sind für einige Organismen wie die Dungfliege relativ gut erforscht und lassen sich plausibel erklären. Die Frage, weshalb es die sexuelle Fortpflanzung überhaupt gibt, ist jedoch noch offen. Denn die Weibchen hätten auf den ersten Blick eigentlich keinen Grund, sich zu paaren. Wenn sie sich asexuell fortpflanzen würden, könnten sie ihr gesamtes Erbgut an die nächste

Fortpflanzung nicht, betont Ward. Es müsse eine Kombination verschiedener Vorteile sein – etwa die Anpassung an die Umwelt und der Schutz vor Räubern. «Der Schlüssel ist wahrscheinlich das Zusammenspiel verschiedener Faktoren, die wir bereits kennen.» Die neuen molekularbiologischen Methoden könnten es möglich machen, auch dieses Rätsel zu lösen. Vielleicht. Doch das dürfte nichts daran ändern, dass die Männchen der Schwingfliegen auch künftig einen wilden Ritt riskieren müssen, wenn sie sich fortpflanzen wollen.

KONTAKT Prof. Eric Kubli, ekubli@zool.unizh.ch; Prof. Paul Ward, pward@zoolmus.unizh.ch