



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

„*Das ist hier die Frage*“ – unter diesem Titel stellte Charles Darwin in seinem Notizbuch die Vor- und Nachteile einer möglichen Heirat zusammen. Mit dem Heiraten würden Kinder Einzug halten in sein Leben, er besäße „ein Heim und jemanden, der das Haus in Ordnung hält, musikalische Unterhaltung und weibliches Geplauder – diese Dinge sind gut für die Gesundheit“, schrieb der 28-Jährige. Andererseits drohten „Sorge und Verantwortung, der Zwang, Verwandtenbesuche zu empfangen, weniger Geld für Bücher – und

Und dennoch, nicht nur bei Menschen scharft sich das weibliche Geschlecht gern um „tolle Mannsbilder“, bei vielen Tierarten ist das nicht anders. Nichts vermag eine potenzielle Partnerin besser von den eigenen Vorzügen zu überzeugen als ein „teures“ Signal. Denn nur ein teures Signal ist auch fälschungssicher. Und so gibt der Pfau zuverlässig an: Hier ist ein Individuum in bester Verfassung – eines, dass es sich leisten kann, eine derartige Pracht zu entfalten. Ein solches Investment zahlt sich offenbar aus, und zwar in der Zahl

## Vaterschaftstest im Nistkasten – warum sich Fremdgehen lohnen kann

*Zeitverlust. Kann abends nicht lesen*“, so der Eintrag. Zu guter Letzt kam er jedoch zu dem Schluss: „*Stell Dir eine nette, sanfte Frau auf dem Sofa vor, mit einem warmen Kaminfeuer, Büchern und vielleicht Musik – und vergleiche dieses Bild mit der düsteren Realität. Heiraten – Heiraten – Heiraten. Q.E.D.*“

Was die eigentlichen Motive bei der Partnerwahl sind und wer die treibende Kraft dabei ist, wusste Darwin 1837 noch nicht. Denn erst langsam tastete er sich an seine Evolutionstheorie heran; sein Werk über die sexuelle Selektion („Die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl“) veröffentlichte er gar erst 1871. Da war ihm eine Lücke aufgefallen, die es noch zu füllen galt: Es gibt nämlich Merkmalsausprägungen in der Natur, die für ihren Träger eher nachteilig sind und im Sinne der **natürlichen Selektion** als schlecht angepasst gelten müssen – zum Beispiel das Prachtgefieder des Pfaus. Es ist alles andere als effizient; es ist sogar ein Handicap. Denn es bindet Ressourcen, ist bei der Bewegung hinderlich und lockt neben den Weibchen auch Beutegreifer an.

► **Blaumeisenjunge im Nistkasten. Von einer solchen Brut überleben selten mehr als zwei Jungvögel den ersten Winter.**

der Nachkommen. Sie erben dieses Merkmal, das ihnen nun ebenfalls wieder einen Fortpflanzungsvorteil verschafft. **Sexuelle Selektion** nannte Darwin diesen Selektionsmechanismus.

Die Vorstellung, dass Weibchen Unterschiede machen und bei der Wahl des Partners durchaus selbst eine aktive Rolle spielen können, wurde bis in die 80er-Jahre des



→ 20. Jahrhunderts kontrovers diskutiert. Eine entscheidende Wende markierten die Arbeiten von William Hamilton und Edward O. Wilson. Sie begründeten einen neuen Zweig der Verhaltensbiologie, die Verhaltensökologie. Sie fragt – anders als die von Konrad Lorenz entworfene klassische Ethologie – nach dem Anpassungswert des Verhaltens. Die entscheidende Frage lautet nicht: Wie funktioniert das? oder Wodurch wird es ausgelöst? Sondern welche Kosten erzeugt es und welchen Nutzen hat es? Dabei sollten sich Lebewesen – so die Grundannahme –

evolutionstheoretisch optimal verhalten. Das heißt, sie sollten so agieren, dass ihr Nutzen (z.B. die Energieaufnahme bei der Nahrungssuche) verglichen mit den Kosten (z.B. der Energieaufwand bei der Nahrungssuche) maximal wird. Das beschert ihnen einen evolutionären Vorteil gegenüber jenen Individuen, die sich suboptimal verhalten und damit auch eine geringere **Fitness** aufweisen.

Unter dem Kosten-Nutzen-Aspekt müssen sich Weibchen somit wählerischer geben, denn im Vergleich zu Männchen, die Sper-

mien millionenfach in geradezu verschwenderischen Massen bilden, ist die Zahl ihrer Eizellen begrenzt. Darüber hinaus wird für die Produktion der großen weiblichen Eizelle, die reich an Nährstoffen ist, sehr viel mehr Biomasse benötigt als für die Spermien – letztere sind kaum mehr als „bewegliche DNA-Schnipsel“. Und je nachdem, ob sich die Männchen anschließend an der Aufzucht der Jungen beteiligen, wird die Diskrepanz beim biologischen Aufwand für den Nachwuchs nach der Befruchtung noch größer. Das Geschlecht mit der biologisch höheren elterlichen Investition wird also seinen Partner äußerst sorgfältig wählen, da es bei einer schlechten Wahl einen größeren Verlust hinnehmen muss (und das gilt nicht immer nur für die Weibchen: Beim Seepferdchen sind es beispielsweise die Männchen, welche die größte biologische Investition betreiben und daher auch den Paarungspartner wählen).

Damit lastet der größere **Selektionsdruck** auf dem Geschlecht, das weniger in die Nachkommen investiert und deshalb potenziell mehr Nachkommen produzieren kann, also in der Regel auf den Männchen. So sind der Pfau oder das Birkhuhn zu Gefieder präsentierenden Kampfhähnen reduziert, die in den Balzarenen um die Gunst der Weibchen werben – diese schauen zu und wählen aus. Im Ergebnis erlangen nur wenige Männchen die gesamte Vaterschaft, der Rest geht leer aus. Insofern sollten auffällige sexuelle Merkmale bei monogamen Arten keine Rolle spielen, ja es sollte sie gar nicht erst geben. Denn bei ausgeglichenem Geschlechterverhältnis sollte schließlich jeder einen, und zwar nur einen Fortpflanzungspartner finden, sodass auch die individuellen Fortpflanzungserfolge recht ausgeglichen wären.

## VERHÄNGNISVOLLE AFFÄREN

90 Prozent aller Vogelarten leben sozial monogam. Das liegt vor allem daran, dass für die Aufzucht der Jungen beide Partner weitaus nötiger sind als bei Säugetieren, bei denen die Mutter den Nachwuchs stillt. So fliegt ein Meisenpärchen vom Morgengrauen bis in die Abenddämmerung fast 500-mal das Nest an, die Schnäbel voller Insekten. In der Endphase der Fütterungszeit, kurz vor dem Flüggewerden der Jungen, fliegen die gestressten Altvögel sogar noch häufiger. Entsprechend abgewirtschaftet kommen sie dann auch daher, erschöpft und mit zerzaustem Gefieder. Für die Wissenschaftler war klar: Soziale, inklusive sexueller **Monogamie** lohnt sich für das Weibchen,

## GENETISCHER VATERSCHAFTSTEST



▲ Innerhalb der DNA-Sequenz eines Organismus befinden sich wiederholende Abschnitte (z.B. „CACACA“). Die Anzahl der Wiederholungen und damit die Länge eines solchen Abschnitts, der als **Mikrosatelliten-Sequenz** bezeichnet wird, variiert sehr stark innerhalb einer Population. Aufgrund dessen erbt ein Individuum meist von jedem Elternteil eine andere Variante. Mit synthetisch hergestellten Oligonukleotidsonden, an die ein Fluoreszenzfarbstoff gekoppelt ist, können solche Mikrosatelliten nachgewiesen werden. Sie werden mittels PCR-Analyse (Polymerase-Kettenreaktion) vervielfältigt und dann durch Kapillarelektrophorese entsprechend ihrer

Länge aufgetrennt. Für jedes Individuum erhält man pro Mikrosatelliten-Region bei homozygoten Individuen einen und bei heterozygoten zwei Peaks, von denen der eine die mütterliche, der andere die väterliche Variante darstellt. Bei einem Vaterschaftstest wird überprüft, ob jedes Allel des Kindes einem Allel des Vaters oder der Mutter zugeordnet werden kann. In der Abbildung sind die Allele von Mutter (a) und Vater (b) dargestellt und darunter die von ihren vier Nestlingen. Während die beiden ersten (c+d) eindeutig vom sozialen Vater abstammen, handelt es sich bei den beiden anderen (e+f) um „außerehelich“ gezeugten Nachwuchs (engl. „extrapair chick“).

weil sie damit sicherstellt, dass sich der Vater um die Jungen kümmert. Denn wer will schon gerne KuckucksKinder groß ziehen? Australische Forscher konnten tatsächlich zeigen, dass Männchen des Gelbbandhoniessers den Nachwuchs umso weniger fütterten, je häufiger ihre Partnerinnen Ziel von Kopulationsversuchen anderer Männchen waren.

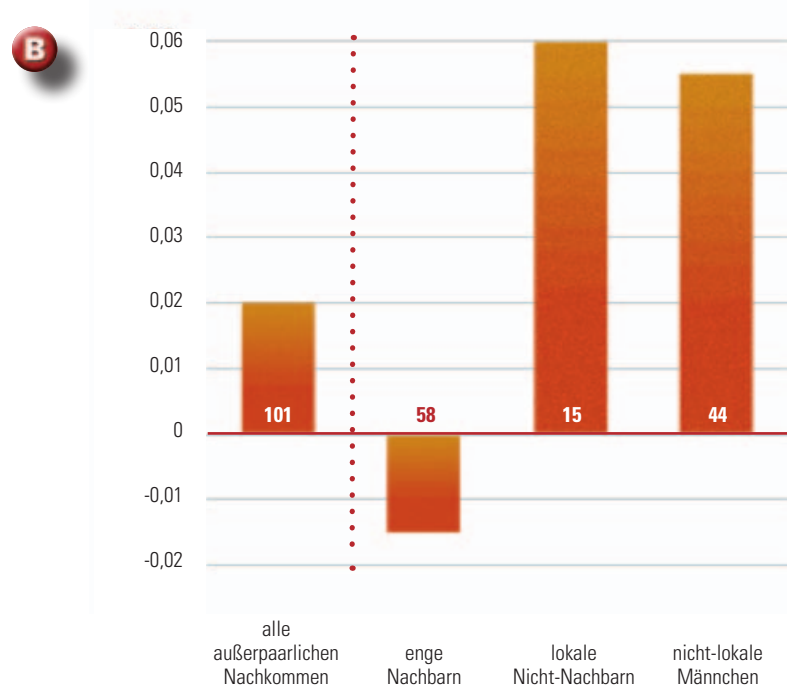
Und trotzdem, der genetische Vaterschaftstest hat es ans Licht gebracht (**Kasten S. 2**): Bei höchstens zehn Prozent der Vogelarten ist sozial monogames Zusammenleben mit monogamer Paarung bzw. Fortpflanzung gleichzusetzen. De facto sind Fremdvaterschaften eher die Regel als die Ausnahme. Zum Fremdgehen gehören aber immer zwei – es sind also nicht nur die Männchen, die es mit der Treue nicht so genau nehmen, auch die Weibchen wagen aktiv den Seitensprung. Ein Befund, der für die Wissenschaft überraschend kam. Denn für die Männchen liegen die Vorteile des Fremdgehens auf der Hand: Sie können die Anzahl ihrer Nachkommen durch Kopulationen mit weiteren Weibchen ohne zusätzlichen Brutpflegeaufwand erhöhen. Doch welche Fortpflanzungsvorteile sollten Weibchen aus Kopulationen mit mehreren Männchen erzielen?

### WÄHLERISCHE WEIBCHEN

Da sich **außerpaarliche Kopulationen** („extrapair copulations“, EPC) normalerweise nicht auf die Gelegegröße auswirken, bleibt die Anzahl der Nachkommen für die Weibchen durch Fremdvaterschaften unverändert. „Weibchen erhalten in der Regel also nicht mehr, sondern allenfalls andere Nachkommen“, sagt Bart Kempenaers, Direktor am Max-Planck-Institut für Ornithologie in Seewiesen. Allerdings könnte die genetische Qualität der Nachkommen einen entscheidenden Einfluss auf deren Überleben und Fortpflanzungserfolg haben. „Wenn sich Männchen in ihrer genetischen Ausstattung unterscheiden, dann sollte es für Weibchen, die mit einem Männchen von relativ schlechter genetischer Qualität verpaart sind, lohnend sein, sich mit qualitativ hochwertigeren Männchen „außerehelich“ zu paaren“, erklärt der Verhaltensbiologe. „Shopping for good genes“ nennen Forscher diese Strategie.

Oft ist die erste Wahl des Brutpartners für die Weibchen nämlich eine Wahl unter Zeitdruck und daher nicht immer die Idealbesetzung: Hauptsache es wurde überhaupt erstmal ein Haus-, sprich Nistkastenbesitzer dingfest gemacht. Entspricht das Männchen

**Unterschied in der Heterozygotie zwischen außer- und innerpaarlich gezeugten Nachkommen**



Nach: Foerster et al., Nature, 2003

▲ Da Blaumeisen in der Regel in dem Territorium bleiben, in dem sie aufgewachsen sind, sind entfernt brütende Männchen mit einem Weibchen immer weniger verwandt als sein sozialer Partner und seine nächsten Nachbarn. Aufgrund dieser genetischen Populationsstruktur können Blaumeisenweibchen sicher sein, dass außerpaarliche Kopulationen mit fremden, nicht lokalen Männchen zu Nachkommen führen, die stärker heterozygot sind als die Jungen des sozialen Partners.

Tatsächlich konnten die Max-Planck-Forscher im Rahmen ihrer Langzeitstudie nachweisen, dass insbesondere jene außerpaarlich gezeugten Jungvögel (44 der insgesamt 101), deren Väter nicht aus der direkten Nachbarschaft der Mutter stammten (Säule ganz rechts), maßgeblich zum Anstieg in der Heterozygotie beigetragen haben, während enge Nachbarn (zweite Säule von links) die Heterozygotie nicht steigern konnten.

dem Qualitätsstandard des Weibchens, oder liegt es sogar darüber, so fügt sich das Weibchen in die durch das Männchen gesetzten Grenzen der Monogamie (um EPCs des eigenen Weibchens zu verhindern, bewachen die Männchen ihre Partnerin regelrecht (engl. „mate guarding“)). Trifft jedoch ein qualitativ hochwertiges Weibchen auf ein Männchen geringerer Qualität, so erhöht das offenbar die Wahrscheinlichkeit, dass das Weibchen fremdgeht.

Kempenaers und seine Mitarbeiter nahmen die Häufigkeit von Weibchen-Besuchen im Territorium eines Männchens als Maß für seine Attraktivität: Je häufiger ein Männchen Damenbesuch erhielt, als umso attraktiver wurde es eingestuft. Es zeigte sich, dass Weibchen, die sozial mit attraktiven Männchen verpaart waren, während ihrer fruchtbaren Zeiten das Territorium des Partners nicht verließen. Weibchen hingegen,

die mit einem unattraktiven Männchen verpaart waren, suchten währenddessen häufig Männchen in Nachbarterritorien auf. In einer weiteren Studie fanden die Forscher auch Hinweise auf eine **Wahl für „gute Gene“**: „Wenn Weibchen fremd gehen, wählen sie jene Nachbarn, die älter und größer sind als ihr sozialer Partner. Denn größere Männchen haben meist einen Konkurrenzvorteil und höheres Alter ist ein Zeichen für gute Überlebensfähigkeit. Beides sind Eigenschaften, die das Männchen wahrscheinlich an seine Nachkommen weitergeben wird“, erklärt Kempenaers.

### BIOLOGIE DES SEITENSPRUNGS

In einer vier Jahre währenden Langzeitstudie an einer Blaumeisenpopulation in Österreich kamen die Forscher dann einer weiteren Motivation zum Fremdgehen auf die Spur: So kann die Paarung verwandter und daher genetisch ähnlicher Partner nachteilige Aus-





▲ Ein Purpurkopf-Staffelschwanzmännchen, das als absolut treu gilt.

wirkungen haben. Aufgrund ihrer geringen **Heterozygotität** (dem Vorkommen von zwei verschiedenen Allelen an einem Gen) besitzen die Nachkommen aus Inzucht oft eine geringere Überlebens- und Fortpflanzungschance. „Weibchen sollten daher auch nach Partnern suchen, die ihnen genetisch nicht ähnlich sind“, sagt Kempenaers. Und genau das taten die österreichischen Blaumeisen: Die aus Seitensprüngen hervorgegangenen Jungen wiesen eine größere individuelle genetische Vielfalt auf als ihre vom sozialen Vater gezeugten Halbgeschwister. Denn Liebhaber aus weiter entfernten Revieren sind weniger verwandt mit den Weibchen als die Männchen aus dem eigenen Revier bzw. der unmittelbaren Nachbarschaft (**Abb. B**). Mehr noch: Die stärker heterozygoten Jungvögel überlebten auch öfter den ersten Winter. Sie waren erfolgreicher bei der Jungenaufzucht und produzierten mehr überlebende Nachkommen. Kurz: Sie waren einfach fitter.

Wenn man bedenkt, dass von einer im Durchschnitt elfköpfigen Blaumeisenbrut meist nur ein oder zwei Jungvögel den nächsten Frühling erleben, dann wird offenkundig, was für eine wichtige Rolle derartige Verhaltensstrategien zur Maximierung des Fortpflanzungserfolgs spielen. In der Evolution zählt einzig der gesunde Nachwuchs: „Nicht Überleben ist das primäre Ziel, sondern sich fortzupflanzen“, betont Kempenaers.

**Weibchenwahl** (engl. „female choice“) wird also weitaus aktiver ausgeübt, als Darwin es sich vorzustellen vermochte. Und unter diesem Aspekt wird ersichtlich, warum es auch bei sozial monogamen Arten zu auffälligen Merkmalsausprägungen wie einem aufwen-

digen Balzgesang oder einer bunten Gefiederfärbung kommen kann – irgendwie muss man sich ja von der Konkurrenz abheben. Wer dagegen sein Leben lang treu bleibt, kann auf solch kostspielige Anschaffungen verzichten.

Ein schönes Beispiel dafür fand das Team um Anne Peters vom Max-Planck-Institut für Ornithologie in Radolfzell in der Wildnis Australiens: Im Gegensatz zu allen bisher untersuchten Staffelschwanzarten, die für ihre

Untreue geradezu berüchtigt sind, gibt es bei Purpurkopf-Staffelschwänzen so gut wie keine außerehelichen Vaterschaften. Während sich ihre promiskuitiven Verwandten zur Brutzeit in ein buntes Federkleid mausern, bekommen die Purpurkopf-Staffelschwänze nur ein paar bunte Federn (**Abb. C**). Und während die Casanovas bei der Partnerwerbung Blütenblätter präsentieren, konnten die Freilandforscher in über 300 Beobachtungsstunden ein solches Verhalten bei den treuen Gatten der Purpurkopf-Staffelschwänze nicht beobachten. „Die nahe Verwandtschaft dieser Arten impliziert, dass diese Anpassungen in nur einem Ereignis im Artbildungsprozess verloren gegangen sind“, sagt Anne Peters. Offenbar können sich Paarungssysteme in der Entwicklungsgeschichte also viel schneller ändern, als bisher angenommen.

## ZWISCHEN TRUG UND TREUE

Und was uns Menschen anbelangt – heute, 150 Jahre nach Charles Darwin weiß man, dass die Wertschätzung menschlicher Schönheit und damit auch die Partnerwahl starke biologische Wurzeln haben. Erst im Zeitalter der Industrialisierung verbreitete sich soziale Monogamie in westlichen Kulturen immer stärker. Das lag vor allem daran, dass die Ernährung der Familie schwieriger wurde und soziale **Polygamie** für Männer immer weniger vorteilhaft. Doch der Gleichklang von sozialer und sexueller Monogamie mit der ersten Partner-Findung bleibt die Ausnahme. Sein biologisches Erbe treibt den Mann zum Seitensprung, die Frau zur Suche nach dem besten Vater und Versorger für ihre Kinder. Je nach Umfeld kann der Mensch augenscheinlich zwischen monogamer und polygamer

Paarungsstrategie wechseln. Er ist nur unter bestimmten ökologisch-ökonomischen sowie gesellschaftlich-kulturellen Bedingungen zur Monogamie bereit. Allerdings gibt es Hinweise, dass neuronale und hormonale Mechanismen die Monogamie biologisch stützen: Menschen brauchen demnach starke Bindungen – ein Prozess, der durch Glücksgefühle gefördert wird. Liebeshormone wie Oxytocin und Vasopressin verbinden sexuelle Zufriedenheit mit Paarbindung.

## DARWIN'S DILEMMA

Charles Darwin blieb Zeit seines Lebens mit seiner Ehefrau Emma zusammen. Sie hatten gemeinsam zehn Kinder, von denen jedoch drei noch im Kindesalter starben. Drei weitere Sprösslinge blieben, obwohl lange verheiratet, selbst ohne Nachkommen. Ist möglicherweise ausgerechnet Darwins Familie ein Beispiel für die Folgen von Inzucht unter Menschen? Immerhin war Emma Wedgwood eine Cousine ersten Grades. Forscher der Ohio State University haben jüngst den Stammbaum der Familie über mehrere Generationen analysiert und mit einem Computerprogramm den sogenannten Inzucht-Koeffizienten berechnet, welcher die Wahrscheinlichkeit angibt, dass ein Individuum zwei identische Kopien eines Gens als Folge einer Heirat unter Verwandten trägt. Die Analyse ergab, dass bei Darwins Kindern tatsächlich mit negativen gesundheitlichen Folgen wie Unfruchtbarkeit und einem erhöhten Risiko für manche Erkrankungen zu rechnen war. Insofern wären die Untersuchungen der Max-Planck-Forscher an Blaumeisen auch für Darwin interessant gewesen. Zum Thema Promiskuität hat sich der Forscher in seinen Arbeiten allerdings nie geäußert – im viktorianischen England war man dafür zu prüde.

**Schlagwörter:** natürliche/sexuelle Selektion, Fitness, Selektionsdruck, Monogamie, Polygamie, Mikrosatelliten-Analyse, außerpaarliche Kopulation, Gute-Gene-Wahl, Heterozygotität, Weibchenwahl

**Lesetipps:** Matthias Glaubrecht, Seitensprünge der Evolution, Hirzel Stuttgart, 2005; William F. Allman, Mammutjäger in der Metro, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1996

**Internet-Tipps:**

[www.fsbio-hannover.de/oftheweek/288.htm](http://www.fsbio-hannover.de/oftheweek/288.htm)

**WWW.MAXWISSEN.DE**

– der Link zur Forschung für Schüler und Lehrer

Hier finden Sie Hintergrundinformationen und didaktisches Material zu den jeweils zweimal im Jahr erscheinenden Ausgaben von BIOMAX, GEOMAX und TECHMAX. Weitere Exemplare können Sie kostenlos bestellen unter: [www.maxwissen.de/heftbestellung](http://www.maxwissen.de/heftbestellung)