

**MONIKA NIEHAUS
MICHAEL WINK**



**WARUM KOPFLOSE
MÄNNCHEN DIE
BESSEREN
LIEBHABER SIND**

**Sex und Fortpflanzung
im Tierreich**

HIRZEL

Zu dem Band

»DIE PSYCHOTROJANER«

von Monika Niehaus und Andrea Pfuhl

»Anschaulich, spannend und mit
überraschenden Pointen geschmückt...«

ekz.bibliotheksservice

»Wem empfehlen wir jetzt das Buch? Machen wir es anders: Wem empfehlen wir es nicht? Hypochondern. Alle anderen erwartet hier eine uneingeschränkt anregende, lehrreiche und spannende Lektüre, mit dem Potential, dem Staunen über die lebendige Welt – und sich selbst darin – noch einmal eine neue Dimension hinzuzufügen.« umweltschutz-schweiz.ch

Zu dem Band

**»WIE MAN MÄNNER IN SCHWEINE
VERWANDELT UND WIE MAN SICH
VOR SOLCH ÜBLEN TRICKS SCHÜTZT«**

von Monika Niehaus und Michael Wink

»Monika Niehaus und Michael Wink unternehmen eine vergnügliche Reise durch die naturwissenschaftliche Erkenntnissuche, von antiken Mythen über mittelalterliche Drogenexzesse bis in die Welt des Comics.« FAZ

Monika Niehaus/Michael Wink

Warum kopflose Männchen die besseren Liebhaber sind

Monika Niehaus/Michael Wink

**Warum kopflose
Männchen die besseren
Liebhaber sind**

Sex und Fortpflanzung
im Tierreich

HIRZEL

** Aus stilistischen Gründen stehen allgemeine Ausdrücke wie die Personalpronomen »er« und »sie« immer für Frauen, Männer und andere. Das grammatische Geschlecht spiegelt nicht das biologische oder soziale wider.*

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <https://portal.dnb.de> abrufbar.

Jede Verwertung des Werkes außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Übersetzungen, Nachdruck, Mikroverfilmung oder vergleichbare Verfahren sowie für die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen.

1. Auflage 2024

ISBN 978-3-7776-3384-8 (Print)

ISBN 978-3-7776-3562-0 (E-Book, epub)

© 2024 S. Hirzel Verlag GmbH

Maybachstraße 8, 70469 Stuttgart

Printed in Germany

Lektorat: Angela Meder, Stuttgart

Umschlaggestaltung: semper smile, München

Umschlagmotiv: © Shutterstock/bc21

Satz: abavo GmbH, Buchloe

Druck und Bindung: Drukarnia dimograf,

Białsko-Biala

www.hirzel.de



Inhalt

Sex und Gender: eine Vorbemerkung in eigener Sache	7
Vorwort	9
Sex und Fortpflanzung:	
Alles, was evolutionär Erfolg hat, setzt sich durch	9
Die großen Fragen	11
Zwei Geschlechter oder	
warum »Sex sells« auch in der Evolution gilt	14
Aus eins mach zwei, ganz ohne Sex.....	14
Besser klappt's im Team: Männchen und Weibchen	16
Warum sind nicht alle Tiere Zwitter?	32
Weibchen allein tun's auch:	
Jungfernzeugung (Parthenogenese)	34
Wie das Leben so spielt.....	37
Paarungssysteme: wer mit wem und wie vielen?	53
Alles im Angebot: von häufigem Partnerwechsel bis zur festen	
Paarbindung	54
Partnersuche: Cherchez la femme (meistens jedenfalls).....	60
Damenwahl und das Handicap-Prinzip.....	63
Wie das Leben so spielt.....	67
Die Vaterschaft sichern: Spermienkonkurrenz	107
Woran erkennt ein Männchen ein empfängnisbereites	
Weibchen?	107
Wie das Leben so spielt.....	112
Interessenkonflikt der Geschlechter	126
Wie das Leben so spielt	126
Sex bizarre	162
Kraken: Ein Penis geht auf Reisen.....	162
Spermiencocktail gefällig, meine Liebe?	164

Von falschen Eiern und eingeschmuggelten Spermien:	
Maulbrüter	164
Wenn Weibchen aufreiten und Männchen penetriert werden:	
Staubläuse	165
Wolbachia, das Herodesbakterium	168
Toxoplasma und die fatale Anziehungskraft von Katzenurin	169
Glühwürmchen: Vorsicht, Sexfalle!	171
Epilog: Der Coolidge-Effekt oder der Reiz des Seitensprungs	174
Danksagung	177
Glossar	179
Literatur	195
Anmerkungen	209
Register	229

Sex und Gender:

eine Vorbemerkung in eigener Sache

Wir sind beide Biologen. Wenn wir über Geschlechter im Tierreich schreiben, dann meinen wir das biologische Geschlecht und verwenden den englischen Begriff **Sex**.

Ganz allgemein nennen Biologen das Geschlecht, das Spermien produziert, das männliche, und das andere Geschlecht, das Eizellen erzeugt, das weibliche. Was Wirbeltiere angeht, so sind rund 99 Prozent aller Arten getrenntgeschlechtlich: Es gibt also Männchen und Weibchen. Bei Säugetieren, zu denen auch der Mensch gehört, zeichnen sich die Spermien produzierenden Männchen durch die Geschlechtschromosomen-Kombination XY aus, die Eizellen erzeugenden Weibchen durch XX. Und aus der Verbindung von einem Spermium mit einer Eizelle kann neues Leben entstehen.

Mehr Geschlechter als diese beiden kennt die Biologie nicht. Zwitter, wie sie bei Fischen vorkommen, oder Intersexe beim Menschen (ein Fall auf 20000 Geburten), die durch seltene Chromosomenabweichungen oder auch durch Entwicklungsstörungen entstehen können, weisen männliche wie weibliche Merkmale auf. Sie stellen kein drittes Geschlecht dar, wie die Biologin und Nobelpreisträgerin Christiane Nüsslein-Volhard in einem Interview kürzlich betonte.

Innerhalb eines Geschlechts kann es eine hohe Vielzahl von Ausprägungen geben, die unter anderem auf Chromosomen-Aberratio-

nen, hormonelle Einflüsse und Umweltfaktoren zurückgehen. Beim Menschen kommen weitere soziobiologische und kulturelle Faktoren hinzu, die das Erleben der eigenen Geschlechtsidentität beeinflussen; wenn dieser Aspekt im Vordergrund steht, spricht man vom »sozialen Geschlecht« oder nach dem englischen Begriff von *Gender*. Das soziale Geschlecht ist im Unterschied zum biologischen Geschlecht nicht binär, sondern vielfältig – divers¹.

So veränderlich die äußere Erscheinung eines Lebewesens, die Biologen als Phänotyp bezeichnen, auch sein kann, der Genotyp eines Individuums ist unveränderbar – so kann bei Säugern aus XX niemals XY werden und umgekehrt. Um es noch einmal zu betonen und Missverständnissen vorzubeugen: In diesem Buch geht es ausschließlich um das *biologische* Geschlecht (Sex), das bei den allermeisten Tieren von Geburt an festliegt, und um die Fortpflanzung in ihrer schier unendlichen Vielfalt.

Vorwort

Sex und Fortpflanzung: Alles, was evolutionär Erfolg hat, setzt sich durch

Sex und Fortpflanzung im Tierreich – zu dem biologisch auch der Mensch gehört – sind ein schier unerschöpfliches Thema, denn es gibt auf diesem Gebiet mit unüberschaubarer Vielfalt wirklich nichts, was es nicht gibt: von Kamasutra (Bonobos) bis Kamikaze (Spinnenmännchen) ist wirklich alles dabei. Wussten Sie, dass manche Tiere vom Küssen tatsächlich schwanger werden können? Oder durch Trinken eines Spermiencocktails? Oder dass sich vorgeburtlicher Sex durchaus lohnen kann?

Kein Zitat in der Biologie ist wohl so berühmt wie der Ausspruch von Theodosius Dobzhansky (1900–1975): »Nichts in der Biologie ergibt Sinn außer im Licht der Evolution.« Wie bizarr manche Fortpflanzungsweisen uns auch erscheinen mögen – die Evolution kennt bei Sex und Fortpflanzung keinerlei menschliche Moral, sondern nur eine einzige Währung: möglichst viele fitte Nachkommen, die die elterlichen Gene weiterverbreiten. Dabei kommt es nicht nur auf die Anzahl, sondern auch auf die Qualität (*Fitness*) der Nachkommen an.

Die Evolutionsbiologie, die 1859 von dem englischen Naturforscher Charles Darwin mit der Publikation der »Origin of Species« begründet wurde, ist vor allem eine historische Wissenschaft. Wie die Astro-

nomie, die den Beginn des Universums erforscht, können Evolutionsbiologen in der Regel keine Experimente machen, um die Richtigkeit ihrer Hypothesen zu belegen – sie müssen sich auf Beobachtungen, Plausibilität und ihr biologisches Fachwissen verlassen.

Darwin hatte erkannt, dass alle Organismen auf gemeinsame Vorfahren zurückgehen, mit denen sie eine gemeinsame Stammesgeschichte (Phylogenie) teilen. Er hatte auch den Mechanismus entdeckt, durch den evolutionäre Veränderungen (also neue Arten entstehen) zustande kommen, die natürliche Selektion. Sie sorgt dafür, dass in einer Population diejenigen Individuen überleben und sich fortpflanzen, die am besten an die Umweltbedingungen angepasst sind².

Dabei lautet die Frage stets: Warum könnte dieses oder jenes Merkmal beziehungsweise System von der natürlichen Selektion gefördert worden sein? Worin liegt sein Vorteil? Viele anatomische, physiologische und verhaltensbiologische Merkmale sind optimierte Anpassungen an bestimmte Lebensumstände und dienen dazu, den Fortpflanzungserfolg des jeweiligen Geschlechts zu steigern. Man könnte auf den ersten Blick von einem gezielten, also teleologischen Prozess ausgehen, der zu einer spezifischen Anpasstheit führte. Die natürliche Selektion hat jedoch kein vorgegebenes Ziel; wie Justitia ist sie blind und lässt die Individuen überleben, die mit den herrschenden Lebensbedingungen am besten zurechtkommen.

Damit die natürliche Selektion auswählen kann, braucht es genetische Variabilität. Wären alle Individuen gleich, gäbe es keine Auswahl. Doch woher kommt die genetische Variabilität? Dafür gibt es zwei Ursprünge: Mutationen und Sex. Mutationen im Erbgut, also in der DNA, erfolgen zufällig; viele sind neutral, manche positiv, andere negativ. Sie sorgen bei den Organismen mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung und großer Individuenzahl für die notwendige Variabilität. Noch mehr Variabilität wird durch eine zweigeschlechtliche Fortpflanzung erreicht, durch die bereits vorhandene Gene zweier Individuen neu kombiniert werden. Bei der Reifeteilung

(Meiose) der Geschlechtszellen erhöht die Rekombination die genetische Variabilität (siehe Seite 20 ff.). Rekombination findet auch bei der eingeschlechtlichen Fortpflanzung statt; bei einer echten Parthenogenese (siehe Glossar), bei der die Jungen aus unbefruchteten Eizellen schlüpfen, kommen zwar keine neuen Gene hinzu, jedoch führt eine Neuordnung mütterlicher Gene bei der Reifeteilung zu genetisch unterschiedlichen Nachkommen (siehe Glossar).

Festzuhalten bleibt, dass die Evolution keinem Masterplan folgt. Welche Merkmale variabel sind und selektiert werden, unterliegt dem Zufallsprinzip, der Lotterie des Lebens. Meist existiert zudem nicht nur eine einzige evolutionäre Lösung für ein Problem, sondern mehrere. Für die Evolution von Fortpflanzungssystemen und -strategien gab es offenbar zahlreiche, höchst verschiedene und manchmal bizarre Optionen. Darum geht es in diesem Buch.

Aber nicht nur Fortpflanzungssysteme machen eine Evolution durch, sondern auch wissenschaftliche Erkenntnisse und Perspektiven verändern sich. Und manches, was wir Ihnen als Erklärung für Geschlechtswandel, flexible Paarungssysteme und extreme Fortpflanzungsverhaltensweisen präsentieren, ließe sich auch anders deuten. Autoren (und sicher auch wir) neigen zur Vereinfachung und Verallgemeinerung. Zudem ist eine Prise Subjektivität immer dabei, wenn man die Angepasstheit oder die Funktion eines Merkmals zu erklären versucht. Aber das macht die Sache ja gerade interessant. Denken Sie einfach mit und ziehen Sie Ihre eigenen Schlüsse aus den geschilderten Fakten.

Die großen Fragen

Wer über Sex im Tierreich schreibt, braucht ob der unglaublichen Vielfalt der Natur viel Mut zur Lücke, denn es gibt rund 1,6 Millionen Tierarten und damit schier unzählige Möglichkeiten zur Variation des Grundthemas Sex und Fortpflanzung. Dabei denken die meisten Leser bei Tieren sicherlich vor allem an Säugetiere, Vögel, Reptilien und Amphibien. Diese drei Gruppen umfassen jedoch nur

rund 35 000 Arten, eine recht kleine Zahl, wenn man die übrigen 1,6 Millionen Arten von vorwiegend wirbellosen Tieren betrachtet. Wir wollen uns in diesem Buch in verständlicher Form auf einige grundsätzliche Antworten beschränken und diese mit anschaulichen, interessanten Beispielen und aktuellen Erkenntnissen nicht nur von Wirbeltieren, sondern auch von Wirbellosen illustrieren, die bei Fragen zur sexuellen Selektion manchmal vernachlässigt wurden.

- Warum gibt es im Tierreich zwei Geschlechter?
- Warum gibt es Sex, wenn man sich doch auch ungeschlechtlich fortpflanzen kann?
- Warum sind beide Geschlechter in der Regel in Männchen und Weibchen getrennt, wo es Zwitter rein rechnerisch doch auf doppelt so viele Nachkommen bringen können?
- Warum ist eingeschlechtliche Fortpflanzung (Jungferzeugung) relativ selten? Das heißt: Wann sind Männchen verzichtbar?

Männchen und Weibchen müssen zwar an einem Strang ziehen, wenn sie erfolgreich Nachwuchs produzieren wollen, investieren aber häufig ganz unterschiedlich viel Energie in dieses Joint Venture, denn es geht darum, die eigene Fitness zu maximieren. Generell gilt, dass langlebige Arten weniger Energie in den jährlichen Reproduktionsaufwand investieren als kurzlebige Arten, die alles auf eine Karte setzen müssen. Die Gesamtzahl aller Nachkommen eines Individuums wird als Lebens-Fortpflanzungserfolg (lifetime reproductive success) bezeichnet. Bei sehr vielen Arten treffen sich Männchen und Weibchen lediglich zur Paarung; danach gehen die Männchen wieder ihre eigenen Wege. Aber es gibt auch Sozialsysteme, in denen Männchen und Weibchen Paare bilden, die sich bei der Aufzucht des gemeinsamen Nachwuchses gegenseitig unterstützen.

Obwohl beide Geschlechter das gleiche Ziel haben, stellt sich für sie die Frage:

- Wie verteilen sich die Kosten (Betreuung des Nachwuchses) für den Fortpflanzungserfolg auf die beiden Geschlechter?

Die Antwort auf diese Frage hängt eng mit dem jeweiligen Paarungs- und Fortpflanzungssystem zusammen: äußere oder innere Befruchtung? Polygamie oder Monogamie? Matriarchat oder Patriarchat? Ein wichtiger Punkt dabei ist, dass sich die Weibchen ihrer Mutterschaft sicher sein können, die Männchen der meisten Arten hingegen ihrer Vaterschaft nicht³. Aus der unsicheren Vaterschaft ergeben sich etliche Konflikte zwischen den Geschlechtern, die wir erörtern werden.

Und daran schließt sich eine Doppelfrage an:

- Wann lohnt es sich für den Fortpflanzungserfolg, das Geschlecht zu wechseln? Einige meereslebende Fischarten tun dies ganz routiniert und mit großem Erfolg – warum aber nicht auch andere Wirbeltiere wie Säugetiere und Vögel?

Den Abschluss bilden einige Storys über ausgefallenes sexuelles Verhalten, die einfach zu gut sind, um nicht erzählt zu werden – schüchterne Galans, die ihren Penis allein zum Rendezvous schicken, Penisträgerinnen, die Männchen penetrieren, parasitische Strippenzieher, die das Geschlecht ihrer Wirte manipulieren, und einiges mehr ...

Da sich bei all den Irrungen und Wirrungen der Fortpflanzung Fachausdrücke nicht vermeiden lassen – und auch, weil Biologen ihre Fachausdrücke *lieben* –, schließt sich ein ausführliches Glossar an. Zu vielen Themen hatten wir noch weiterführende Informationen, die wir in den »Anmerkungen« dokumentiert haben.

Bei unserem kleinen Streifzug durch die vielfältigen Fortpflanzungsstrategien im Tierreich⁴ wünschen wir Ihnen eine ebenso interessante wie unterhaltsame Lektüre.

Monika Niehaus, Düsseldorf

Michael Wink, Dossenheim,

im Frühjahr 2024

Zwei Geschlechter

oder warum »Sex sells« auch in der Evolution gilt

Der kürzlich verstorbene amerikanische Philosoph Daniel Dennett eröffnete einen Vortrag in Heidelberg mit dem Bild eines Bullen und stellte dazu eine provokante Frage: Was ist das Ziel des Lebens? Würden wir den Bullen fragen, so würde er sicher antworten: mehr Rindviecher produzieren. Damit betonte Dennett die Bedeutung der Fortpflanzung als dominantes Thema für Leben und Evolution. Alle Organismen sind mit einem ausgeprägten angeborenen Fortpflanzungstrieb ausgestattet, der dafür sorgt, dass sich die Geschlechter finden und Nachwuchs produzieren, denn wer seine Gene weitergeben will, muss sich fortpflanzen. Aus Sicht der Evolution ist dies das Ziel des Lebens, ganz gleich, ob für Tier oder Mensch.

Aus eins mach zwei, ganz ohne Sex

Wir wissen, dass alle heute lebenden Organismen sich aus Vorläuferarten ableiten und bis zur ersten Zelle in einer kontinuierlichen Lebenslinie stehen, dem Stammbaum des Lebens. Zellen bilden die Grundbausteine des Lebens. Seit Entstehung der »Urzelle« vor rund 3,6 Milliarden Jahren sind alle heute lebenden Zellen ausschließlich durch Teilung entstanden. Dies ist ein grundlegendes Lebensprinzip, das für Einzeller, aber auch für Mehrzeller gilt, von der Qualle über den Schmetterling bis zum Menschen. Auf den deutschen Arzt



Wenn man einen Bullen nach dem Sinn des Lebens fragen würde, würde er antworten: »Mehr Rindviecher produzieren.« (Foto: Usien, Wikimedia Commons)

Rudolf Virchow (1821–1902) geht das entsprechende Postulat »Jede Zelle entsteht aus einer Zelle« zurück, das bis heute Bestand hat. Ob die Urzelle auf der Erde entstand oder durch Meteoriten von einem anderen belebten Planeten im Universum zu uns kam (wofür einiges spricht), ist wissenschaftlich eine offene Frage.

Das Prinzip der einfachen Zellteilung gilt auch für die ungeschlechtliche Fortpflanzung. Am simpelsten geht dies nach Amöbenart: Hat eine Amöbe⁵, die nur aus einer einzigen Zelle besteht, eine bestimmte Größe erreicht, verdoppelt sie ihre Zellorganellen wie den Zellkern und schnürt sich anschließend in der Mitte durch. Jetzt gibt es zwei genetisch identische Kopien von ihr, wenn auch in etwas kleinerer Ausführung – aus eins mach zwei, ganz ohne Sex.

Dieses einfache ursprüngliche Prinzip funktioniert – nicht nur bei Amöben, die schon seit vielen Hundert Millionen Jahren existieren, sondern auch bei den in allen Lebensräumen heimischen Bakterien, die bereits seit 3,6 Milliarden Jahren die Erde besiedeln. Die

ungeschlechtliche Vermehrung spart Zeit und Mühen der Partnersuche und produziert in der Regel Nachwuchs, der dem Ausgangsindividuum zu 100 Prozent gleicht, während bei Tieren mit geschlechtlicher Fortpflanzung jeder Partner nur die Hälfte seiner eigenen Gene weitergeben kann. Während die Populationsentwicklung bei asexueller Fortpflanzung gewöhnlich sehr schnell verläuft, ist sie bei sexueller Vermehrung deutlich langsamer. Der Vorteil einer höheren genetischen Vielfalt bei der geschlechtlichen Fortpflanzung kann bei Organismen mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung dadurch ausgeglichen werden, dass sie zahlenmäßig deutlich größere Populationen bilden. Dort entsteht genetische Variation durch Gen- und Genommutationen, an denen die natürliche Selektion ansetzen kann. So sind Anpassungen an sich verändernde Umweltbedingungen möglich.

Besser klappt's im Team: Männchen und Weibchen

Die allermeisten Vielzeller haben im Lauf ihrer Evolution zwei Geschlechter entwickelt – ein Geschlecht, das relativ wenige, große und unbewegliche Geschlechtszellen erzeugt, und ein zweites Geschlecht, das zahlreiche kleine, bewegliche Geschlechtszellen produziert: Das erste Geschlecht bezeichnen wir als weiblich und die Geschlechtszellen als Eizellen oder Eier, das zweite als männlich und die Geschlechtszellen als Samenzellen oder Spermien. Damit es zur Fortpflanzung kommt, müssen Ei- und Samenzellen zueinanderfinden; bei ihrer Verschmelzung entsteht eine befruchtete Eizelle, aus der sich dann ein Embryo entwickelt – dazu müssen aber zunächst Männchen und Weibchen zusammenfinden und Sex haben (geschlechtliche oder bisexuelle Fortpflanzung).

Mehr als 99 Prozent aller heute lebenden Tierarten pflanzen sich geschlechtlich fort; nur ein kleiner Bruchteil (rund 0,2 Prozent) setzt auf ungeschlechtliche Vermehrung⁶. Wenn in der Evolution der Weg zur zweigeschlechtlichen Fortpflanzung eingeschlagen wurde, wurde er nur ausnahmsweise wieder aufgegeben oder abgewandelt

(zum Beispiel durch eingeschlechtliche Fortpflanzung). Die sexuelle Fortpflanzung hat jedoch ihren Preis – mit ihr kommt der Tod ins Spiel. Amöben, die sich ungeschlechtlich teilen, sind genetisch identisch (Klone) und damit potenziell unsterblich, denn sie teilen sich einfach immer weiter. Organismen, die sich sexuell fortpflanzen, bringen hingegen Nachkommen hervor, die anders sind als sie selbst; ihre Existenz beschränkt sich auf die eigene Lebenszeit – sie sind sterblich.

Geschlechtsbestimmung: Gene und Umwelt

Die zweigeschlechtliche Fortpflanzung ist offenbar ein Erfolgsrezept der Evolution, aber wie funktioniert sie in der Praxis? Was entscheidet eigentlich über das Geschlecht, mit dem ein Tier geboren wird?

Die Frage ist gar nicht so leicht zu beantworten, aber im Prinzip gibt es drei Möglichkeiten: Entweder sind es Umweltfaktoren oder das Geschlecht wird genetisch bestimmt – oder beides wird kombiniert. Das gilt ganz allgemein sowohl für Wirbeltiere als auch für Wirbellose.

Geschlechtsbestimmung bei Wirbeltieren: eine knifflige Angelegenheit

Wie bereits erwähnt, gibt es bei den allermeisten Wirbeltieren – darunter sämtliche Säuger und Vögel⁷ – zwei getrennte Geschlechter, die lebenslang konstant bleiben. Vögel wie Säuger stammen von gemeinsamen Reptilienvorfahren ab. Bei Säugern, wie beim Menschen, wird das Geschlecht von den Geschlechtschromosomen (Gonosomen) X und Y – XX im weiblichen und XY im männlichen Geschlecht – bestimmt⁸. Das X-Chromosom⁹ wurde bereits 1899 entdeckt. Da man seine Funktion nicht kannte, nannte man es den X-Faktor. Als das kleinere Y-Chromosom¹⁰ Mitte des 20. Jahrhunderts entdeckt wurde, nahm man den nächsten Buchstaben im Alphabet, also Y.

Unsere Reptilienvorfahren hatten noch keine Geschlechtschromosomen; X und Y waren nur ein gewöhnliches Chromosomenpaar, bis das männlichkeitsbestimmende Gen SRY/Sry (*sex determining region of Y chromosome*) vor rund 200 Millionen Jahren auf dem Y-Chromosom landete. Daraufhin begann das Y-Chromosom diejenigen Gene, die es mit dem X-Chromosom gemeinsam hatte, peu à peu zu entsorgen, bis es im Vergleich zu früher nur noch ein Winzling war. Das Individuum, das dieses Gen besitzt, wird ein Männchen. Über das SRY-Gen werden nicht nur Gene auf dem Y-Chromosom, sondern auch auf den Nicht-Geschlechtschromosomen, den Autosomen, reguliert.

Zum Überleben braucht man das Y-Chromosom definitiv nicht – immerhin kommt die Hälfte einer Population »ohne« aus: Man nennt diese Hälfte Weibchen oder Frauen.

Das XY-System leitet sich von einem normalen Chromosomenpaar (Autosomen) unserer Reptilienvorfahren ab, die keine Geschlechtschromosomen besaßen, sondern ihr Geschlecht von der Temperatur bestimmen ließen, bei der die Eier ausgebrütet wurden. Bei höheren Bebrütungstemperaturen entstehen vor allem Weibchen, bei niedrigen Männchen. Bis heute weisen die meisten urtümlichen Reptilien, zum Beispiel Krokodile, Brückenechsen und die Mehrzahl der Schildkröten, keine Geschlechtschromosomen auf.

Bei den Vögeln heißen die Geschlechtschromosomen W und Z, und die Weibchen haben zwei unterschiedliche Gonosomen (ZW), die Männchen zwei gleiche (ZZ)^{11, 12}. Dieses ZW-System leitet sich von einem anderen Autosomenpaar unserer Reptilienvorfahren ab. Ein ZZ/ZW-System gibt es auch bei Schmetterlingen, Schnecken, selten bei Reptilien und Fischen.

Bei Säugern reicht ein einziges (Y-)Chromosom aus, um ein Männchen zu schaffen, warum brauchen Vogel Männchen zwei gleiche Z-Chromosomen? Nun, bei Säugern ist die Grundeinstellung weiblich – ohne männlichkeitsbestimmendes SRY-Gen (siehe oben)

entsteht ein Weibchen. Nur wenn SRY aktiv ist, entwickeln sich männliche Geschlechtsorgane. Bei Vögeln ist es anders, da entscheidet die Dosis des Sexgens DMRT1 über das Geschlecht. Vogelembryonen, die lediglich eine einzige Dosis erhalten, werden zu Weibchen; nur die doppelte Dosis, also zwei Kopien des Gens, führen zu einem Männchen.

Bei Amphibien kommen stets Geschlechtschromosomen (XX/XY; ZZ/ZW) vor. Auch bei den meisten Fischen wird das Geschlecht genetisch determiniert (XX/XY und ZZ/ZW). Eine Geschlechtsbestimmung über Merkmale des Lebensraums (*environmental sex determination*, ESD), wie sozialer Status, Temperatur, Nahrungsangebot usw., kommt jedoch ebenfalls vor. Fischgruppen, deren Geschlechtsbestimmung über solche umweltbezogenen Faktoren läuft, haben meist keine Geschlechtschromosomen. Aber selbst dann, wenn das Geschlecht genetisch determiniert ist, muss es nicht von spezialisierten Geschlechtschromosomen abhängen, sondern die Gene, die für die Geschlechtsbestimmung eine Rolle spielen, können sich über das ganze Genom verteilen. Eine solche polygenetische Geschlechtsbestimmung ist ebenfalls bei manchen Fischarten verbreitet. Fische haben unter den Wirbeltieren eindeutig das breiteste und bunteste Spektrum von Geschlechtsbestimmungs- und Paarungssystemen (siehe Seite 88 ff.).

Geschlechtsbestimmung bei Wirbellosen: eine schier unüberschaubare Vielfalt

Wirbeltiere bilden jedoch nur einen winzigen Ausschnitt unter den bekannten 1,5 Millionen (geschätzt sind es acht Millionen) Tierarten auf der Erde – die allermeisten Tierarten gehören zu den Wirbellosen. Und ihre Geschlechtsbestimmung ist ebenso vielfältig wie komplex. Neben genetischen Faktoren (Geschlechtschromosomen, polygenetische Geschlechtsbestimmung) sowie umweltbedingten Faktoren (Temperatur, Photoperiode, Populationsdichte etc.) oder einer Mischung aus beidem gibt es bei Wirbellosen Systeme, bei

denen das Geschlecht von der Anzahl der Chromosomensätze abhängt (XX/XO-System), das väterliche Genom inaktiviert wird, das Geschlecht gar von intrazellulären Parasiten wie *Wolbachia* bestimmt wird ... lassen wir es dabei. Bei vielen Gliederfüßern wie Insekten, Spinnen- und Krebstieren (Arthropoden) fehlen Sex-Chromosomen; bei Ameisen, Bienen, Wespen und Rädertierchen entstehen aus unbefruchteten Eiern Männchen, aus befruchteten Weibchen.

Männchen ohne genetische Mutter: Feuerameisen

Die wohl bizarrste Form der Geschlechtsbestimmung findet sich bei der Kleinen Feuerameise (*Wasmannia auropunctata*). Bei dieser Art werden die Königinnen parthenogenetisch erzeugt, haben also keinen Vater. Männchen entstehen hingegen aus befruchteten Eiern (was bei Ameisen ungewöhnlich ist), aber solchen, bei denen das genetische Material des Weibchens durch einen genetischen Mechanismus in der befruchteten Eizelle entfernt wird. Daher haben Männchen keine genetische Mutter, sondern nur einen Vater. Die sterilen Arbeiterinnen schlüpfen aus befruchteten Eiern, in denen das genetische Material der Mutter erhalten bleibt. Das höchst ungewöhnliche Ergebnis dieses Systems führt dazu, dass diese Art genetisch völlig eigenständige Linien von reproduktiven Männchen und Weibchen enthält.

Genetische Vielfalt erwünscht: Zwei Geschlechter sind von Vorteil

Einen Geschlechtspartner zu suchen und sich mit ihm zu paaren, kostet Zeit und Energie (siehe Abschnitt Partnersuche). Warum sie investieren, wenn's auch einfacher geht, wie bei Einzellern? Wie bereits erwähnt, liefert die darwinsche Evolutionstheorie eine plausible Erklärung. Sie besagt, dass Arten und ihre Merkmale durch natürliche Auslese (Selektion) entstehen. Eine solche Selektion ist aber nur möglich, wenn es etwas auszulesen gibt, das heißt, wenn

sich die einzelnen Individuen innerhalb einer Gruppe beziehungsweise Population unterscheiden. Somit ist Variabilität eine notwendige Voraussetzung für die Evolution.

Diese Unterschiede innerhalb einer Population, an denen die natürliche Selektion angreift, entstehen durch Mischung des elterlichen Erbguts – der männlichen und weiblichen Gene – bei Bildung der Gameten (Keimzellen: Eizellen und Spermien) und bei der Befruchtung (siehe Kasten).

Chromosomensätze, einfach oder im Doppelpack

Die Vermischung der väterlichen und mütterlichen Gene erfolgt während der Reduktionsteilung, also dem Prozess, bei dem die Geschlechtszellen mit einem einfachen (haploiden) Chromosomensatz gebildet werden (Meiose). Durch einen als Rekombination bezeichneten Prozess wird die Genzusammensetzung der Chromosomen gemischt. Diese neu gemischten Chromosomen werden nun zufällig auf die Spermien beziehungsweise die Eizellen verteilt; sie enthalten somit eine Chromosomenmischung der großväterlichen und großmütterlichen Linie. Bei der Befruchtung kommen nun die bereits vermischten haploiden Genome der Mutter und des Vaters zusammen und erzeugen Nachwuchs mit einem doppelten (diploiden) Chromosomensatz, der sich genetisch von dem der Eltern unterscheidet; auch die beiden Chromosomensätze unterscheiden sich daher voneinander. Nur eineiige Zwillinge (beim Menschen weniger als zehn Prozent aller Zwillinge) sind genetisch weitgehend identisch, denn hier teilt sich die befruchtete Eizelle in zwei identische Kopien, von denen jede einen Embryo bildet. Bei den zweieiigen Zwillingen wird jeder Embryo durch ein anderes Spermium befruchtet, das sogar von zwei verschiedenen Vätern stammen kann.

Die Währung der Evolution sind fitte Nachkommen, und in diesem »fit« steckt auch »genetisch vielfältig«, denn eine hohe genetische Variabilität des Nachwuchses streut das Risiko und erhöht die Chance, dass sich zumindest einige Nachkommen an veränderte

Umweltbedingungen anpassen, eine bessere Resistenz gegen Krankheiten erwerben und später ihrerseits die elterlichen Gene weitergeben können. Halten wir fest: Es gibt zwei Geschlechter und sexuelle Fortpflanzung, weil diese Strategie für mehr Variabilität sorgt als eine ungeschlechtliche Fortpflanzung durch einfache Teilung. So lautet die Theorie – in der Praxis ist die Sache, wie eigentlich immer, etwas komplizierter ...

Warum nur zwei Geschlechter?

Wenn Vielfalt für die Evolution so wichtig ist, warum gibt es im Tierreich lediglich zwei Geschlechter und nicht drei oder vier, was für eine noch viel größere Bandbreite sorgen würde?¹³ Nun, hier kommt Ockhams Rasiermesser ins Spiel, ein Prinzip, das besagt, dass einfache Lösungen eher verwirklicht werden als komplizierte. Zudem ist die Natur eine sparsame Haushälterin. Aus den 23 menschlichen Chromosomen lassen sich theoretisch mehr als acht Millionen genetisch unterschiedliche Keimzellen erzeugen – zwei Geschlechter reichen offensichtlich aus, um innerhalb einer Art die notwendige Vielfalt herzustellen, auf die die Selektion einwirken kann. Mehr Geschlechter sind evolutionsbiologisch einfach nicht nötig!

Draußen oder drinnen?

Das Zusammenfinden von Eizellen und Spermien kann prinzipiell auf zwei Weisen erfolgen. Bei der äußeren Befruchtung, wie sie bei vielen wasserlebenden Tieren von Korallen bis zu zahlreichen Fischarten und Amphibien zu finden ist, werden oft riesige Mengen von Ei- und noch mehr Samenzellen (über hundert Milliarden beim Lachs) synchron ins Wasser abgegeben, und die Befruchtung erfolgt außerhalb des weiblichen Körpers. Dabei erhöht die große Anzahl von Gameten die Wahrscheinlichkeit, dass zumindest einige zusammenfinden und eine befruchtete Eizelle (Zygote) bilden können.