

# Wissenschaft

**EVOLUTIONSTHEORIE** – Heute vor zweihundert Jahren wurde der Naturforscher Charles Darwin geboren. Für seine Ideen zur Entwicklung des Lebens finden sich immer neue Beweise – in allen Teilen der Welt.

## Evolution im Zeitraffer

VON KERSTIN VIERING

Sein Wasser wirkt eher trübe und in den Fluten lauern Saugwürmer, die eine gefürchtete Krankheit namens Bilharziose auslösen. Der Victoriasee in Ostafrika hat durchaus ein paar Schönheitsfehler. Trotzdem gilt er unter Biologen als Darwins Traumsee. Nicht dass Charles Darwin, der heute vor 200 Jahren im englischen Shrewsbury geboren wurde, ein besonderes Faible für Krankheitserreger gehabt hätte. Doch seine Theorie über die Entstehung der Arten lässt sich nur an wenigen Orten auf der Welt so gut nachvollziehen wie im Victoriasee. Das riesige Gewässer im Grenzgebiet zwischen Kenia, Tansania und Uganda gehört zu jenen Laboratorien der Natur, in denen Wissenschaftler der Evolution bei der Arbeit zuschauen können.

Bekannt ist der See vor allem für seine etwa 500 Arten von Buntbarschen. „Wenn man bedenkt, dass es alle Süß- und Salzwasserfische Europas zusammen nur auf 220 Arten bringen, ist das eine gewaltige Menge“, sagt Axel Meyer von der Universität Konstanz, der zurzeit am Wissenschaftskolleg in Berlin arbeitet. Er und seine Kollegen versuchen herauszufinden, was hinter dieser Vielfalt steckt.

Je nach Art schillern die Männchen der Buntbarsche in Schattierungen von gelb und rot, von blau und grün. Warum aber leisten sich die Fische ein so auffälliges Äußeres? Es geht vor allem darum, das andere Geschlecht zu beeindrucken, sagt Axel Meyer: „Die Weibchen wählen die in ihren Augen attraktivsten Männchen als Partner aus.“ Die können dann ihre Gene und somit ihre Färbung an den Nachwuchs weitergeben. Biologen bezeichnen dieses Auswahlverfahren, das schon Darwin beschrieben hat, als sexuelle Selektion.

Im Erbgut der Tiere, das sowohl die Färbung der Männchen als auch die Vorlieben der Weibchen bestimmt, können jederzeit zufällige Veränderungen auftreten. Nach einer solchen Mutation ziehen manche Weibchen vielleicht gelbliche den knallroten Bewerbern vor.

Im Victoriasee bestehen besonders gute Chancen, dass solche Abweichlerinnen eine neue Art begründen können. Denn das Gewässer ist mit knapp 69 000 Quadratkilometern größer als die Schweiz. Weil Buntbarsche aber nicht weit schwimmen, verlieren einzelne Bestände leicht den Kontakt zu ihren Artgenossen in anderen Teilen des Sees. Solche isolierten Populationen können sich in verschiedene Richtungen entwickeln. Irgendwann sind die Differenzen in Erbgut, Aussehen und Verhalten so groß, dass sich die ehemaligen Artgenossen nicht mehr paaren können. Dann ist eine neue Art entstanden. Wenn wie bei den Buntbarschen sexuelle Selektion im Spiel ist, geht das besonders



Haplochromis aeneocolor ist eine von etwa 500 Buntbarscharten, die im afrikanischen Victoriasee leben.

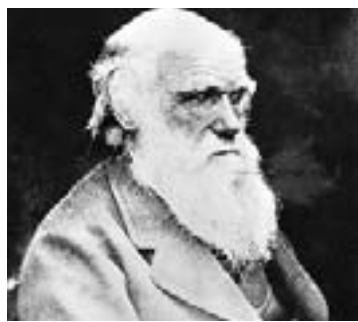
schnell. Denn jede Veränderung in den Auswahlkriterien der Weibchen und im Aussehen der Männchen entscheidet direkt über den Fortpflanzungserfolg und damit über die Richtung, in die sich der Bestand entwickelt.

Um solche Prozesse besser zu verstehen, untersuchen Axel Meyer und seine Kollegen das Erbgut der Fische. Sie wollen herausfinden, welche Gene hinter den Farben der Männchen und welche hinter den Vorlieben der Weibchen stecken. Ein Gen, das an der Ausbildung der sogenannten Ei-Flecken beteiligt ist, haben sie schon entdeckt. Diese orangefarbenen Flecken zieren bei etwa der Hälfte der weltweit dreitausend Buntbarscharten die Afterflosse der Männchen (siehe Foto).

Die Weibchen dieser Buntbarschgruppe tragen ihre Eier aus Sicherheitsgründen im Maul. Die ähnlich gefärbten Flecken halten sie offenbar für Eier, die es noch in Sicherheit zu bringen gilt. Also stupsen sie mit dem Maul an die Afterflosse der Männchen. Die stoßen daraufhin ihr Sperma aus und befruchten die Eier im Maul der Weibchen. Trotz dieser raffinierten Paarungsstrategie bleiben die Bestände dieser Buntbarsche relativ klein, weil die werdenden Mütter nur zwanzig bis vierzig Nachkommen mit sich herumtragen können.

Kleine Populationen aber verändern sich meist deutlich schneller als große. „Neben der sexuellen Selektion könnte auch das einer der Gründe dafür sein, dass es die Buntbarsche im Victoriasee in nicht einmal hunderttausend Jahren auf mehr als 500 Arten gebracht haben“, sagt Axel Meyer.

### Sammler und Seher



Charles Darwin. Das Foto entstand 1882 – kurz vor dem Tod des britischen Naturforschers.

Charles Robert Darwin wurde am 12. Februar 1809 im englischen Shrewsbury geboren. Er starb am 19. April 1882 in Downe. 1831 begann Darwin eine fünf Jahre dauernde Weltreise an Bord der „Beagle“. Dabei sammelte er umfangreiches Material zur Vielfalt der Arten.

Die Evolutionstheorie entwickelte Darwin nach der Reise. Demnach verändern sich Arten durch Anpassung an ihre Lebensräume – bis hin zur Bildung neuer Arten. Erst 1859 veröffentlichte er „The Origin of Species“ („Die Entstehung der Arten“).

**Ausstellungen:** Darwins Werk sind in Berlin zwei Ausstellungen gewidmet, die heute eröffnet werden. Das Naturkundemuseum zeigt bis zum 12. August „Darwin – Reise zur Erkenntnis“. Im Botanischen Garten Dahlem sind bis zum 31. Dezember „Wege zu Darwin“ zu sehen. (mk.)

Es gibt allerdings Tiere, die dieses rasante Entwicklungstempo in den Schatten stellen. „Wenn Arten von der Erdoberfläche eine Höhle besiedeln, müssen sie sich zum Beispiel schnell auf ständige Dunkelheit und andere neue Bedingungen einstellen“, sagt Reinhold Leinfelder, der Direktor des Museums für Naturkunde in Berlin. Um den Geheimnissen solcher Anpassungskünstler auf die Spur zu kommen, gehen seine Kollegen in den Untergrund. Ein Team um die Evolutionsbiologin Hannelore Hoch zwingt sich zum Beispiel immer wieder durch Höhlen, die sich in den erstarren Lavaströmen Hawaiis gebildet haben. Die Forscher suchen nach kaum drei Millimeter langen, blinden Zikaden, die dort in der ewigen Finsternis an Pflanzenwurzeln saugen. Genau wie ihre Verwandten an der Erdoberfläche bringen diese Insekten mit einem speziellen Trommelorgan an ihrem Hinterleib die Pflanzenteile unter ihren Füßen zum Vibrieren, ihre Artgenossen nehmen die Schwingungen dann über ihre Beine wahr. Mit solchen für menschliche Ohren unhörbaren Gesängen grenzen die Zikaden nicht nur ihr Territorium ab, sondern werben auch um Partner.

Zu ihrer Verblüffung stellten die Berliner Forscher fest, dass die Tiere dabei in jeder Höhle etwas andere Lieder anstimmen. Das hat weitreichende Folgen: Denn kein Zikadenweibchen würde sich mit einem Männchen paaren, das nicht den richtigen Sound im Repertoire hat. Die Bewohner unterschiedlicher Höhlen können sich also vermutlich nicht mehr miteinander fortpflanzen. „Das bedeutet, dass wohl in je-

der Höhle eine andere Art entstanden ist“, sagt Leinfelder. Dabei sind manche dieser Lebensräume gerade einmal dreißig Jahre alt.

Jörns Fickel und seine Kollegen vom Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung (IZW) in Berlin waren gar nicht auf der Suche nach neuen Arten, als sie im Jahr 2007 das Blut von 78 Asiatischen Elefanten aus Thailand untersuchten. „Eigentlich wollten wir die Hintergründe einer Herpes-Infektion klären, an der in Zoos immer wieder junge Asiatische Elefanten starben“, berichtet der Forscher. Zu ihrer Enttäuschung aber fanden die Wissenschaftler in keine Probe den gesuchten Erreger.

Sie beschlossen dann, einen genaueren Blick ins Erbgut der Tiere zu werfen und untersuchten das Erbgutmaterial DNA auf sogenannte Mikrosatelliten. Das sind Abschnitte aus wenigen DNA-Bausteinen, die sich im Erbgut oft wiederholen und an denen man genetische Unterschiede zwischen Tieren gut erkennen kann. Zur Überraschung der Berliner Forscher zeigte sich, dass der Asiatische Elefant *Elephas maximus* gerade dabei ist, sich in zwei Arten aufzuspalten.

Schon länger wissen Biologen, dass es zwei Gruppen dieser Dickhäuter gibt, die sich im Erbgut der Mitochondrien unterscheiden. Diese Zellorganellen sind für die Energieversorgung der Zellen zuständig und enthalten eigene DNA. Die wesentlichen Erbinformationen eines Organismus sind aber nicht in den Mitochondrien, sondern im Zellkern gespeichert. Und dessen DNA galt bei den Asiatischen Elefanten als relativ einheitlich. „Für die Weibchen stimmt das auch“, sagt Jörns Fickel.

Doch die thailändischen Bullen ließen sich in zwei genetische Gruppen einteilen, die mit Vorliebe Angehörige der gleichen genetischen Gruppe um sich scharen. „Wir haben keine Ahnung, woran sie ihresgleichen erkennen“, sagt der Berliner Forscher. Klar ist nur, dass die Männchen den ersten Schritt zur Entwicklung einer neuen Art getan zu haben.

Dieser Befund passt zu einem alten evolutionsbiologischen Lehrsatz, demzufolge sich genetische Unterschiede bei Säugetieren zuerst bei den Männchen zeigen. Das hängt mit den Geschlechtschromosomen zusammen. Sie sind bei weiblichen Säugetieren gleich, bei männlichen aber unterschiedlich. Weibchen können Veränderungen in der DNA mit ihrem zweiten, unveränderten Geschlechtschromosom ausgleichen. Da Männchen diese Möglichkeit nicht haben, fällt ein Wandel im Erbgut bei ihnen früher auf. Irgendwann aber zeigen sich die genetischen Unterschiede auch bei den Weibchen. In zweitausend Jahren könnte es nach Einschätzung von Jörns Fickel bereits zwei Arten von Asiatischen Elefanten geben – sofern die Dickhäuter nicht vorher aussterben.

## Prostatakrebs hinterlässt Spuren im Urin

Bessere Früherkennung durch körpereigenen Stoff

Ein neuartiger Urintest könnte die Früherkennung von Prostatakrebs verbessern. Die Grundlage für einen solchen Test haben Mediziner um Arun Sreekumar von der University of Michigan in Ann Arbor nun möglicherweise geschaffen. Über die Ergebnisse ihrer Studie berichten die Forscher im Wissenschaftsmagazin Nature.

Demnach gelang es ihnen, ein Stoffwechselprodukt namens Sarkosin zu identifizieren, das bei Prostatakrebs in stark erhöhter Konzentration im Urin nachweisbar ist. Dieser sogenannte Biomarker lasse nicht nur eine schonende Diagnosemethode erwarten, sondern auch eine effektivere Therapie, weil die Aggressivität von Prostatakrebs damit besser beurteilt werden könne, heißt es in Nature.

Die Forscher um Sreekumar hatten Urinproben von Prostatakrebspatienten und tumorfreien Männern verglichen. Sarkosin konnte in 79 Prozent der Proben von Patienten mit fortgeschrittenem Prostatakrebs nachgewiesen werden und in 42 Prozent der Patientenproben mit frühen Tumorstadien. Bei tumorfreien Patienten fand sich kein Sarkosin. In der Studie sei Sarkosin ein besserer Indikator für fortgeschrittenen Krebs gewesen als der bislang häufig verwendete, aber nicht immer eindeutige Test auf das prostata-spezifische Antigen PSA, berichten die Forscher.

Gaben die Mediziner Sarkosin im Labor zu gutartigen Prostatazellen, so wurden diese zur Bildung von Geschwulsten angeregt. Bremsen sie die Entstehung von Sarkosin in Prostata-Krebszellen, so wurden diese weniger aggressiv. Die Forscher schließen daraus, dass Sarkosin bei Prostatakrebs eine direkte Rolle spielt.

Derzeitige Biomarker für Prostatakrebs seien nicht exakt genug, sagte Sudhir Srivastava vom US National Cancer Institute (NCI). „Daher sind exaktere Indikatoren für Krebs von großem Interesse.“

In Deutschland erkranken jährlich fast 59 000 Männer an einem Prostatakarzinom. (dpa) Nature, Bd. 457, S. 910

## NACHRICHTEN

### Sicherheitsforschung gemeinsam mit den USA

BERLIN. Deutschland will mit den USA ein gemeinsames großes Forschungsprojekt zur zivilen Sicherheit starten. Das hat die Bundesregierung gestern in Berlin beschlossen. Bei dem Vorhaben geht es unter anderem um die Sicherung von Energieversorgung, Verkehrsnetzen und Telekommunikation bei Naturkatastrophen, Terroranschlägen, organisierter Kriminalität oder Großunfällen. Auch auf anderen Gebieten, etwa der Umwelt-, Klima- und Energieforschung, solle die Zusammenarbeit mit den USA deutlich ausgeweitet werden, sagte Bundesforschungsministerin Annette Schavan (CDU) nach der Kabinettsitzung. (dpa)

### Beinahe-Gewinne reizen zum Weiterspielen

CAMBRIDGE. Nur knapp verlorene Spiele werden als ärgerlicher empfunden als hoffnungslos verlorene – und sie regen zum Weiterspielen an. Das berichten Forscher um Luke Clark von der University of Cambridge und seine Kollegen in der Fachzeitschrift Neuron. Die Teilnehmer an Clarks Studie spielten eine vereinfachte Computersimulation des Einarmigen Banditen. Dabei werden zwei Räder mit Symbolen gedreht und der Spieler gewinnt, bei dem beide Scheiben beim selben Bild stehen bleiben. Als Beinahe-Gewinn galt, wenn die Räder um nur ein Symbol versetzt stehen blieben. Nach jedem Versuch gaben die Teilnehmer an, wie zufrieden sie mit dem Ergebnis waren und wie gerne sie weiterspielen mochten. Das Experiment ist Teil einer Versuchsreihe, mit der die Forscher untersuchen, warum manche Menschen spielsüchtig werden. (ddp) Neuron, Bd. 61, S. 481

## NEUER STAMMBAUM DER TIERE

### Haben höhere und niedrigere Arten sich parallel entwickelt?

Er besitzt weder Kopf noch Schwanz, weder Bauch noch Rücken – von einem Nervensystem oder Gewebe ganz zu schweigen. *Trichoplax adhaerens* ist nicht mehr als ein wenige Millimeter großes Plättchen, das ständig seine Form verändert. Ausgerechnet dieser unscheinbare Wasserbewohner, der in allen warmen Meeren zu Hause ist, hat deutschen und US-amerikanischen Wissenschaftlern zu neuen Erkenntnissen über die Entwicklungsgeschichte des Lebens verholfen. Nach Ansicht des Teams, zu dem Forscher von der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, vom American Museum of Natural History in New York und von der Yale University in New Haven gehören, muss der Stammbaum der Tiere in wichtigen Bereichen neu gezeichnet werden.

Bisher hatten sich Evolutionsbiologen die Sache eigentlich ganz einfach vorgestellt. Aus niederen Tieren wie den Korallen, Quallen oder Schwämmen seien im Laufe der Jahrmillionen die höher entwickelten Organismen entstanden,

die Wissenschaftler Bilateria nennen. Zu dieser großen Gruppe gehören sämtliche Lebewesen, deren rechte Körperhälfte ein Spiegelbild ihrer linken ist – vom Hummer über den Schmetterling bis zum Menschen.

„Unsere Analysen zeigen nun aber, dass sich die höheren und niederen Tiere offensichtlich parallel entwickelt haben“, sagt Bernd Schierwater, der in Hannover das Institut für Tierökologie und Zellbiologie leitet. Er und seine Kollegen haben viele Aspekte des Erbgutes und des Körperbaus zwischen einzelnen Tiergruppen verglichen und daraus Rückschlüsse auf die Verwandtschaftsverhältnisse gezogen. Mehr als 9 400 Merkmale sind in die Analysen eingeflossen.

An der Basis des so entwickelten neuen Stammbaums steht das erste vielzellige Tier, das sogenannte Ur-Metazoon. Die Wissenschaftler haben eine recht genaue Vorstellung, wie dieser längst ausgestorbene Ahn aller heutigen Tiere ausgesehen haben könnte: Vermutlich ähnelte er *Trichoplax*. Aus diesem



Trichoplax adhaerens lebt in warmem Meerwasser und wird höchstens drei Millimeter groß. Der Mehrzeller ähnelt dem Urahn aller Tiere.

urtümlichen Vorfahren entstanden dann zwei große Entwicklungslinien. Die eine führte zu den Bilateria, die sich im Laufe der Zeit in die vielen heute lebenden Gruppen von höheren Tieren aufspalteten. Die zweite führte zu den niederen

Tieren, als deren primitivster Vertreter *Trichoplax* bis heute überlebt hat.

Wenn der neue Stammbaum die Entwicklungsgeschichte der Tiere richtig wiedergibt, müssen Biologen wohl ein paar liebgeordnete Vorstellungen über Bord werfen. Eine davon betrifft die Entstehung des Nervensystems. Bisher hatte man angenommen, dass dieses Wunderwerk der Informationsübertragung in der Geschichte des Lebens nur ein einziges Mal erfunden wurde. Aus primitiven Vorstufen hätten sich dann nach und nach immer komplexere Varianten entwickelt. Dass mehrere Tiergruppen unabhängig voneinander einen so komplizierten Apparat geschaffen haben könnten, galt als sehr unwahrscheinlich.

Den neuen Erkenntnissen zufolge ist aber wohl genau das passiert. Denn sowohl höhere als auch manche niederen Tiere verfügen über ein Nervensystem, ihr gemeinsamer Ahn besaß aber noch keins. Also müssen Quallen und Korallen die Innovation auf einem anderen

Weg entwickelt haben als Würmer und Insekten, Reptilien und Säugetiere. „Wenn man mit diesem Wissen einen Blick auf die Anatomie aller dieser Organismen wirft, fällt einem plötzlich auf, wie unterschiedlich die Nervensysteme aussehen“, sagt Bernd Schierwater.

Die genetischen Grundlagen für ein solches Nervensystem sind allerdings bei allen Tieren ähnlich. Selbst im Erbgut von *Trichoplax*, das ein von Bernd Schierwater gegründetes Forscherteam im vergangenen Jahr entschlüsselt hat, finden sich entsprechende Informationen.

Der Meeresbewohner besitzt gerade einmal vier Typen von Körperzellen, er hat weder Muskeln noch Organe, weder Augen noch Nerven. „Und doch haben diese Tiere alle Anlagen in ihrem Genom, um ein Nervensystem auszubilden“, sagt der Hannoveraner Forscher. „Sie machen es nur nicht.“ Offenbar lebt es sich als undifferenziertes Plättchen auch ganz gut. (kv.)

*Plos Biology*, DOI:10.1371/journal.pbio.1000020