

Wie von einem anderen Stern

Seeperdchen sehen nicht nur so aus, als seien sie einer besonders kreativen Phase der Evolution entsprungen. Sie ticken auch anders als viele ihrer Meeresmitbewohner. Forscher haben das Erbgut entziffert und ermöglichen das Porträt eines chimärenartigen Wesens.

VON ROLAND KNAUER

Kopf und Nacken scheinen zu einem Pferd zu gehören. Nur sitzt das Ganze auf einem aufrechten Leib, der nahtlos in einen Wurm übergeht. Ein Seeperdchen ähnelt also den sagenhaften Chimären aus der griechischen Mythologie. Mischwesen, die beispielsweise vorne einem Löwen, in der Mitte einer Ziege und hinten einer Schlange gleichen. Nur sind Seeperdchen viel kleiner als Chimären. Sie sind auch nicht furchterregend. Traditionelle Geschlechterrollen haben sie schon vor langer Zeit über Bord geworfen, die Männchen sind von der Befruchtung der Eier bis zur Geburt für den Nachwuchs voll verantwortlich. Und vor allem sind Alte wie Junge keine Sagengestalten, sondern schwimmen quicklebendig in den Weltmeeren.

Seeperdchen gehören zu den Seenadeln. Rund 300 Arten von Seenadeln haben Forscher bisher entdeckt. Seenadeln gehören zu den Knochenfischen und haben einen lang gestreckten Körper, dem sie ihren Namen verdanken. Bis zu 80 Seeperdchen-Arten kennt die Wissenschaft bisher. Sie leben in den Meeren der Tropen und der gemäßigten Zonen und kommen auch in Nord- und Ostsee vor. Die kleinsten Vertreter sind nicht einmal einhalb Zentimeter lang, die größten immerhin 35 Zentimeter.

Evolutionforscher wie Axel Meyer von der Universität Konstanz interessieren sich dafür, wie Seeperdchen entstanden sein könnten. Ein wenig lüften sie ihre Geheimnisse, seit Axel Meyer, Quiang Lin und Qiuqiong Shi vom South China Sea Institute of Oceanology, sowie Byrapa Venkatesh von der Technischen Universität Nanyang in Singapur gemeinsam mit ihren Mitarbeitern das Erbgut der Tigerschwanz-Seeperdchen *Hippocampus comes* entziffert und in der Zeitschrift *Nature* vorgestellt haben.

23.458 Gene haben die Forscher im Seeperdchen-Erbgut gezählt. Damit kommen sie mit einer ähnlichen

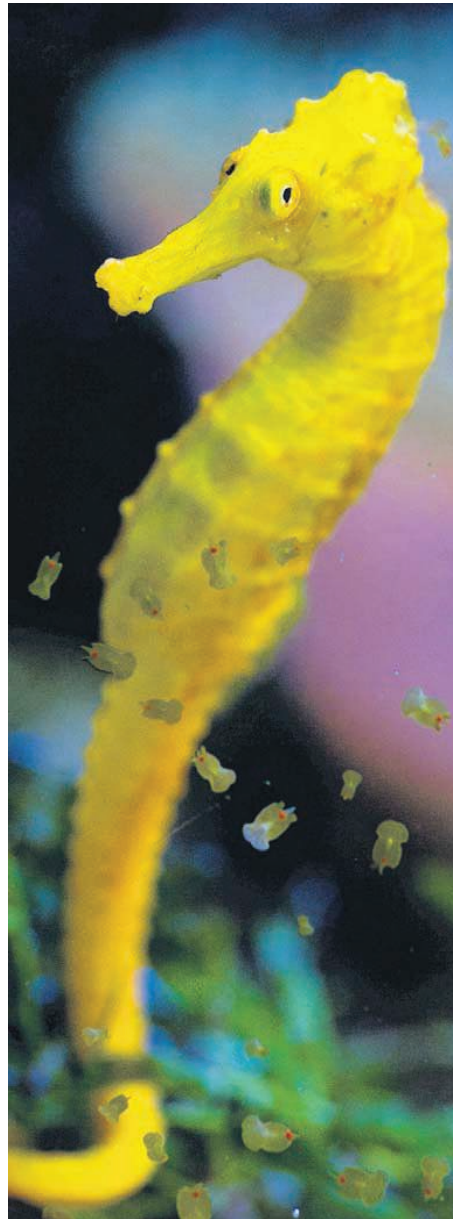
Zahl von Erbanlagen aus wie der Mensch. Obwohl das Genom der Zweibeiner mit 3,270 Milliarden Bausteinen fast fünfmal größer als die 695 Millionen Basenpaare des Seeperdchen-Erbgutes ist. Allerdings sagen solche Zahlen ohnehin wenig, viel wichtiger sind andere Fragen: Wie sehen diese Gene aus, wie haben sie sich entwickelt, wie werden sie gesteuert, sind einige Erbanlagen im Laufe der Entwicklung über Bord gegangen oder vielleicht auch neu hinzugekommen?

Vor allem eine Eigenschaft ist den Forschern rasch aufgefallen: Das Erbgut der Seeperdchen verändert sich offensichtlich schneller als bei anderen Knochenfischen, die Mäulen der Evolution mahlen also rascher. Und das seit der Zeit, als sich die Seeperdchen vor etwas mehr als hundert Millionen Jahren vom Rest der Barsch-Verwandtschaft trennten und einen eigenen Weg einschlugen. Die Seeperdchen entwickelten Neuronen und wurden Überflüssiges los.

Diese Zeit haben die Seeperdchen dazu genutzt, ihren Lebensstil erheblich umzumodeln. So stieben viele andere Fische eher flink durchs Wasser. Seeperdchen sind dagegen sehr sesshaft, erklärt Axel Meyer: „Statt nach Beute zu jagen, warten sie einfach darauf, dass ein schmackhafter Bissen vorbeikommt“, fasst der Spezialist für die Evolution von Fischen den Alltag der Unterwasser-Gestalten zusammen. Bei einem solchen ruhigen Lebensstil aber werden die Bauchflossen überflüssig, die bei geschickten Schwimmanövern anderer Knochenfische die Feinstuerung übernehmen. Für die Entwicklung solcher Bauchflossen scheint wiederum ein Gen namens *tbx-4* eine wichtige Rolle zu spielen. Diese Erbanlage aber fehlt in Seeperdchen genauso wie die Bauchflossen.

Statt auf rasante Ausweichmanöver verlassen sie sich lieber auf eine gute Tarnung. Ein Versteck finden die Fische zum Beispiel im Dickicht von Seegrass-Wiesen, in denen sie häufig leben. Zwischen den nach oben wachsenden Stängeln fällt ein herkömmlicher Fischkörper viel eher auf als der nach oben gerichtete Körperbau eines Seeperdchens. Für solche Veränderungen sind häufig Schalter im Erbgut zuständig, die Erbanlagen an- und ausschalten oder deren Aktivität verändern, sie also schneller oder langsamer laufen lassen.

Fehlen im Erbgut eines Menschen-Embryos zum Beispiel solche Schalter für das *SHOX*-Gen, bleiben die Unterschenkel und Unterarme deutlich kürzer als bei anderen Menschen. Als Erwachsene erreichen sie Körpergrößen von gerade einmal 130 Zentimetern. Im Erbgut der Seeperdchen aber fehlen auffällig viele dieser Schalter. Das aber erklärt den



Seeperdchen hatten in der Evolution Zeit, überflüssiges an ihrem Körper auszusortieren – Zähne zum Beispiel. FOTO: STEFAN SAUER/DPA

veränderten Körperbau gut. Mit dem Wurm-ähnlichen Ende können die Fische sich gut an den Stängeln des Seegrases festhalten, der nach oben gestreckte Körper fällt zwischen den nach oben wachsenden Stängeln weniger auf. Wenn man dann noch wie die Seeperdchen die Schuppen auf der Haut durch wehrhafte Knochenplatten ersetzt und der kleine Körper voller Gräten steckt, vergeht wohl den meisten Angreifern der Appetit.

Genau wie bei anderen Tieren, von Bartenwalen über Schildkröten bis hin zu den Vögeln, sind bei Seeperdchen bestimmte Gene stark verändert oder fehlen ganz, die von Molekularbiologen SCPP (Secretory Calcium-binding Phosphoprotein) genannt werden und die eine wichtige Rolle beim Bilden von Zahnschmelz spielen. Prompt haben alle diese Tiere keine Zähne. Stattdessen sind beim Seeperdchen die Kiefer zu einer röhrenförmigen Schnauze mit sehr kleinem Maul verwachsen. Das lässt den Kopf nicht nur wie einen Pferdeschädel aussehen, sondern eignet sich auch hervorragend, um effektiv winzige Organismen aufzusaugen.

„Statt nach Beute zu jagen, warten sie einfach darauf, dass ein schmackhafter Bissen vorbeikommt.“

Axel Meyer Evolutionforscher

Und noch etwas ist den Forschern aufgefallen: Bei den Knochenfischen spielt eine Genfamilie namens *C6AST* eine zentrale Rolle bei der Entwicklung des Brutgewebes, in dem die befruchteten Eier sich zu kleinen Fischen entwickeln. Genau diese Erbanlagen sind in Seeperdchen gleich doppelt vorhanden und in der Bruttasche der Männchen sehr aktiv. Offensichtlich werden die Männchen so zu perfekten Ammen. Die Weibchen können also ihre Eier in dieser Bruttasche ablegen und den Rest von der Befruchtung der Eier über die Schwangerschaft bis zur Geburt des Nachwuchses den Vätern überlassen. Die Geschlechterrollen sind also im Vergleich mit vielen anderen Tieren komplett vertauscht.

Und zwar bei der Balz haken Männchen und Weibchen sich im Schwanz des Partners ein und tanzen mit ihm stundenlang.

Bloß keine Selfies von anderen gucken!

Studie zeigt: Fotos können Minderwertigkeitsgefühle beim Betrachter auslösen

VON JÖRG ZITTLAU

Ich vor dem Kölner Dom, ich mit Angela Merkel, ich bei meinem Lieblingsitaliener – im Zeitalter des Smartphones gehören Selfies dazu. Und sie werden auch gerne geschickt. Doch wer sich die Ich-Fotos anschaut, sollte vorsichtig sein. Denn es könnte, wie eine US-Studie ermittelt hat, schlecht für das Selbstwertgefühl sein.

Selfies werden jeden Tag geschossen. Viele davon werden per Facebook, Whatsapp oder anderen Diensten geteilt, sodass auch Freunde daran teilhaben können. Doch für die wäre es möglicherweise besser, diese Bilder gar nicht zu öffnen.

Ein Forscherteam der Pennsylvania State University hat 275 junge Männer und Frauen danach befragt, wie oft sie sich Selfies anderer Leute anschauen und wie zufrieden sie mit ihrem Leben sind. Es zeigte sich, dass mit der Häufigkeit des Selfie-Betrachtens der Glücksfaktor deutlich nach unten sackt.

Als Ursache vermutet Studienleiterin Ruoxu Wang: „Die meisten Leute verschicken Selfies von Situationen, in denen sie glücklich sind oder etwas Aufregendes erleben.“ Und dann entständen bei demjenigen, der diese Fotos betrachtet, Neid- und Minderwertigkeitsgefühle. Nach dem Muster: „Der erlebt gerade etwas Tolles, und ich muss mir das jetzt aus der Ferne ansehen.“ Nicht umsonst werden Selfies auch gerne an Ex-Partner verschickt, um ihnen zu zeigen, dass man auch ohne sie glücklich ist.

Wer Rücksicht auf seine Freunde nimmt, sollte keine Selfies auf Smartphone schicken. Was man aber stattdessen machen kann: Sogenannte Groupies, also Fotos mit mehreren Personen, zu versenden. Denn die haben, wie Wang herausgefunden hat, die entgegengesetzte Wirkung. „Sie fördern das Gefühl der Zugehörigkeit und dadurch das Wohlbefinden“, erklärt die Kommunikationsforscherin. Vermutlich, weil durch die abgebildete Gruppe beim Betrachter der Eindruck entsteht, dass er irgendwie dabei ist. Und wenn Sender und Empfänger gute Freunde sind, dann ist er ja meistens auch dabei.

In jedem Falle aber rät Wang, Selfies nicht wahllos zu verschicken. Zu wenig würde reflektiert, dass jedes Bild, das wir von uns machen und versenden, eine psychische Wirkung beim Betrachter hinterlässt.

GUT GEWUSST

Eine Welt aus Anti-Materie?

VON CHRISTIAN VON BORCZYKOWSKI
fp.borczykowski@gmx.de



dem negativ geladenen Elektron auch ein positiv geladenes „Antiteilchen“ des Elektrons geben müsse, das sogenannte Positron, das 1932 in der kosmischen Strahlung und später dann bei radioaktiven Zerfällen nachgewiesen wurde.

Ein wesentliches Merkmal der umgebenden Materie ist, dass sie aus Molekülen und Atomen aufgebaut ist. Unterschiedliche Atome sind vor allem dadurch ausgezeichnet, dass sie jeweils eine festliegende Anzahl von elektrisch negativ geladenen leichten Elektronen und positiv geladenen schweren Protonen besitzen. Die unterschiedlichen Ladungen der Elementarteilchen haben sich nach außen hin gegenseitig auf, jedes Atom ist daher elektrisch neutral. Inzwischen wurde nachgewiesen, dass auch alle Elementarteilchen Antiteilchen besitzen.

Warum gibt es dann so wenig und so selten beobachtbare Antimaterie? Die Ursache liegt darin, dass bei einem Aufeinandertreffen von Materie und Antimaterie beide in Energie umgewandelt werden, sich also gegenseitig vernichten, annihilieren, und sich in hochenergetische Strahlung umwandeln.

Die diesbezüglich allgemein akzeptierte physikalische Theorie, das Standardmodell der Teilchenphysik, sagt aus Gründen der Symmetrie voraus, dass eine sozusagen umgepolte Anti-Welt die gleichen Gesetzmäßigkeiten besitzen muss wie unsere reale Welt. Bei der Entstehung des Kosmos im Urknall vor mehr als 13 Milliarden Jahren hätten beide Formen der Materie in gleicher Menge erzeugt werden und nachfolgend sofort sich selbst vernichten müssen. Das ist offenbar nicht gesche-

hen. Eines der größten immer noch ungelösten Rätsel der Physik ist daher, warum letztendlich doch ein wenig Materie, immerhin unser ganzer Kosmos, nach dem Urknall bei der gegenseitigen Vernichtung von Materie und Antimaterie übrig geblieben ist. Gibt es eine noch verborgene Ungleichheit der elementaren Bausteine der Materie beziehungsweise Antimaterie? Auf welche Weise wird die theoretisch vorhergesagte Symmetrie verletzt?

Um diesen Fragen nachgehen zu können, muss Antimaterie erst einmal künstlich erzeugt werden. Das gelingt – wenn auch nur in sehr kleinen Mengen – in großen Beschleunigeranlagen, zum Beispiel des Forschungszentrums CERN bei Genf. Dort können Antiteilchen nicht nur erzeugt, sondern auch im extrem hohen Vakuum zu Atomen wie dem

Anti-Wasserstoff oder dem bisher größten Anti-Teilchen, dem Anti-Helium, „synthetisiert“ und für kurze Zeit gespeichert werden. Im Dezember 2016 berichteten CERN-Forscher, dass optische Laseranregungen eine zum Wasserstoff identische atomare Struktur des Anti-Wasserstoffs ergeben haben. Dann im Januar wurde mit extrem hoher Genauigkeit auch die Identität magnetischer Eigenschaften des Elektrons und Positrons bestätigt. Die Suche nach der verborgenen Ungleichheit von Materie und Antimaterie geht also weiter.

Unabhängig von diesen grundsätzlichen Fragen nach dem Ursprung unserer Welt, wird Antimaterie in Form der Positronen-Emissions-Tomographie (PET) in der Medizin eingesetzt. Beim Kernzerfall von in den Organismus eingebrachten Radiopharmaka entstehen Positronen. Bei deren Zusammenstoß mit Elektronen werden beide Teilchen in zwei hochenergetische Photonen umgewandelt, die die räumliche Verteilung des Radiopharmakons ergeben. Ergänzend zu anderen bildgebenden Verfahren wie MRT und

CT können mit PET insbesondere Stoffwechselvorgänge untersucht werden.

Zum Glück haben politische und soziale „anti-pro“-Gegensätze nicht solche radikalen Folgen wie diejenigen der Materie-Antimaterie-Vernichtung. In „Star-Trek“-Filmen haben die Menschen auf der Erde im 23. Jahrhundert soziale und wirtschaftliche Probleme überwunden. Die Erkundung des Weltraums hat zu Allianzen mit außerirdischen Lebensformen geführt. Morgen führt die Fahrt des Raumschiffs Enterprise im Fernsehkanal *Tele 5* in der „Star Trek“-Folge „Brot und Spiele“ zu einem Planeten, auf dem Sklaverei und Gladiatorenkämpfe noch an der Tagesordnung sind.

GASTKOLUMNIST Christian von Borczykowski, geboren 1946 in Husum, ist Physiker. Er arbeitete in Berlin und den Niederlanden, bevor er 1993 als Hochschulprofessor nach Chemnitz kam. Von 1994 bis 1997 hatte er das Amt des Dekans der Fakultät für Naturwissenschaften inne, von 1997 bis 2000 war er Rektor der Universität. Er ist Autor von mehr als 160 wissenschaftlichen Publikationen.

Das Jahr 2017 hat es in sich: ein Anti-Establishment- und Anti-Freihandels-Präsident in den USA, ein anti-europäischer Brexit, Pegida ist auch „anti“, Le Pen sowieso. So ließe sich der derzeitige Tenor politischen Geschehens charakterisieren. Die Protagonisten des „anti“ würden ihre Vorhaben sicher eher als „pro“ verstehen. „Pro und contra“, eine Frage des Standpunkts? Gibt es eigentlich dieses „pro und contra“ auch in der unbeliebten Welt? Ja, gibt es.

Science-Fiction-Fans kennen natürlich den Warp-Antrieb aus den „Star-Trek“-Filmen. Er beschleunigt das von Captain Kirk und Commander Spock gesteuerte Raumschiff Enterprise. Der Antrieb verleiht Raumschiffen Geschwindigkeit, schneller als das Licht. Er gewinnt seine Energie aus der Reaktion von Materie mit Antimaterie.

Dass es in der Science-Fiction-Welt Antimaterie gibt, verwendet nicht. Aber es gibt sie tatsächlich. Der Antimaterie kam in den 1920er-Jahren der Physiker Paul Dirac auf die Spur. Er postulierte, dass es aus theoretischen Gründen außer