



Als Instrumente zur Vermessung des Golfstroms dienten auch so genannte CDT-Rosetten (von englisch *Conductivity, Temperature, Depth*, »Leitfähigkeit, Temperatur, Tiefe«). Sie sind mit Sensoren für Temperatur, Leitfähigkeit und Wasserdruck bestückt. Aus diesen Messwerten lassen sich außerdem Salzgehalt und Wassertiefe ableiten. Eine solche Rosette wird hier von der Meteor ausgesetzt. Zusätzlich enthält sie in den gelben Röhren je ein ADCP-Gerät, das ein Tiefenprofil der Strömungen liefert.

Payne behält den Blauen Wittling im Rahmen des NACLIM-Projekts jetzt besonders scharf im Auge, um mögliche Auswirkungen veränderter Strömungs-

verhältnisse auf das Ökosystem im Nordatlantik auch in Echtzeit analysieren zu können. Besonders aufregend wäre es natürlich, wenn sich aus diesen

Beobachtungen Vorhersagen über die zukünftige Entwicklung von Fischbeständen ableiten ließen, was bisher noch nicht möglich ist.

Koen de Ridder vom Flämischen Institut für technologische Forschung (VITO) in Mol befasst sich im Rahmen des NACLIM-Projekts damit, wie sich Veränderungen in Klima und Meeresströmungen auf die Lebensbedingungen in einzelnen Städten auswirken werden. Seine Ergebnisse könnten den jeweiligen Behörden dann als Grundlage für die Gesundheitsvorsorge und den Katastrophenschutz dienen. Bisher sind Prognosen von Meeresbewegungen und Klimaschwankungen zu grob gerastert, um konkrete Aussagen über die Folgen für bestimmte Städte zu erlauben. De Ridder will die Analysen soweit verfeinern, dass das möglich wird.

Klar ist: Auch wenn sich ein plötzlicher Umschlag mit apokalyptischen Folgen wie in dem Film »The Day After Tomorrow« nach heutigem Kenntnisstand praktisch ausschließen lässt, müssen wir die Launen der Meeresströmungen und Winde noch viel besser verstehen lernen, um uns gegen kommende Veränderungen zu wappnen.

Michael Groß ist promovierter Biochemiker und Wissenschaftsjournalist in Oxford (England).

EVOLUTIONSFORSCHUNG

Genaustausch zwischen verschiedenen Wirbeltierarten

Die urtümlichen Neunaugen teilen manches Erbmaterial mit einigen viel »modernerer« Knochenfischen – allerdings nicht seit alters her. Offenbar sind hier Gene von einer Art zur anderen gesprungen.

VON AXEL MEYER

Kinder sehen ihren Eltern typischerweise ähnlicher als ihren Altersgenossen aus anderen Familien. Denn wie schon Charles Darwin wusste, vererben sich Merkmale von einer Generation zur nächsten über die Eltern auf ihre Kinder. Auch Veränderungen im Erb-

material werden auf die Weise nur an direkte Nachkommen weitergegeben: »vertikal«, wie Biologen sagen. Bildhafte Darstellungen wie Stammbäume und Abstammungslinien wie bei Familien-genealogien verdeutlichen das Prinzip. Klar ist auch: Erst durch natürliche Se-

lektion können sich vorteilhafte Mutationen mit der Zeit in einer Population durchsetzen und damit Arten verändern. So funktioniert unseres Wissens die Evolution – zumindest fast immer.

Manchmal nämlich stimmt die Evolutionsgeschichte eines Gens oder Erb-

gutabschnitts, die Forscher anhand molekularer Unterschiede rekonstruieren, nicht mit der Geschichte der Arten überein, die dieses Gen besitzen. Es kommt vor, dass nicht näher miteinander verwandte Organismen einige verblüffend ähnliche Gene oder sogar identische Erbschnitte aufweisen, während derselbe Erbfaktor ihren nahe verwandten Arten fehlt. In solchen Fällen können die DNA-Sequenzen nicht auf den letzten gemeinsamen Vorfahren zurückgehen, sondern müssen später dazu gekommen sein. Von Bakterien ist das Phänomen inzwischen gut bekannt: Mikroben nehmen oft fremdes Erbmaterial auf und gewinnen dadurch unter Umständen neue Eigenschaften, etwa Antibiotikaresistenzen. Offenbar erfolgt dort ein Austausch von genetischem Material über Artgrenzen hinweg – fachsprachlich »horizontal« oder »lateral«, also innerhalb einer Generation.

In der frühen Evolution des Lebens scheint ein Gentransfer zwischen verschiedenen Organismen allgemein sehr bedeutsam gewesen zu sein, denn Rekonstruktionsstudien der entfernt verwandten Bakteriengruppen seit der Anfangszeit des Lebens zeigen Indizien dafür, dass sich mitunter klare, deutlich getrennte evolutionäre Linien von Bakterien nicht eindeutig genetisch unter-

scheiden und in Stammbäumen sortieren lassen, sondern vielmehr verwirrende Netzwerke genetischer Beziehungen aufzuweisen scheinen. Solche Ergebnisse lassen sich am einfachsten durch horizontalen Genfluss erklären, und vielleicht machte ein Genaustausch zwischen ganz verschiedenen Bakterien in der Urzeit sogar auch erst die Entstehung komplexerer Organismen möglich. Denn wir wissen heute, dass die Mitochondrien (quasi die Zellkraftwerke) in unseren Zellen und auch die für die Fotosynthese zuständigen Chloroplasten in Pflanzenzellen auf dergleichen zurückgehen. Das bedeutet, unsere Zellen sind genau genommen symbiontisch aus mehr als einer evolutionären Linie zusammengesetzt.

Anzeichen dafür, dass auch zwischen komplexer gebauten Arten – also bei mehrzelligen Organismen oder gar Wirbeltieren – horizontaler Gentransfer stattgefunden hat, finden sich heute nur selten. Speziell für Wirbeltiere kennen Forscher derzeit nur ganz wenige, vereinzelte Fälle, und fast immer waren es Viren, die zwischen den Genomen ausgetauscht wurden. Allerdings ist schon länger bekannt, dass die Genome von Pflanzen und Tieren eine Vielzahl »springender Gene« beherbergen. Es handelt sich um so genannte Transposons: Erbsequenzen, die sich im gesam-



Mit ihren scharfen hornigen Zähnen im Rundmaul fügen Neunaugen ihren Opfern schwere äußerliche Verletzungen zu, wenn sie sich festbeißen, um sie auszusaugen.

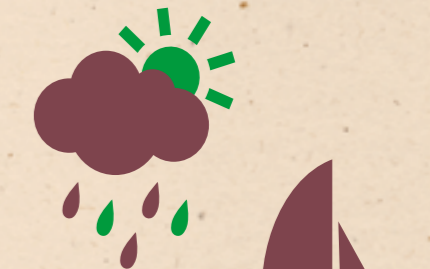


Natur Energie Plus

Mit der Natur auf einer Welle.

In den letzten zwölf Monaten haben sich über 30.000 Bürger für Strom aus 100 % Wasserkraft von NaturEnergiePlus entschieden. Wann wechseln Sie zum Strom aus sauberer Quelle?

→ Jetzt wechseln!



www.naturenergieplus.de



Ein Angriff von bis zu einem Meter langen Meerneunaugen kann Fische töten, da der Parasit Blut und andere Körpersäfte saugt. Hier eine befallene Forelle.

ten Genom des Wirts verbreiten und vermehren können und dies teilweise auch heftig tun. Wahrscheinlich gehen diese beweglichen Abschnitte im Erbgut ursprünglich immer auf irgendwann übergesprungene Fremd-DNA zurück.

Rätselhaft ist jedoch bisher, wie sich springende Gene überhaupt zwischen verschiedenen Wirbeltieren verbreiten konnten. Welcher Mechanismus kam da ist Spiel? Mein Labor an der Universität Konstanz arbeitet an einem internationalen Projekt mit, bei dem das komplette Genom des Meerneunauges (*Petromyzon marinus*) sequenziert wird. Neunaugen zählen nicht zu den Fischen – obwohl sie »Fisch des Jahres 2012« waren. Es sind urtümliche, aalähnlich aussehende Wirbeltiere, die sich mit ihrem kieferlosen, zahnbewehrten runden Maul an ihrem Opfer, insbesondere an Fischen festbeißen, sich dann durch deren Schuppen und Haut raspeln und Blut sowie andere Körpersäfte saugen. Neunaugen könnten geradezu Vorbild für außerirdische Science-Fiction-Monster gewesen sein.

Die Larven – Querder – der Meerneunaugen leben einige Jahre im Sediment von Flüssen, später besiedeln die Tiere Küsten des nördlichen Atlantik sowie der Nord- und Ostsee, das westliche Mittelmeer und mittlerweile eini-

ge der Großen Seen Nordamerikas, wo sie sich zu einer Plage für die Fischerei entwickelten.

Teile der Genome überraschend gleich – doch nur bei wenigen Arten

Bei dieser Art fanden wir im Verlauf der Genomanalyse ein bestimmtes Transposon – aus der Klasse Tc1 – in vieltausendfacher Kopie. Zusammen macht das immerhin 0,7 Prozent ihres Gesamtgenoms aus. Hätten schon die letzten gemeinsamen Vorfahren von Neunaugen und anderen Wirbeltieren vor über 500 Millionen Jahren dieses springende Gen besessen, dann müssten auch viele andere Wirbeltiere es haben. Doch wir konnten das Transposon weder bei Fröschen noch bei Mäusen nachweisen und auch bei den allermeisten Fischen nicht. Stattdessen entdeckten wir es aber im Genom einiger weniger Fischarten der Nordhalbkugel – die allesamt Meerneunaugen regelmäßig zum Opfer fallen, darunter Lachse, Forellen, ein Wels. Außerdem kam der DNA-Abschnitt bei einer weiteren nördlichen Neunaugenart vor. Bisher konnten wir das Transposon jedoch bei keiner Fisch- oder Neunaugenart der Südhalbkugel aufspüren (*Genome Biology and Evolution* 4, 2012, S. 929–936; doi:10.1093/gbe/evso69).

Unseres Erachtens sprechen die Befunde dafür, dass auch Neunaugen das

Transposon zu Beginn ihrer Evolution noch nicht besaßen. Die Linien der nördlichen Arten haben sich vor höchstens 200, vielleicht erst 100 Millionen Jahren von den südlichen getrennt. Somit dürften die nördlichen Arten das Element erst danach aufgenommen haben. Zu den Fischen fällt auf, dass nur einige wenige Arten ganz verschiedener systematischer Gruppen betroffen zu sein scheinen, die alle dem Meerneunauge als Beute dienen.

Genauere Analysen des Alters und der Evolution dieses Transposons lassen vermuten, dass es mehrere unabhängige Ereignisse gab, bei denen das untersuchte Tc1-Element zwischen Neunaugen und Fischen ausgetauscht wurde. Nach diesen Daten war der erste Besitzer am wahrscheinlichsten sogar ein Schuppenfisch und nicht das Meerneunauge selber. Vielleicht erhielten es Neunaugen anfänglich von dieser Linie und übertrugen es später mehrmals auf weitere Fischarten, auf die es Neunaugen abgesehen haben. Sollte dieses Szenario zutreffen, wären Neunaugen eher Vektor und Opfer und nicht Ursache der Verbreitung jener DNA-Elemente gewesen.

Die große Frage ist nun, wie die DNA-Stücke überhaupt Artgrenzen »überspringen« konnten und wie sie schließlich bis ins Genom der Keimbahn der neuen Wirtsfische gelangten, so dass diese sie nun »normal« – vertikal – an Nachkommen weitervererben. Interessanterweise ließ sich das Transposon auch bei einigen Parasiten der betroffenen Fischarten nachweisen, die zu den Wirbellosen beziehungsweise Einzelzellern zählen – ansonsten kommt dieses bestimmte Tc1-Element außerhalb der Wirbeltiere nicht vor. Waren jene Plagegeister selber Opfer geworden und womöglich auch an den horizontalen Transfers von Tc1 beteiligt? Viele Kopien des Elements sind durch Mutationen verändert worden und dürften auch ihre frühere Mobilität verloren haben. Das schließen wir aus den genetischen Unterschieden zwischen den zahlreichen Kopien innerhalb eines Genoms. Allerdings sind die Übertragungsereignisse anscheinend noch

nicht allzu lange her: Möglicherweise erhielten einige der betreffenden Fischarten das Tc1-Element sogar erst nach dem Ende der letzten Eiszeit von Neunaugen, die sie anfielen. Genaueres müssen weitere Studien zeigen.

Übrigens muss die Aufnahme neuen Genmaterials betroffenen Organismen nicht unbedingt geschadet haben – im Gegenteil. Manche Transposons haben die Funktion eines ihnen benachbarten Gens sogar vorteilhaft verändert. Und bei Säugetieren übernehmen beispiels-

weise einstige springende Gene im Immunsystem inzwischen wichtige Aufgaben im Zusammenhang mit der Vielfalt der Antikörper. Fast 45 Prozent des menschlichen Genoms gehen tatsächlich auf einst fremde, übergesprungene DNA zurück.

Für die Evolutionsforscher ist der Übertragungsweg von Erbmaterial zwischen Räuber und Beutetier etwas Neues. Was dies für die Vorstellungen zur organismischen Evolution bedeutet, bleibt abzuwarten. Wie häufig solche Ereignis-

se überhaupt vorkamen, lässt sich auch noch nicht abschätzen. Dass uns dank der neuen Methoden der Genomik, die es erlauben, relativ billig und sehr, sehr schnell Gigabasen von DNA-Sequenzen zu bestimmen, weitere Überraschungen erwarten, ist allerdings sicher – sowohl für die Genomik als auch für unser Evolutionsverständnis.

Axel Meyer hat an der Fakultät für Biologie der Universität Konstanz den Lehrstuhl für Zoologie und Evolutionsbiologie.

??*??*??*??*??

Maser bei Zimmertemperatur

Der Vorgänger des Lasers ist fast vergessen, denn seine unbestreitbaren Vorteile wurden durch viele Nachteile zunichte gemacht. Britische Forscher könnten dem Mikrowellenstrahler nun neues Leben einhauchen.

VON STEFAN A. MAIER

Quizfrage an unsere Leser: Worum handelt es sich bei diesem technischen Wunderwerk? Sein Innenleben beruht auf einer gelungenen Kombination von klassischer Optik, Quantenphysik und ein bisschen Einstein. Seinen Dienst verrichtet es überall in unserem Alltag. Mehr noch: Sein Erfolg ist so durchschlagend, dass wir sein Wirken gar nicht mehr bewusst wahrneh-

men. Vergessen ist jedoch der Vorgänger des High-Tech-Werkzeugs, der nur noch in einigen wissenschaftlichen Nischen dahin siecht – und das, obwohl er den Kontakt mit außerirdischen Zivilisationen ermöglichen könnte.

Das Quiz ist schnell gelöst: Gemeint ist der Laser, die allgegenwärtige Quelle kohärenten, »einfarbigen« Lichts. Doch wer hat ihm den Weg bereitet und ist

dabei selbst auf der Strecke geblieben? Es handelt sich um den Maser, ein vom US-Physiker Charles Townes Ende der 1950er Jahre entwickelter technischer Aufbau zur Erzeugung kohärenter Mikrowellenstrahlen. Als Townes für diese Erfindung 1964 den Nobelpreis erhielt, war die Weiterentwicklung des Masers zum Laser schon in vollem Gange, während ersterer selbst allmählich in Ver-

www.leibniz-gemeinschaft.de

Institut für Deutsche Sprache, Mannheim (IDS) · Leibniz-Institut für Wissensmedien, Tübingen (IWM) · Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik, Freiburg (KIS) · Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach (MFO) · Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, Mannheim (ZEW) · FIZ Karlsruhe – Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur (FIZ KA) · GESIS – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften (GESIS), Köln, Mannheim, Berlin · Deutsches Museum, München (DM) · Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Freising (DFA) · Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg (GNM) · Ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München (ifo) · Institut für Zeitgeschichte München-Berlin (IfZ) · DIW Berlin – Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) · Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik, Berlin (FBH) · Leibniz-Institut für Molekulare Pharmakologie, Berlin (FMP) · Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin (IGB) · Leibniz-Institut für Kristallzüchtung, Berlin (IKZ) · Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung, Berlin (IZW) · Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie, Berlin (MBI) · Museum für Naturkunde – Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung (MfN) · Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik, Berlin (PDI) · Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB) · Deutsches Rheuma-Forschungszentrum Berlin (DRFZ) · Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik Leibniz-Institut im Forschungsverbund Berlin (WIAS) · Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP) · Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB) · Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Großbeeren & Erfurt (IGZ) · Innovations for High Performance Microelectronics/Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik, Frankfurt (Öder) (IHP) · Leibniz-Institut für Regionalentwicklung und Strukturplanung, Erkner (IRS) · Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) · Zentrum für Zeithistorische Forschung Potsdam (ZZF) · Deutsches Institut für Ernährungsforschung, Potsdam-Rehbrücke (DIFE) · Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg (ZALF) · Deutsches Schifffahrtsmuseum, Bremerhaven (DSM) · Leibniz-Zentrum für Marine Tropenökologie, Bremen (ZMT) · BIPS – Institut für Epidemiologie und Präventionsforschung (BIPS) · Leibniz-Institut für Epidemio- und Präventionsforschung (BIPS) · Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin, Hamburg (BNI) · Heinrich-Pette-Institut – Leibniz-Institut für Experimentelle Virologie, Hamburg (HPI) · GIGA German Institute of Global and Area Studies / Leibniz-Institut für Globale und Regionale Studien, Hamburg (GIGA) · Herder-Institut für historische Ostmitteleuropaforschung – Institut der Leibniz-Gemeinschaft, Marburg (HI) · Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, Frankfurt am Main (SGN) · Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung, Frankfurt am Main, Berlin (DIPF) · Hessische Stiftung Friedens- und Konfliktforschung, Frankfurt am Main (HSFK) · Leibniz-Institut für Nutztierbiologie, Dummerstorf (FBN) · Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik an der Universität Rostock, Kühlungsborn (IAP) · Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie, Greifswald (INP) · Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde an der Universität Rostock (IOW) · Leibniz-Institut für Katalyse an der Universität Rostock (LIKAT) · Akademie für Raumforschung und Landesplanung – Leibniz-Forum für Raumwissenschaften, Hannover (TIB) · Leibniz-Institut DSMZ – Deutsches Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen, Braunschweig (DSMZ) · Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover (LIAG) · Deutsches Bergbau-Museum, Bochum (DBM) · Deutsches Diabetes-Zentrum – Leibniz-Zentrum für Diabetes-Forschung an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (DDZ) · Deutsches Institut für Erwachsenenbildung – Leibniz-Zentrum für Lebenslanges Lernen, Bonn (DIE) · Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung, Dortmund (ILS) · Leibniz-Institut für Umweltmedizinische Forschung an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (IUF) · Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Essen (RWI) · Leibniz-Institut für Analytische Wissenschaften, Dortmund und Berlin (ISAS) · Zoologisches Forschungsmuseum Alexander Koenig – Leibniz-Institut für Biodiversität der Tiere, Bonn (ZFMK) · Leibniz-Institut für Arbeitsforschung an der TU Dortmund (IfADo) · Deutsche Zentralbibliothek für Medizin, Köln, Bonn (ZB MED) · Deutsches Forschungsinstitut für öffentliche Verwaltung Speyer (FÖV) · Leibniz-Institut für Europäische Geschichte, Mainz (IEG) · Römisch-Germanisches Zentralmuseum, Forschungsinstitut für Archäologie, Mainz (RGZM) · Leibniz-Zentrum für Psychologische Information und Dokumentation, Trier (ZPID) · Leibniz-Institut für Neue Materialien, Saarbrücken (INM) · Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik (LZI) · Leibniz-Institut für Länderkunde, Leipzig (IfL) · Leibniz-Institut für Troposphärenforschung, Leipzig (IFT) · Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung, Leipzig (IQM) · Leibniz-Institut für Polymerforschung, Dresden (IPF) · Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden (IÖR) · Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung, Dresden (IFW) · Leibniz-Institut für Pflanzenbiochemie, Halle (IPB) · Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung, Gatersleben (IPK) · Institut für Wirtschaftsforschung, Halle (IWH) · Leibniz-Institut für Neurobiologie, Magdeburg (LIN) · Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa, Halle (IAMO) · Forschungszentrum Borstel – Leibniz-Zentrum für Medizin und Biowissenschaften, Borstel (FZB) · Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel (IfW) · Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik, Kiel (IPN) · Deutsche Zentralbibliothek für Wirtschaftswissenschaften – Leibniz Informationszentrum Wirtschaft, Kiel (ZBW) · Leibniz-Institut für Altersforschung – Fritz-Lipmann-Institut, Jena (FLI) · Leibniz-Institut für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie – Hans-Knöll-Institut, Jena (HKI)

ANZEIGE

