

Eine Untersuchung von 47 Muskelproteinen von 22 Tierarten, deren komplette Genome sequenziert sind, zeigte, dass Quallen und Wirbeltiere nicht ein einziges dieser Gene gemeinsam haben. Dazu gehört der bei den Bilateriern vorkommende Troponin-Komplex, der aus drei Untereinheiten besteht. Gemeinsam mit Myosin und Actin bilden die Troponin-Komplexe den kontraktilen Teil der Muskulatur. Bei Quallen sind die Muskelstreifung und die Regulation der Kontraktion jedoch nicht vom Troponin abhängig (STEINMETZ et al. 2012, 232). Damit ist der Schluss unvermeidlich, dass dieses komplexe und spezifische ultrastrukturelle Merkmal der Muskelstreifung und ihre identische Funktion konvergent entstanden sind, was völlig unerwartet ist.

Darüber hinaus müssen zusätzlich weitere Konvergenzen bei der Entstehung der Z-Linie innerhalb der Bilaterier angenommen werden (STEINMETZ et al. 2012, 232). Die Autoren schließen (S. 234), dass ultrastrukturelle Ähnlichkeit allein kein zuverlässiger Anzeiger für den Schluss auf einen gemeinsamen evolutionären Ursprung darstellt. In einem Kommentar wirft HEJNOL (2012, 182) die Frage auf, in wie vielen weiteren Fällen die Ähnlichkeiten von Zell- und Gewebstypen im Rahmen evolutionärer Interpretationen irreführend sein könnten. Er schließt seinen Kommentar mit dem Satz: „In the meantime, Steinmetz and colleagues have taught us a familiar lesson that which looks similar in nature is not necessarily similar by descent.“

Einige andere Muskelgene bzw. -proteine kommen auch bei Organismen vor, die gar keine Muskeln haben; das zentrale Myosin gehört dazu. In solchen Fällen wird evolutionstheoretisch angenommen, dass diese Gene für eine neue Funktion *zusätzlich* genutzt wurden (sogenannte Kooptation); hier also für eine Funktion im Bereich der Muskeln; ein solcher Vorgang ist aber bis auf geringfügige Änderungen rein hypothetisch.

[HEJNOL A (2012) Muscle's dual origins. *Nature* 487, 181-182; JUNKER R (2002) Ähnlichkeiten, Rudimente, Atavismen. Design-Fehler oder Design-Signale? Holzgerlingen; STEINMETZ PRH, KRAUS JEM et al. (2012)

Independent evolution of striated muscles in cnidarians and bilaterians. *Nature* 487, 231-234.] R. Junker

■ Hinweise auf komplexe unterirdische Biosphäre

Nachdem aus verschiedenen tief gelegenen Goldminen in Südafrika bzw. damit in Zusammenhang stehenden abgeschlossenen Tiefengewässern wiederholt Hinweise auf Mikroben veröffentlicht worden sind (LIPPMANN-PIPKE et al. 2011), haben kürzlich BORGONIE et al. (2011) mehrzellige Organismen (Metazoa) in diesen Systemen dokumentiert. Sie haben in Wasserproben aus Gesteinsrissen aus Tiefen von 0,5 bis 3,6 km einen bisher unbekannten Fadenwurm (Nematoda) beschrieben: *Halocephalobus mephisto* (mephisto, gr.: der das Licht nicht liebt).

Der Fadenwurm ist in der Lage, bei erhöhten Temperaturen zu leben (Temperatur maximalen Wachstums: 41 °C), reproduziert sich ungeschlechtlich und ernährt sich von Mikroben.

Für ihre Untersuchungen nutzte das Forscherteam um T. C. ONSTOTT 22 Wasserproben aus 6 Bohrlöchern von fünf Minen in Südafrika. In Proben der Beatrix Goldmine wurde der neue Nematode gefunden. Auch in anderen Proben wurden Nematoden gefunden, diese konnten jedoch bekannten Arten zugeordnet werden. Die Gefahr einer Infektion der beprobten Bohrungen halten die Autoren aufgrund der Vorsichtsmaßnahmen und von Kontrollexperimenten für sehr gering. ¹⁴C-Datierungen ergaben ein Alter der Wasserproben von 2.900 bis 12.100 Jahren.

Es scheint also tief unter der Erdoberfläche komplexe Ökosysteme zu geben, in welchen Mikroorganismen chemolithotroph leben und an den Gesteinsoberflächen Biofilme bilden. Dabei handelt es sich um eine Ernährungsform, bei der ausschließlich auf anorganische Chemikalien zurückgegriffen wird. Die hier genannten Befunde weisen darauf hin, dass die Mikroorganismen von Nematoden abgeweidet werden. Die Autoren ziehen aus ihren Befunden optimistische Hoffnungen in Bezug auf zukünftige Suche nach komplexeren Lebensformen auf dem Mars.

Dabei geben ihre Studien bislang jedoch nur Hinweise darauf, dass wir die Lebensräume auf der Erde noch sehr ungenügend kennen und zunächst großer Bedarf besteht, diese gründlich zu studieren und besser kennen zu lernen.

[BORGONIE G, GRACIA-MOYANO A, LITTHAUER D, BERT W, BESTER A, VAN HEERDEN E, MÖLLER C, ERASMUS M & ONSTOTT TC (2011) Nematoda from the terrestrial deep subsurface of South Africa. *Nature* 474, 79-82; LIPPMANN-PIPKE J, LOLLAR BS, NIEDERMANN S, STRONCIK NA, NAUMANN R, VAN HEERDEN E & ONSTOTT TC (2011) Neon identifies two billion year old fluid components in Kaapvaal Craton. *Chem. Geol.* doi: 10.1016/j.chemgeo.2011.01.028] H. Binder

■ Protofedern oder Kollagenfasern?

In den letzten 15 Jahren hat sich das evolutionstheoretische Bild von der Entstehung der Vögel sehr stark verändert. Lange Zeit stand der „Urvogel“ *Archaeopteryx* relativ isoliert im Übergangsfeld von Reptilien und Vögeln, vor allem in Bezug auf seine im Wesentlichen „modern“ gebauten Federn. Seit den 1990er Jahren sind jedoch vor allem in China zahlreiche Fossilgattungen von Dinosauriergruppen entdeckt worden, die Federn oder mutmaßlich federähnliche Körperbedeckungen besaßen (einen kurzen Überblick gibt JUNKER 2005). Daher gilt es heute weithin als gesichert, dass Vögel von zweibeinigen kleinen Raubdinosauriern aus der Gruppe der Theropoden abstammen und dass verschiedene Stufen einer evolutionären Federentwicklung fossil dokumentiert seien. Beide Auffassungen werden nur von einer Minderheit in der Fachwelt in Frage gestellt.

Zu ihnen gehört der Biologe Theagarten LINGHAM-SOLIAR von der Universität University of KwaZulu Natal / Südafrika. Seit vielen Jahren führt er Fossilisierungsversuche mit Reptilien- und Fischhäuten durch und hat in mehreren Arbeiten gezeigt, dass Zerfallsstadien von Kollagenfasern der Haut einigen fossilen Strukturen stark ähneln, die gewöhnlich als Protofedern bzw. Federvorstufen bei Dinosauriern gewertet werden (vgl. z. B. FEDUCCIA et al. 2005). Damit würde

eine mögliche Zwischenform einer evolutiven Entstehung von Federn wegfallen. Bei den als Federvorstufen interpretierten Körperanhängen handelt es sich um z. T. verzweigte faserige Strukturen, die einem hypothetischen Stadium eines populären Modells der Federentstehung entsprechen. Solche Strukturen wurden bei den Gattungen *Sinosauropteryx*, *Sinornithosaurus* und *Beipiaosaurus* entdeckt. Andere Gattungen besitzen voll entwickelte Federn, die z. T. als rückgebildet interpretiert werden; es kommen wieder bei anderen Formen auch unverzweigte faserige Integumentstrukturen vor, deren Federnatur allerdings schon aufgrund ihrer Einfachheit als zweifelhaft betrachtet werden muss (haarartige Körperbedeckungen gibt es bei vielen Reptilgattungen, die in keiner näheren Beziehung zu vogelähnlichen Dinosauriern stehen).

Nun behaupten ZHANG et al. (2010), einen Nachweis erbracht zu haben, dass es sich bei den federähnlichen Strukturen bei der Gattung *Sinosauropteryx* um Körperanhänge handeln müsse, die Federn entsprechen. Es könne ausgeschlossen werden, dass es sich um zerfallende Kollagenfasern der Haut handelt. Als Belege führen sie den Nachweis von zwei Arten von Melanosomen an, das sind Organellen, die Farbstoffe enthalten und für die Gefiederfärbung sorgen. Solche Melanosomen sind aus Federn heutiger Vögel bekannt; sie sind nur wenige μm groß und länglich bis rundlich geformt.

Sollte *Sinosauropteryx* tatsächlich Federvorstufen besitzen, wäre das evolutionstheoretisch auch insofern bedeutsam, als diese Gattung als basaler Coelurosaurier nur relativ weitläufig verwandt mit Vögeln oder vogelähnlichen Dinosauriern ist. Es wäre dann naheliegend anzunehmen, dass solche Protofedern unter Dinosauriern weit verbreitet sind.

LINGHAM-SOLIAR (2011) hat die Arbeit von ZHANG et al. kritisch analysiert und kommt zu einem negativen Urteil über deren wissenschaftliche Qualität, und zwar in zweierlei Hinsicht. Zum einen sei der Nachweis, dass es sich bei den nachgewiesenen Gebilden wirklich um Melanosomen handelt, nicht



Abb. 1 *Sinosauropteryx* aus der Inneren Mongolei. Die faserigen Strukturen entlang der Wirbelsäule werden von einigen Forschern als primitive Federn interpretiert. (Wikimedia Commons, © Sam / Olai Ose / Skjaervoy from Zhangjiagang, China)

erbracht. Er mahnt methodische Mängel an: so seien keine Quer- und Längsschnitte durchgeführt worden und es fehle eine statistische Analyse von Größe und Form der betreffenden Strukturen (LINGHAM-SOLIAR 2011, 575). Bei stärkerer Vergrößerung zeige sich, dass Form und Größe der Strukturen nicht klar bestimmbar seien; die bei geringerer Vergrößerung erkennbare Form sei eine optische Täuschung (LINGHAM-SOLIAR 2011, 567).

Darüber hinaus äußert LINGHAM-SOLIAR eine grundsätzliche Kritik:

ZHANG et al. hätten gar nicht alle denkbaren Möglichkeiten über die mögliche Natur der mutmaßlichen Melanosomen in Erwägung gezogen, sondern nur die Alternative „Melanosomen oder Bakterien“ geprüft. Daraus aber, dass die ausschließen können, dass es sich um Reste von Bakterien handelt, könne nicht geschlossen werden, dass es sich um Melanosomen handelt; das wäre eine falsche Dichotomie. Alle denkbaren Arbeitshypothesen müssten getestet werden; und LINGHAM-SOLIAR bringt aufgrund seiner experimentellen

Studien eine Reihe von Indizien dafür, dass es sich um zerfallene Reste von Kollagenfasern handeln kann und hält diese Deutung durch die Befunde für besser gestützt. Außerdem könne die Deutung nicht verallgemeinert werden. Die Deutung als Melanosomen könne zwar nicht ausgeschlossen werden, sei aber völlig spekulativ, da ZHANG et al. (2010) keine Belege dafür bringen; so müsste z. B. der Zerfall von Melanosomen untersucht und mit den fossilen Strukturen verglichen werden.

LINGHAM-SOLIAR (2011) weist aufgrund dieser Kritikpunkte die Schlussfolgerung von ZHANG et al. (2010) zurück, dass schlüssig gezeigt worden sei, dass die Integumentstrukturen von *Sinosauropteryx* Körperanhänge seien. Weder sei dies positiv gezeigt worden noch seine alle alternativen Deutungsmöglichkeiten geprüft worden. Die Federatur des mutmaßlichen einfachen Federstadiums ist damit weiterhin nicht sicher belegt.

Falsche Dichotomien gibt es häufig Ursprungsfragen. Auch DARWIN beging diesen Fehler, als der die Widerlegung der Artkonstanz als Beleg für eine allgemeine Evolution wertete und damit die Möglichkeit einer gewissen Flexibilität innerhalb eines engeren Verwandtschaftskreises nicht prüfte.

[FEDUCCIA A, LINGHAM-SOLIAR T & HINCHLIFFE JR (2005) Do Feathered Dinosaurs Exist? Testing the Hypothesis on Neontological and Paleontological Evidence. *J. Morphol.* 266, 125-166; LINGHAM-SOLIAR T (2011) The evolution of the feather: *Sinosauropteryx*, a colourful tail. *J. Ornithol.* 152, 567-577; ZHANG F, KEARNS SL, ORR PJ, BENTON MJ, ZHOU Z, JOHNSON D, XU X & WANG X (2010) Fossilized melanosomes and the colour of Cretaceous dinosaurs and birds, *Nature* 463, 1075-1078.]
R. Junker

■ Neue Kristallformen in Stacheln von Seeigeln nachgewiesen

Mit Seeigelstacheln verbinden manche vielleicht unangenehme Erinnerungen an einen vergangenen Urlaub

am Meer. Tritt man versehentlich auf einen Seeigel, so hinterlassen dessen durch die Fußsohle gedrungene und darin abgebrochene Stacheln schmerzhaft und lang dauernde Eindrücke.

Seeigelstacheln sind bereits seit langem ein intensiv untersuchter Forschungsgegenstand und ein bekanntes Beispiel für Biomineralisation, also einen Vorgang, bei dem unter biochemischer Steuerung aus Mineralien feste Komposite mit erstaunlichen Eigenschaften entstehen. Bisher erhielt man aus Röntgenstreuungs-Experimenten Hinweise darauf, dass Seeigelstacheln aus kristallinem Kalzit bestehen (ein Mineral aus Calciumcarbonat: CaCO_3), andererseits weisen die Bruchflächen charakteristische Merkmale für glasartige Materialien auf, also für ungeordnete, amorphe Strukturen. Nun haben Wissenschaftler erstmals nachgewiesen, dass Seeigelstacheln eine Struktur aufweisen, die man als mesokristallin bezeichnet. Etwa 92% des Materials besteht aus kleinen



Abb. 1 *Heterocentrotus mammillatus*, eine der untersuchten Seeigel-Arten, auf einem Korallenriff in Hawaii (Wikimedia Commons, © Scott Roy Arwood)