

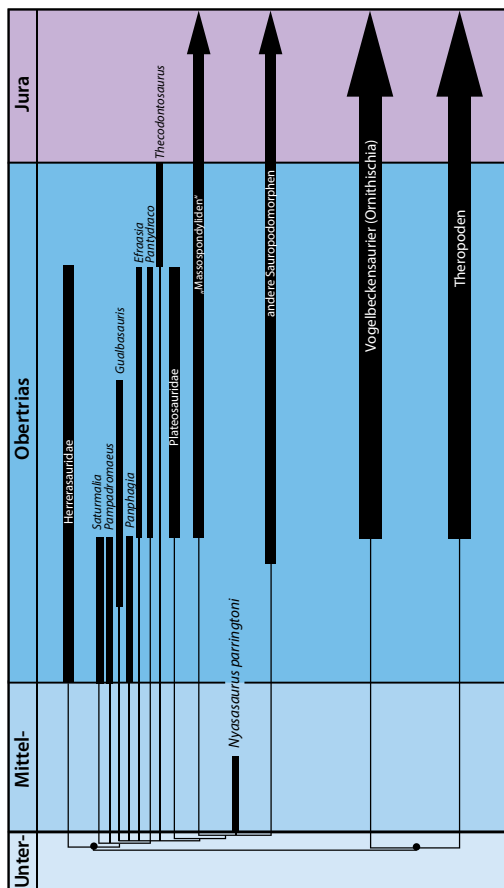


Abb. 2 Cladogramm mit Einbeziehung der nur fragmentarisch erhaltenen und umstrittenen Gattung *Nyasasaurus*. Näheres im Text. (Nach BARON et al. 2017, Online-Zusatzmaterial)

ältere Dinosaurier-Gattungen aus der Trias und dem Unterjura und fanden dabei 21 anatomische Merkmale, die die Theropoden nicht mit den Saurischia, sondern mit den Ornithischia verbinden, es handelt sich z. B. um Merkmale am Kiefer, an der Wirbelsäule, an den Beinen und an den Fußknochen (BARON et al. 2017, 502f.). Daher schlagen sie nun vor, die Theropoden mit den Ornithischia zur Gruppe der Ornithoscelida zusammenzufassen. Damit sind die Theropoden nicht mehr die Schwestergruppe der Sauropoden, sondern werden aus den Saurischia herausgenommen und als Schwestergruppe der Ornithischia angesehen (Abb. 1). Das bedeutet einen erheblichen Umbau des Dinosaurier-Stammbaums.

Konsequenzen. Für die Taxonomen, die die Ähnlichkeitsbeziehungen verschiedener Organismen und Organismengruppen erforschen, ist ein solches Ergebnis an sich keine Überraschung. Neue Erkenntnisse können etablierte Modelle nun einmal mehr oder weniger stark verändern. In diesem Fall liegt eine gewisse Brisanz allerdings darin, dass

populäre Evolutionsvorstellungen für die Abstammung der Vögel von Dinosauriern betroffen sind. So wird in wissenschaftlichen Meldungen der Tagesmedien angemerkt, dass der neue Stammbaum besser zur Evolution der Vögel passe, da diese aus den Theropoden abgeleitet werden und diese mit den „Vogelbecken-Dinosauriern“ nun in engere Verbindung gebracht werden. Doch diese Einschätzung ist irreführend. Denn auch wenn die Ornithischier mit der Theropoden-Linie verknüpft sind, ändert das nichts daran, dass die Theropoden kein „Vogelbecken“ besaßen und somit das vierstrahlige Vogelbecken nicht als Erbe der Ornithischier gewertet werden kann.

Die tiefgreifende Umgruppierung der Theropoden zeigt einmal mehr: Merkmale und Merkmalsverteilungen sind keine objektiven Anzeiger von Verwandtschaftsverhältnissen. Homologien und somit als abstammungsbedingt gedeutete Ähnlichkeiten können sich bei veränderter Datenlage als Konvergenzen entpuppen, also als unabhängig entstandene Ähnlichkeiten ohne gemeinsame Vorfahren – und umgekehrt. Die Deutungen können auch wieder zurückspringen, je nach aktueller Datenlage. Jedenfalls sind die Gemeinsamkeiten zwischen Theropoden und Sauropoden, aufgrund derer diese beiden Gruppen bisher zu den Saurischiern gestellt worden waren, nicht verschwunden, sondern müssen nun als Konvergenzen interpretiert werden. Die neue Umgruppierung hat außerdem zur Folge, dass sogenannte hypercarnivore Merkmale, die auf vornehmliche Spezialisierung auf Fleischnahrung hinweisen, bei den Herrerasauriern und den Theropoden konvergent entstanden sein müssen. Die Herrerasaurier sind im neuen System Schwestergruppe der Sauropodomorpha (BARON et al. 2017, 504).

Insgesamt stellen sich damit die Ähnlichkeitsbeziehungen immer mehr als Netzwerk dar, während bei einer Baumdarstellung mit vielen Merkmalswidersprüchen gerechnet werden muss. Das entspricht nicht evolutionstheoretischen Erwartungen.

Unter dem Zusatzmaterial publizierten BARON et al. ein Clado-

gramm mit Einbeziehung der nur fragmentarisch erhaltenen Gattung *Nyasasaurus*, deren systematische Stellung als Dinosaurier umstritten ist. Dieses Cladogramm (Abb. 2) ist in zweierlei Hinsicht auffällig: Erstens müssten sich die Dinosauriergruppen in sehr kurzer Zeit aufgespalten haben und zweitens müssten zahlreiche Geisterlinien angenommen werden, d.h. fossile Nachweise folgen für alle Dinosaurierlinien später, z. T. sehr viel später, als nach dem Cladogramm zu erwarten wäre.

[BARON MC, NORMAN DB & BARRETT PM (2017) A new hypothesis of dinosaur relationships and early dinosaur evolution. *Nature* 543, 501-506 • PADIAN K (2017) Dividing the dinosaurs. *Nature* 543, 494-495.] R. Junker

■ Hydraulische Steuerung der Thunfischflossen durch lymphatisches System

Thunfische (*Thunnus*) sind sehr schnell schwimmende und z. T. sehr große Raubfische (1-4,5 m lang, mit einer Masse von 20-700 kg; griech. tuno: eilen, stürmen). Beim Schwimmen erfolgt der Vortrieb vor allem durch die Schwanzflosse, während der Rumpf praktisch nicht bewegt wird. In den echten Knochenfischen (Teleostei) – zu dieser Teilklasse der Knochenfische (Osteichthyes) gehören die Thunfische – weist das Lymphatische System Ähnlichkeiten zu dem von Säugetieren bekannten System auf. Das Lymphatische System ist an der Immunantwort und am Flüssigkeitsausgleich (Homeostase) innerhalb des Körpers beteiligt (in enger Kopplung an das Blutsystem).

Ein Team um die amerikanische Biologin Barbara BLOCK konnte in einer Studie nachweisen, dass das Lymphatische System beim Thunfisch auch für eine ganz andere als die übliche Funktion genutzt wird: die Regulierung der Bewegung der After- und 2. Rückenflosse (PAVLOV et al. 2017). Diese anspruchsvolle Zusatzfunktion ist erstaunlich. Die Untersuchungen wurden an Nordpazifischen Blauflossen-Thunfischen (*Thunnus orientalis*) und Gelbflossen-Thunfischen (*Thunnus albacares*) durchgeführt.

An der Basis der 2. Rückenflosse befindet sich ein nicht komprimierbares Lymphgefäß, das auch in der Flosse die Räume zwischen den Flossenstrahlen durchzieht. Das Lymphgefäß vor und hinter dem nicht komprimierbaren Bereich ist in Muskelgewebe eingebettet, durch das es komprimiert werden kann. Als Folge davon wird die Lymphe in den nicht komprimierbaren Teil unter und zwischen den Flossenstrahlen der 2. Rückenflosse gepresst und diese dadurch steil aufgestellt. Dasselbe System findet sich auch bei der Afterflosse. Der Anstellwinkel der 2. Rückenflosse und der Afterflosse verändert sich in den untersuchten Thunfischen synchron. Mit dem Aufstellen der Flossen kann der Thunfisch die Steuerung seiner Schwimmrichtung beeinflussen.

Anders als bei bisher bekannten Beispielen für Anwendungen der Hydraulik im Tierreich wird bei Thunfischen das Zusammenwirken von Muskeln und Lymphgefäßen zur Manipulation des Skeletts genutzt: Die Muskeln wirken als hydraulische Pumpen, die die Lymphflüssigkeit durch die Gefäße pumpen und den Druck und das System steuern und regulieren. Die Flossenstrahlen wandeln dann diesen Druck in mechanische Energie um.

Die erstaunlichen Zusammenhänge des hydraulisch genutzten lymphatischen Systems in Thunfischen sind auch im Zusammenhang mit der Entwicklung von Tauchrobotern, die in steigender Zahl zur Erforschung der noch vergleichsweise wenig bekannten submarinen Welt entwickelt werden, von Interesse, besonders was deren Steuerbarkeit betrifft. So schreibt Michael S. TRIANTAFYLLOU, Direktor des Center of Ocean Engineering, MIT, in einem Begleitbeitrag im Untertitel: „Wie Thunfische die Form ihrer Flossen regulieren, während sie scharfe Kurven schwimmen, das legt höchste Ingenieurskunst nahe.“ („How tuna control fin shape while making sharp turns suggests optimum engineering design.“)

In der Tat, beim Versuch, Details der Schöpfung ins Auge zu fassen und besser zu verstehen, gerät man immer wieder ins Staunen und ist von Neuem fasziniert.



Abb.1 Blauflossen-Thunfisch (*Thunnus orientalis*) (© Monterey Bay Aquarium, Randy WILDER; mit freundlicher Genehmigung)

[PAVLOV V, ROSENAL B, HANSEN NF, BEERS JM, PARISH G, ROWBOTHAN I & BLOCK BA (2017) Hydraulic control of tuna fins: A role for the lymphatic system in vertebrate locomotion. *Science* 357, 310-314 · TRIANTAFYLLOU MS (2017) Tuna fin hydraulics inspire aquatic robotics. *Science* 357, 251-252.] H. Binder

■ Gene für Wespentoxine – Evolution doch ganz anders?

In Lehrbüchern für Genetik wird die Frage nach der Entstehung von neuen Genen vor allem mit Genduplikation mit anschließender Herausbildung einer neuen Funktion in einer der beiden Gene beantwortet. Daneben sind auch weitere Wege bekannt, auf denen neue Gene entstehen können, z. B. Funktionalisierung von nicht codierender DNA. Ein amerikanisches Wissenschaftlerteam um John WERREN hat die rasche Veränderung der Gene für die Toxine in parasitären Wespen untersucht, um neue Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie neue Genfunktionen entstehen (MARTINSON et al. 2017). Parasitäre Wespen legen mittels eines Legestachels ihre Eier in andere Lebewesen, wo sie sich typischerweise unter massiver Beeinträchtigung des Wirtes entwickeln – letzterer überlebt den Schlupf der Wespenlarven nur selten. Bei der Überwältigung des potenziellen Wirtes setzen die

fortpflanzungsfähigen Wespen verschiedene, jeweils passende Gifte ein. MARTINSON et al. fanden in den Giftdrüsen als Hauptursache für veränderte Giftzusammensetzungen die sog. cis-Regulation der Expression von bekannten Genen. Die Autoren fanden Hinweise darauf, dass viele Gene verschiedene Funktionen erfüllen können. Sie vermuten, dass Koooption, damit ist die Nutzung eines vorhandenen Gens für eine neue Funktion gemeint, ein Prozess ist, der bisher unterschätzt wurde, vor allem in Zusammenhängen, in denen schnelle Veränderungen vorkommen, wie das bei den Giftzusammensetzungen der parasitären Wespen der Fall ist. Dieser Befund belegt die Flexibilität von Organismen, da sie eine Gruppe von Genen höchst variabel einsetzen können. Die Ursache dieser Flexibilität konnte bisher nicht erhellt werden, sie wird in Publikationen typischerweise evolutionären Prozessen zugeschrieben, aber sie könnte auch voreingestellt, auf irgendeine Art programmiert sein. Das könnte auch für andere Mechanismen der Genentstehung wie der oben erwähnten Funktionalisierung gelten.

[MARTINSON EO, MRINALINI, KELKAR YD, CHANG C-H & WERREN JH (2017) The evolution of venom by Co-option of single-copy genes. *Curr. Biol.* 27, 2007-2013.] H. Binder