

■ Wie aus vogelartigen Fußspuren Fußspuren von Vögeln werden

Die fossilen Fußabdrücke der Gattung *Gruipeda* aus der Santa Domingo-Formation in Argentinien waren schon zweimal Gegenstand einer kurzen Betrachtung (vgl. *Studium Integrale Journal* 16, 118 und 9, 95–96). Es handelt sich dabei um Fußabdrücke, die Abdrücken heutiger Strandvögel gleichen, jedoch gemessen an evolutionstheoretischen Hypothesen „viel zu alt“ zu sein schienen. Jedenfalls waren die betreffenden Fundschichten ca. 50 Millionen Jahre älter datiert worden als der berühmte „Urvogel“ *Archaeopteryx*. Daher war bezweifelt worden, dass die eindeutig vogelartigen Fußabdrücke wirklich von Vögeln stammen. Nun stellt sich heraus, dass die von den Autoren (MELCHOR et al. 2002, GENISE et al. 2009) präsentierten widersprüchlichen Befunde ihre Ursache in Fehleinschätzungen der komplexen stratigraphischen und tektonischen Gegebenheiten haben.

Die ehemals in den Übergang Obertrias/Unterjura (ca. 200 Millionen radiometrische Jahre) gestellte Schichtenfolge mit den vogelartigen Fußabdrücken erhielt kürzlich

aufgrund neuer radiometrischer und paläomagnetischer Daten eine stratigraphische Neudefinition in das Obereozän (37 Millionen radiometrische Jahre; VIZÁN et al. 2013, MELCHOR et al. 2013). Mit dieser Revision bewertet die Autorengruppe ihre Beobachtungen neu: Bei den fossilen Fußspuren handelt es sich nicht um eine Vogelverwandtschaft, sondern sie „gehören zu Vögeln mit einem Verhalten, das heutigen Strandläufern gleicht“.

Der stratigraphischen Neudefinition, nunmehr eine Zuordnung zur Laguna Brava-Formation, waren zahlreiche Untersuchungen vorausgegangen (VIZÁN et al. 2013). Eine Neukartierung entschlüsselte die komplexen Lagerungsverhältnisse mit zahlreichen Überschiebungen. Dies erklärte den fehlerhaften Bezug zu einer „überliegenden“ Einheit mit Basaltergüssen, Basis der bisherigen Einstufung in die Obertrias, die aber stratigraphisch älter ist. Final begründet wurde die neue stratigraphische Einstufung in das Eozän durch radiometrische Datierungen an Zirkonmineralien einer Tufflage 38 m unterhalb des ersten Auftretens der Vogelspuren, die ein $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ -Alter von etwa 37 Millionen Jahren (Grenze Bartonium/Priabonium)

ergaben. Für die Revision der paläomagnetischen Daten wurden ebenfalls tektonische Ursachen angeführt. Eine anzunehmende Verstellung des Laguna Brava-Blocks um 16° (im Uhrzeigersinn) war nicht berücksichtigt worden. Wird diese erwogen, erlaubt die radiometrisch geeichte paläomagnetische Zeitskala ebenfalls eine Einstufung in das Obereozän. Dass in diesem Zusammenhang gleich zwei „Fehler“ passierten, ist rätselhaft. Und – die biostratigraphische Stellung der Sedimentfolge ist trotz allem noch nicht befriedigend geklärt. Auch bleibt abzuwarten, wie andere, bisher als triassisch-jurassisch eingeordnete „vogelartige“ Fußspuren, z. B. in Südafrika (ELLENBERGER 1972, LOCKLEY et al. 1992), erklärt werden.

[ELLENBERGER P (1972) Contribution à la classification des pistes de Vertébrés du Trias: Les types du Stormberg d'Afrique du Sud. Palaeovertebrata. Memoire Extraordinaire, Montpellier; GENISE JF, MELCHOR RN, ARCHANGELSKY M, BALA LO, STRANECK R & DE VALAIS S (2009). Application of neochronological studies to behavioural and taphonomic interpretation of fossil bird-like tracks from lacustrine settings: the Late Triassic–Early Jurassic? Santo Domingo Formation, Argentina. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 272, 143–161; LOCKLEY MG, YANG S-Y, MATSUKAWA M, FLEMING F & LIM S-K (1992). The track record of Mesozoic birds: evidence and implications. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 336, 113–134; MELCHOR RN, DE VALAIS S & GENISE JF (2002) Bird-like fossil footprints from Late Triassic. Nature 417, 936–938; MELCHOR RN, BUCHWALDT R & BOWRING SA (2013) A Late Eocene date for Late Triassic bird tracks. doi:10.1038/nature11931; VIZÁN H, GEUNA S, MELCHOR R, BELLOSI ES, LAGORIO SL, VÁSQUEZ C, JAPAS MS, RÉ G & DO CAMPO M (2013) Geological setting and paleomagnetism of the Eocene red beds of Laguna Brava Formation (Quebrada Santo Domingo, northwestern Argentina). Tectonophysics 583, 105–123.] M. Kotulla



■ Biologische Information und Interaktion einer Zelle

Biologische Information ist u. a. durch biologische Funktion gekennzeichnet. Dazu gehört bei Enzymproteinen beispielsweise die Fähigkeit, chemische Reaktionen zu katalysieren. Darüber hinaus müssen Proteine aber auch miteinander und mit anderen Zellkomponenten (Nukleinsäuren, Zuckermoleküle etc.) interagieren, also in einer Wech-

Abb. 1 Früher als vogelartig beschriebene Fußspuren aus der Santo Domingo-Formation werden nun als Spuren von Vögeln anerkannt, nachdem sie neu datiert wurden. Balken: 10 cm. (© Ricardo N. MELCHOR, Abdruck mit freundlicher Genehmigung)

selwirkung zueinander stehen. Die Gesamtheit dieser Interaktionen der Komponenten einer Zelle nennt man *Interaktom*. Nun können die Komponenten einer Zelle auf unvorstellbar viele Arten miteinander interagieren: Wenn eine Zelle nur aus 50 verschiedenen Teilen bestünde (heutige Zellen haben tausende von Komponenten), gäbe es theoretisch rund 10^{32} paarweise Interaktionsmöglichkeiten. Wie viele davon für eine Funktion der Zelle nötig sind, ist unbekannt.

TOMPA & ROSE (2011) haben darauf hingewiesen, dass die bloße Mischung der passenden Zahl aller chemischen Komponenten einer heutigen Zelle nicht „lebt“, wenn man sie mit einer Hülle umgibt (obwohl die Einzelteile das Potential für die notwendigen Interaktionen aufweisen sollten). Anders ausgedrückt: Leben kann nicht auf die Präsenz der notwendigen chemischen Komponenten einer Zelle reduziert werden, diese müssen zusätzlich auf eine hochspezifische Weise im Interaktom konzertiert zusammenwirken. Das Interaktom repräsentiert demnach eine besondere Art biologischer Information, die von einer Mutterzelle an eine Tochterzelle weitergegeben wird und die auf zahlreichen hierarchisch geordneten, energiegetriebenen und raumzeitlich gesteuerten Proteinassemblierungssystemen beruht. Man hat bisher keine Hinweise darauf, dass diese „Information“ aus den reinen Komponenten einer Zelle durch zufällige Interaktionen („self-assembly“) von selbst entsteht.

Dieses Prinzip dürfte auch für eine hypothetische erste, primitive Zelle aus relativ wenigen Bestandteilen gelten. Für die Entstehung eines ersten zellulären Replikators reicht es daher wahrscheinlich nicht aus, wenn nur dessen chemische Bestandteile (auf unbekannte Weise) entstehen und (auf ebenfalls unbekannte Weise) zusammen in ein Kompartiment gelangen. Neben der Frage der Chemie der Lebensentstehung, der Entstehung von chemischen Molekülen als Informationsträger, der selektiv durchlässigen Umhüllung von Zellen und anderen Fragen gesellt sich zur Frage der Lebensentstehung also auch die Frage nach der Entstehung

der Wechselwirkungen der molekularen Komponenten von Zellen.

[TOMPA P & ROSE GD (2011) The Levinthal paradox of the interactome. *Protein Science* 20, 2074-2079.] S. Scherer

■ Die Verschiedenartigkeit der Priapuliden

Die Priapulida (Priapswürmer) sind ein Stamm von fleischfressenden, im Meer lebenden Würmern, von denen vier Familien heute noch vorkommen. Mehrere nah verwandte Formen sind aus dem Kambrium bekannt, nämlich die sog. Archaeopriapulida und Palaeoscolecida, die heute ausgestorben sind (vgl. Abb. 1). Da von den letztgenannten viele Fossilien gefunden wurden, eignen sie sich gut für paläontologische Untersuchungen.

Die Arbeitsgruppe um Matthew WILLS von der University of Bath veröffentlichte letztes Jahr eine Studie, in der sie das Maß der Verschiedenartigkeit der kambrischen bzw. modernen Priapulida verglichen. Mit *Verschiedenartigkeit* (*disparity*) wird die morphologische Variation, also die Unterschiedlichkeit von Bauplänen innerhalb einer größeren Formengruppe bezeichnet, während mit *Vielfalt* (*diversity*) die Variabilität und damit die Zahl der Äste am Stammbaum innerhalb eines engeren Verwandtschaftskreises gemeint ist. Beispielsweise würde man zehn Hunderassen als *vielfältig* bezeichnen, dagegen zehn sehr verschiedene Säugerarten (etwa von Fledermaus bis Blauwal) als *verschiedenartig*.

Interessanterweise stellten die Forscher fest, dass sich die Verschie-

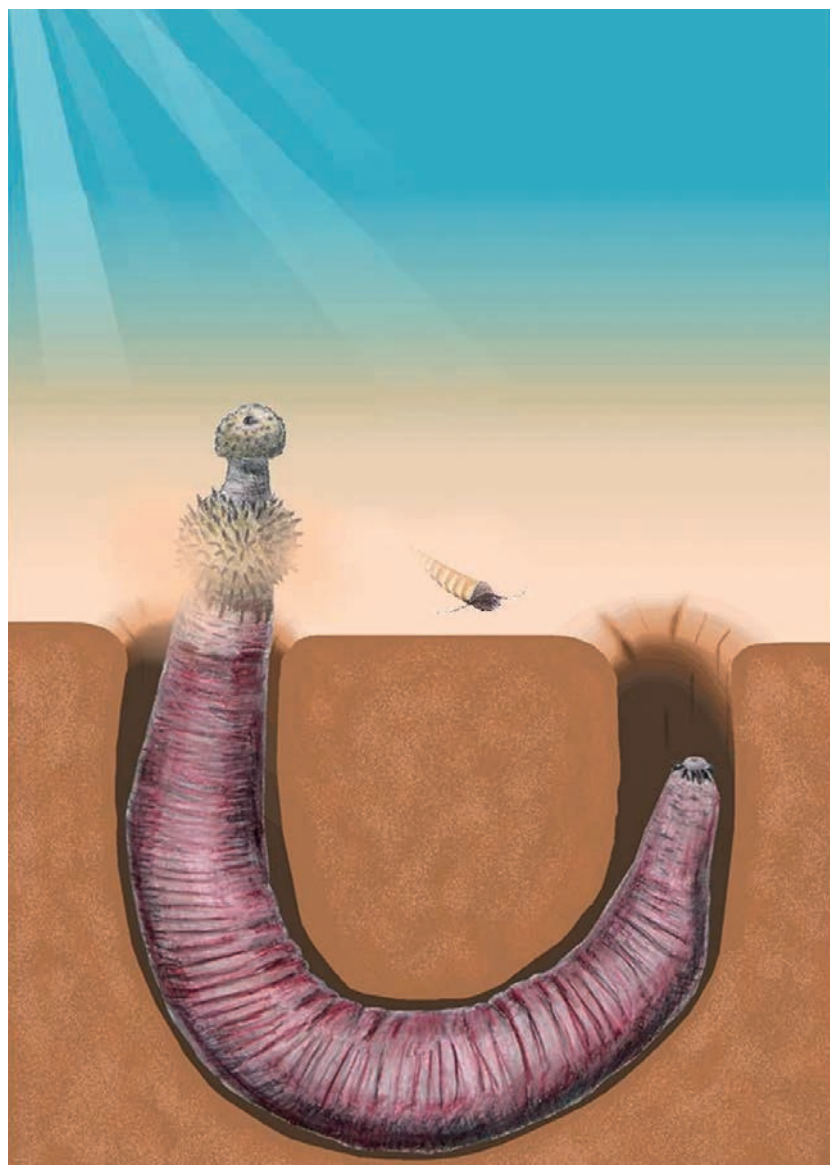


Abb. 1 Zeichnerische Rekonstruktion des ausgestorbenen Priapuliden *Ottoia* aus dem kambrischen Burgess-Schiefer. (Wikimedia Commons, smokeybjb)