

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-

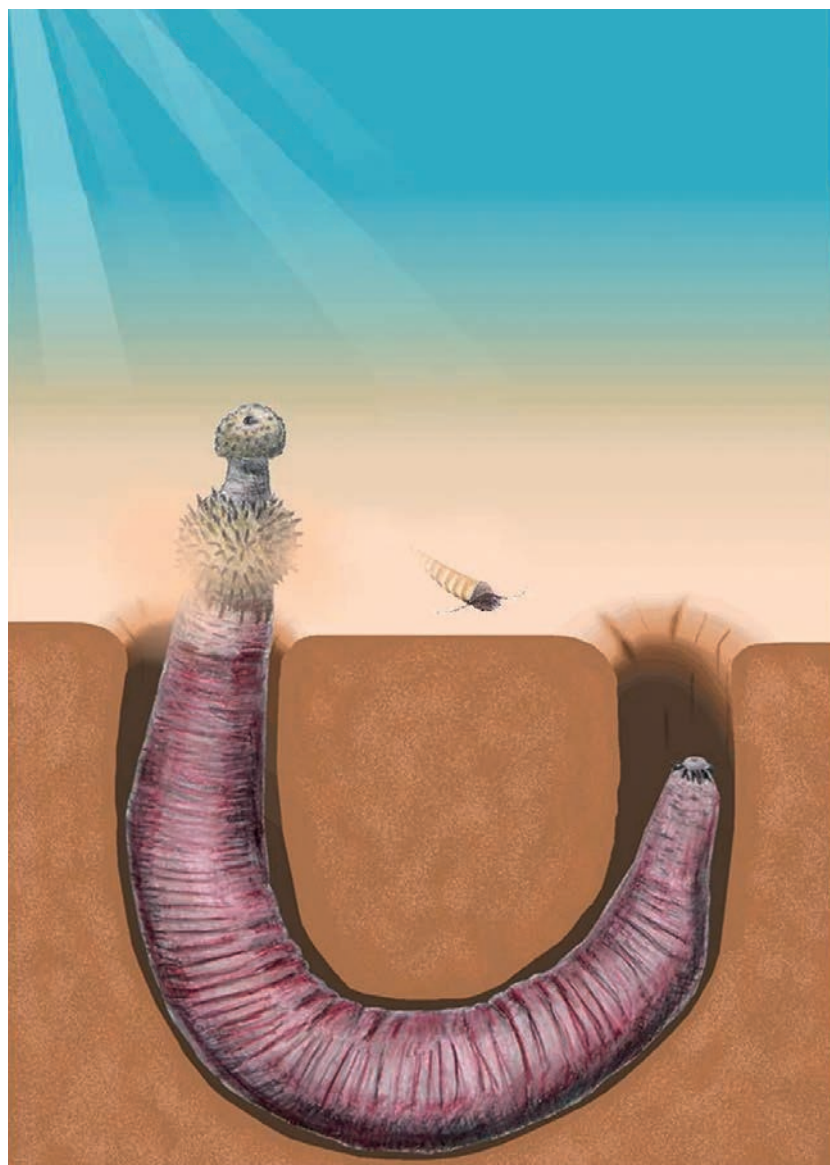


Abb. 1 Zeichnerische Rekonstruktion des ausgestorbenen Priapuliden *Ottoia* aus dem kambri- schen Burgess-Schiefer. (Wikimedia Commons, smokeybjb)

denartigkeit der Priapulida seit dem Kambrium kaum vergrößert hat. Das bedeutet, dass dieser Stamm schon wenige Millionen Jahre geologischer Zeit nach seinem Erscheinen im Fossilbericht (zu Beginn des Kambriums) eine Variationsbreite erreicht hatte, die der heutigen annähernd gleichkommt. Dieser Befund scheint statt des traditionellen „Kegel der zunehmenden Verschiedenartigkeit“-Modells („cone of increasing diversity“) viel eher einen „Zylinder der gleichbleibenden Verschiedenartigkeit“ zu stützen, wie die Autoren es selbst ausdrücken. Dies stellt aber ein Problem für die Evolutionsforschung dar, da dieser Zylinder in sehr kurzer Zeit (nach evolutionären Maßstäben) bereits in großer Breite vorhanden war. Wie und wann sich diese anfänglich schon vorhandene Verschiedenartigkeit hätte entwickeln können, bleibt unbekannt. Somit wird wieder einmal der Eindruck einer „kambrischen Explosion“ verstärkt.

Die hier vorgestellte Publikation berichtet über eine Nachfolgestudie. Bereits 1998 hatte WILLS eine Studie zur gleichen Fragestellung veröffentlicht, in der er größtenteils zu densel-

ben Schlussfolgerungen gelangt war wie jetzt (WILLS et al. 2012). In den zwischendurch verflossenen Jahren sind viele neue Fossilien und einige neue Spezies entdeckt worden, so dass die zweite Studie Zugriff auf ein signifikant größeres Datenset hatte als die erste. Die beobachtete Kontinuität der Verschiedenartigkeit lässt sich also schwer mit mangelnden Daten erklären.

Zusätzlich zu den morphologischen Analysen versuchten die Forscher auch, Stammbäume zu erstellen, um die evolutionären Beziehungen der verschiedenen Gattungen untereinander aufzuzeigen. Diese waren jedoch sehr instabil, d. h. je nach benutztem Datenset oder Gewichtung der verwendeten Merkmale entstanden verschiedene Stammbäume. Es ist möglich, dass schlecht erhaltene Fossilien zu Datenlücken geführt haben, die wiederum für die Instabilität verantwortlich sind. Die Autoren halten dies allerdings für unwahrscheinlich. Da sie aber keine andere Erklärung haben, wirft dies die Frage nach der grundsätzlichen Möglichkeit der Erstellung eines solchen Stammbaums auf.

Auffällig ist auch folgender Befund: Während das Maß der Verschiedenartigkeit über die Zeit hinweg konstant blieb, überlappen sich die tatsächlich im Kambrium ausgeprägten morphologischen Merkmale kaum mit denen, die wir heutzutage anfinden. Aus diesem Grund ordnen WILLS et al. die von ihnen untersuchten Spezies in drei „clades“ (= *Abstammungslinien*) ein: zwei aus dem Kambrium und eine mit allen späteren Spezies. Dies zu erklären ist für alle Ursprungsmodelle eine Herausforderung.

Abschließend ist festzuhalten, dass diese Studie ein weiteres Beispiel dafür liefert, dass eine Tiergruppe bereits kurz nach ihrem erstmaligen Auftritt im Fossilbericht so viel Verschiedenartigkeit aufweist wie heute noch. Und trotz einer Menge neuer Daten hat sich in den letzten 15 Jahren an diesem Bild nichts Grundsätzliches geändert.

[WILLS MA (1998) Cambrian and recent disparity: the picture in priapulids. *Paleobiology* 24, 177; WILLS MA, GERBER S, RUTA M, HUGHES M (2012) The disparity of priapulid, archaeopriapulid and palaeoscolecid worms in the light of new data. *J. Evol. Biol.* 25, 2056-2076] D. Vedder