

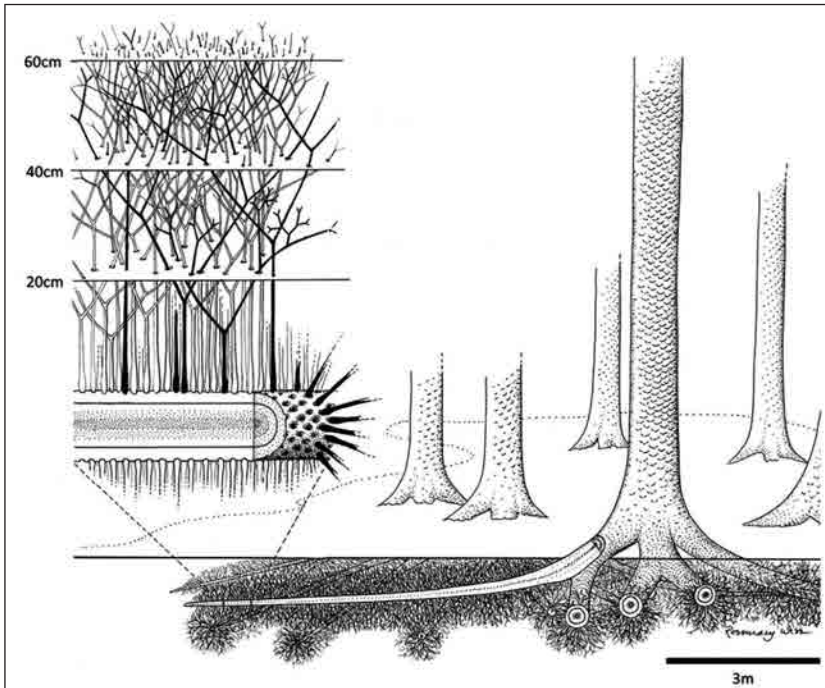


Abb. 3 Rekonstruktion von Stigmarien mit 4-5-fach verzweigten feinen Anhängseln, die bis zu 90 cm lang und wenige Millimeter dick waren. (Aus HETHERINGTON et al. 2016, © PNAS)

Gattung *Isoetes* (Brachsenkraut). Die Architektur der basalen Organe von *Isoetes* ist so ähnlich, dass HETHERINGTON et al. (2016) schließen, dass sich dieses System seit der Karbonzeit unverändert erhalten hat. Die kleinwüchsigen Brachsenkräuter leben als Wasser- oder Sumpfpflanzen in Seen, Teichen, Flüssen, Sumpfgebieten und in kurzlebigen Pfützen (GIFFORD & FOSTER 1989, 154).

Die verzweigten Anhänge der Stigmarien sind bis zu 90 cm lang und ermöglichten eine gute Verankerung – so HETHERINGTON et al. (2016). Es könnte aber auch sein, dass sie zur Vernetzung und Stabilität beitrugen, falls es sich um Schwimmwälder gehandelt hat, wofür wie erwähnt zahlreiche Indizien sprechen, die kaum mit einem Wuchs in festem Boden vereinbar sind. Dazu passt, dass die Stigmarien bis zu 12 Meter ausstrichen, mit Nachbar-Stigmarien verflochten waren und die Bäume sehr dicht standen (HETHERINGTON et al. 2016, 4).

[GIFFORD EM & FOSTER AS (1989) Morphology and evolution of vascular plants. 3rd ed. New York • HETHERINGTON AJ, BERRY CM & DOLAN L (2016) Networks of highly branched stigmarian rootlets developed on the first giant trees. Proc. Natl. Acad. Sci. 113, 6695-6700 • JUNKER R (2000) Samenfarne, Bärlappbäume, Schachtelhalme. Pflanzenfossilien des Karbons in evolutionstheoretischer Perspektive. Studium Integrale. Holzgerlingen • PHILLIPS TL & DiMICHELE WA (1992) Com-

parative ecology and life-history biology of arborescent lycopsids in Late Carboniferous swamps of Euramerica. Ann. Miss. Bot. Gard. 79, 560-588] R. Junker

■ Wie viel Stillstand verträgt die Evolutionstheorie?

Von Paläontologen vielfach beschrieben wird die Beobachtung, dass bestimmte fossil überlieferte Arten über einen längeren Zeitraum bzw. in einer umfangreichen Abfolge von Sedimenten im Wesentlichen unverändert bleiben. Wenn solche Arten heute noch leben, nennt man sie „lebende Fossilien“. Dieses Phänomen wird als evolutionäre „Stasis“ (Stillstand) bezeichnet. Manchmal werden solche Befunde als Argumente gegen Evolution gewertet. Allerdings gibt es auch unter Annahme einer evolutiven Entstehung der Arten keinen „Evolutionsschwund“; daher steht Stasis nicht notwendigerweise im Widerspruch zu einer Evolutionsgeschichte der Lebewesen.

Stasis kann dennoch zum Problem für die Theorie von einer allgemeinen Evolution werden, wenn sie 1. vorherrschend ist und 2. auch dann beobachtet wird, wenn es massive Umweltänderungen gegeben haben muss. Denn üblicherweise wird Stasis damit erklärt, dass die betreffenden Arten in konstanten Umwelten leben

bzw. gelebt haben, folglich ohne nennenswerten Wechsel von Selektionsbedingungen, und es daher keinen Druck zur Veränderung gegeben hat. Unter stark wechselnden Umweltbedingungen wird evolutionär dagegen eher ein Formenwandel erwartet.

Von einem ausgesprochen hartnäckigen Fall von Stasis berichtet der Paläontologe Donald R. PROTHERO auf dem Blog skeptical.com (PROTHERO 2012; dort finden sich Angaben zu Fachartikeln). Er schreibt (in teilweise freier Übersetzung): „Bei vier der größten Veränderungen von Klima und Vegetation der letzten 50 Millionen Jahre zeigen die Säugetiere und Vögel keine beobachtbare Veränderung als Antwort auf das veränderte Klima. Wo immer ich diese Daten vorstelle, hat bisher niemand (ich eingeschlossen) eine gute Erklärung für eine solche verbreitete Stasis trotz der offensichtlichen Selektionsdrücke durch verändertes Klima.“

Das letzte Beispiel von den vier, die PROTHERO anführt, sind die letzten 2 Millionen (radiometrischen) Jahre der Eiszeit mit dramatischen Klimaänderungen, die jedoch nicht zu Artbildungen führten, sondern zu Wanderungen der betroffenen Tiere in andere Gegenden. Eine detaillierte Analyse der fossilen Fauna von La Brea bei Los Angeles ergab: „Keines der allgemein vorkommenden eiszeitlichen Säugetiere und Vögel reagierte auf irgendwelche Klimaänderungen bei La Brea während der letzten 35 000 Jahre.“

Das sind eindrucksvolle Bestätigungen für die Aussagen des 1972 veröffentlichten Klassikers von Niles ELDREDGE und Stephen Jay GOULD über die Hypothese des „unterbrochenen Gleichgewichts“ („punctuated equilibrium“; auch als Punktualismus bekannt). PROTHERO schrieb seinen Beitrag anlässlich des 40-jährigen Jubiläums der Veröffentlichung dieses Artikels. GOULD & ELDREDGE (1977) machten fünf Jahre nach der Veröffentlichung ihres bahnbrechenden Artikels eine erste Bestandsaufnahme und kamen – in den Worten von PROTHERO – zu folgendem Ergebnis: „Die erste große Entdeckung war, dass Stasis weitaus vorherrschender im Fossilbericht ist als es zuvor vorausgesagt worden war.“



Abb. 1 Rekonstruktion des Hakenrüsslers *Eokinorhynchus rarus* von verschiedenen Seiten. (Künstlerische Darstellung von Dinghua YANG, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology; aus ZHANG et al. 2015, Creative commons licence)

Viele Paläontologen meldeten sich und zeigten auf, dass die geologische Literatur ein einziges gewaltiges Monument der Stasis sei und es nur relativ wenige Fälle gebe, in denen jemand eine graduelle Evolution beobachtet hätte.“

GOULD & ELDREDGE (1993) nahmen auch das 20-jährige Jubiläum ihres Artikels von 1972 zum Anlass für eine weitere Bilanz und resümieren: „Weil Arten während so intensiver klimatischer Änderungen wie eiszeitlichen Abkühlungen oft stabil bleiben, muss Stasis als aktives Phänomen betrachtet werden, nicht als eine passive Antwort auf unveränderte Umwelten.“ Das ist das Gegenteil von dem, was mit dem Konzept der Stasis ursprünglich verknüpft wurde.

Für PROTHERO ist dieser komplett unerwartete, weit verbreitete Befund übrigens kein Grund zur Irritation. Es sei gut, wenn wir statt Antworten mehr Fragen hätten. Wissenschaft komme voran, wenn wir bisher unbekannte Dinge entdecken und merken, dass unsere bisherigen einfachen Antworten nicht funktionieren. Soweit PROTHERO. Aber es besteht auch die Möglichkeit, dass eine

falsche Spur verfolgt wird. Hat der *systematische* Befund der Stasis seinen Grund darin, dass der Evolvierbarkeit Grenzen gesetzt sind und eine Fehleinschätzung der real verfloßenen Zeit vorliegt?

[PROTHERO DR (2012) Darwin's Legacy. <http://www.skeptic.com/eskeptic/12-02-15/#feature> • ELDREDGE N & GOULD SJ (1972) Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism. In: SCHOPF T (ed) Models in paleobiology. Freeman, Cooper and Co., San Francisco, pp 82-115 • GOULD SJ & ELDREDGE N (1977) Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered. Paleobiology 3, 115-151 • GOULD SJ & ELDREDGE N (1993) Punctuated equilibrium comes of age. Nature 366, 223-227] R. Junker

■ Hakenrüssler (Kinorhyncha) – ein weiterer Tierstamm der „kambrischen Explosion“

Eine große Anzahl ganz verschiedenartiger Tierstämme ist fossil erstmals im unteren Kambrium dokumentiert. „Diese geologisch abrupte und spektakuläre Überlieferung von frühem tierischem Leben wird kambrische Explosion genannt“ (ERWIN & VALENTINE 2013, 5). In den letzten Jahren wurden immer wieder fossile Formen im Unterkambrium entdeckt, die die kambrische Formenvielfalt weiter vergrößerten. Dazu gehört seit kurzem auch der Stamm der Hakenrüssler (Kinorhyncha). Es handelt sich dabei um winzige wurmartige, segmentierte und mit hohlen Stacheln und gegliederten Platten ausgestattete Organismen, die maximal kaum einen Millimeter groß werden. Der im Querschnitt dreieckige bis kreisförmige Körper ist in Kopf (sog. Introvert), Hals und Rumpf mit 11 Segmenten gegliedert. Bislang waren sie fossil noch gar nicht bekannt. In der heute lebenden Fauna sind sie mit ca. 240 Arten vertreten und weltweit aus Sand und Schlick der Meere bekannt, aus der Gezeitenzone bis in mehreren Tausend Metern Tiefe. Da verwandte Tierstämme wie die Priapswürmer aus dem Kambrium bereits bekannt waren, ist die Entdeckung der Hakenrüssler in kambrischen Sedimenten nicht überraschend (ZHANG et al. 2015).

Die etwa 2 mm langen Kinorhyncha-Fossilien (vgl. Abb. 1)

wurden in der Provinz Sichuan in China entdeckt, in Schichten, aus denen auch die sogenannte small-shelly-Fauna bekannt ist (s.u.); datiert auf 535 Millionen radiometrische Jahre.

Ähnlichkeiten der neu entdeckten Arten (von denen nur *Eokinorhynchus rarus* einen Artnamen erhielt) mit heute lebenden Hakenrüsslern umfassen die hohlen Stacheln in fünf Paaren und den Aufbau des Körpers in Ringsegmenten (Hautfalten) mit gegliederten Platten. Sie unterscheiden sich aber auch deutlich in einigen Merkmalen von heute lebenden Arten, z. B. in der Zahl der Segmente (20 statt 11) und der Größe, Form und Anordnung der Stacheln (ZHANG et al. 2015, 5).

ZHANG et al. (2015, 5) stellen eine mögliche Verbindung zur sogenannten small-shelly-Fauna (SSF) her. Dabei handelt es sich um vielfältige winzig kleine (< 2 mm) beschaltete Fossilien, die in phosphathaltigen Sedimenten des Unterkambriums vorkommen. Möglicherweise können manche von ihnen den Kinorhyncha oder ähnlichen Formen zugeordnet werden.

Auf der Basis gestaltlicher Merkmale werden die Kinorhyncha mit den Priapulida (Priapswürmer) und Loricifera (Korsettierchen) zu den Scalidophora zusammengefasst. Diese wiederum werden mit den Nematoda (Fadenwürmer und andere Formen) zu den Cycloneuralia gestellt, welche die Schwesterngruppe der Panarthropoda (Gliederfüßer) bilden. Die Verwandtschaftsverhältnisse sind wegen inkongruenter Merkmalsverteilungen unklar (ZHANG 2015, 4+5). Auch die phylogenetische Position von *Eokinorhynchus rarus* ist nicht klar bestimmbar.

Es beginnt also – auch in diesem Fall – nicht nur die Fossilüberlieferung abrupt (kambrische Explosion), sondern es sind auch die stammesgeschichtlichen Beziehungen unklar – beides Befunde, die evolutionstheoretisch nicht zu erwarten sind.

[ERWIN D & VALENTINE J (2013) The Cambrian Explosion. The construction of animal biodiversity. Greenwood Village, Colorado • ZHANG H, XIAO S et al. (2015) Armored kinorhynch-like scalidophoran animals from the early Cambrian. Sci. Rep. 5:1652; doi:10.1038/srep16521] R. Junker