

Familie Anchiornithidae zugeordnet. Das Haarlem-Exemplar war als erstes *Archaeopteryx*-Fossil im Jahr 1857 entdeckt worden, lange aber als Flugsaurier fehlinterpretiert und erst im Jahr 1970 als Theropode erkannt worden. Wie alle *Archaeopteryx*-Fossilien stammt es aus den fränkischen Solnhofener Plattenkalken. Durch die Neuklassifikation liegt damit erstmals ein Fund der Paraves außerhalb Ostasiens vor.

Die Autoren nahmen auch eine Analyse der geographischen und stratigraphischen Verteilung der Coelurosaurier vor. Coelurosaurier sind eine Untergruppe der Theropoden, zu denen auch die Vögel gerechnet werden. Dabei kommen sie zu bemerkenswerten Ergebnissen: Die derzeit vorliegenden Fossilfunde und ihre geographische Verteilung führen zur Annahme, dass die Coelurosaurier-Untergruppe der Maniraptoren („Handräuber“) eine „explosive Radiation“ erfahren hätten, die vermutlich im Mitteljura in Ostasien stattfand. Das von FOTH & RAUHUT (2017) veröffentlichte Cladogramm zeigt darüber hinaus, dass für einen Großteil der Coelurosaurier lange Geisterlinien angenommen werden müssen (Abb. 1). Das heißt: Es muss

unter evolutionstheoretischen Voraussetzungen angenommen werden, dass viele Linien während 20–30 und z. T. noch mehr Millionen Jahren ihrer anzunehmenden Existenz keine Fossilien hinterlassen haben, während von anderen Linien aus vergleichbaren geologischen Schichten fossile Reste überliefert sind. Eine solche Situation ist evolutionstheoretisch und in einem Langzeitrahmen problematisch.

Weiter interpretieren die beiden Autoren die Befunde so, dass es im Oberen Jura eine rasche geographische Ausbreitung der verschiedenen Gruppen auch nach Europa gegeben haben müsse, was möglicherweise durch die geringe Körpergröße und die teilweise Flugfähigkeit erleichtert gewesen sei. Erstaunlicherweise nehmen sie außerdem an, dass die Flugfähigkeit mehrfach unabhängig entstanden sein könnte. Diese Annahme ist mittlerweile zwar nicht mehr ganz neu und wird durch die mosaikartige Merkmalsverteilung der unterschiedlichen Gattungen unterstützt, widerspricht aber früher explizit formulierten evolutionstheoretischen Prognosen. Alles in allem ist das von FOTH & RAUHUT gezeichnete Bild nur mit vielen Zusatzhypothesen in einen evolutionären Rahmen einpassbar.

[FOTH C & RAUHUT OWM (2017) Re-evaluation of the Haarlem *Archaeopteryx* and the radiation of maniraptoran theropod dinosaurs. BMC Evol. Biol. 17 (1), doi:10.1186/s12862-017-1076-y] R. Junker

■ Komplexaugen: Komplex von Anfang an

In den ältesten Schichten des Unterkambriums und – evolutionstheoretisch – somit an der Basis der „kambrischen Explosion“ wurden bei einem Trilobiten erstmals zellulär erhaltene Komplexaugen entdeckt. Sie zeigen im Wesentlichen den gleichen grundsätzlichen Aufbau eines Komplexauges wie bei Augen heutiger Bienen oder Libellen.

Die Entstehung von Augen ist eines der Lieblingsbeispiele von Evolutionstheoretikern, mit denen sie zeigen möchten, dass mittlerweile im Wesentlichen verstanden sei, wie ein komplexes Organ schrittweise

evolutiv entstehen konnte. Auch in der Wikipedia wird dieser Eindruck vermittelt. Er entspricht jedoch in keiner Weise den Tatsachen. Die Aneinanderreihung von sechs unterschiedlich komplexen Augentypen werden der Komplexität dessen, was evolutionstheoretisch durch blinde Prozesse erklärt werden müsste, in keiner Weise gerecht (ULLRICH et al. 2006). Augenserien, mit denen eine evolutive Entstehung plausibel gemacht werden soll, entsprechen zudem nicht einmal hypothetischen stammesgeschichtlichen Abfolgen konkreter Organismen, sondern sind theoretische Modellreihen. Zudem müsste aufgrund der sehr unsystematischen Verteilung von Augentypen im Tierreich im Rahmen evolutionstheoretischer Modellbildungen angenommen werden, dass etwa der Linsenaugen-Typ, wie ihn z.B. Wirbeltiere besitzen, vielfach unabhängig aus einfacheren Augentypen entstanden sein müsste (JONASOVA & KOZMIK 2008, fig. 1). Ähnliches gilt auch für andere Augentypen.

Weniger bekannt scheint zu sein, dass auch der Fossilbericht eine Evolution komplexer Augen nicht unterstützt – im Gegenteil: Sowohl Linsenaugen des Kameratyps als auch Komplexaugen (Facettenaugen) sind unter den ältesten vielzelligen Tieren der „kambrischen Explosion“ anzutreffen. Der räuberisch lebende *Anomalocaris* aus dem Unterkambrium besaß sogar Facettenaugen, die zu den größten und bestauflösenden bekannten Facettenaugen gehören und diesbezüglich nur von den Komplexaugen einiger Libellen übertrumpft werden (PATERSON et al. 2011).

Bislang konnte man anhand der fossilen Erhaltung der kambrischen Fossilien allerdings nur die äußere Struktur von Komplexaugen untersuchen. Ein neuer hervorragend erhaltener Fund mit zellulär erhaltenen Augenstrukturen erlaubt nun aber auch Einblicke in den inneren Feinbau eines Trilobiten-Auges. Die Zoologin Brigitte SCHOENEMANN von der Universität Köln und ihre Kollegen beschreiben die Details eines Komplexauges des Trilobiten *Schmidtellus reetae*, der in den untersten Schichten des unteren Kam-



Abb. 1 Der Trilobit *Schmidtellus reetae* und seine Kopfregion (unten). (Aus SCHOENEMANN et al. 2017, CC BY-NC-ND)

briums in Estland gefunden wurde. Trilobiten sind eine im Kambrium weit verbreitete Gruppe der Gliederfüßer. Die fossilen Augen zeigen, dass ihr Aufbau im Wesentlichen dem Bau heutiger sogenannter Ap-positionsaugen wie z.B. von Bienen oder Libellen entspricht. Bei Ap-positionsaugen ist jedes Einzelaug (Ommatidium) durch Pigmente von seinen Nachbaraugen abgeschirmt. Es fehlt bei *Schmidtellus* allerdings die Linse, was jedoch durch einen besonderen Bau der Einzelaugen ausgeglichen wird, sodass nach Abschätzung der Wissenschaftler die Lichtstärke des Auges nicht geringer war als bei vergleichbaren heutigen Einzelaugen. „There is an elegant physical solution, however, of how to develop a quality image of modern type“ (SCHOENEMANN et al. 2017, 1); „So, in total, the system of the trilobite *S. reetae* is in a state similar to modern aquatic arthropods, even without a lens“ (SCHOENEMANN et al. 2017, 5).

Das Auge besteht aus etwa 100 Einzelaugen, die im Vergleich zu heutigen Formen relativ weit auseinander stehen. Jedes Ommatidium bestand wie in modernen Facettenaugen aus acht Sinneszellen: ein zentrales Lichtleiterstäbchen (Rhabdom) und sieben sich darum gruppierende Elemente. Der Fund zeigte, dass „hochentwickelte (‘sophisticated’) Augen schon zu Beginn des Fossilberichts höherer Organismen existierten“, stellen die Wissenschaftler fest (SCHOENEMANN et al. 2017, 1).

Mit nur etwa 100 „Pixeln“ war die Sehleistung freilich gering, doch ermöglichte die Anordnung der ca. 1 x 0,5 cm großen Augen ein breites Sichtfeld nach vorne und zur Seite, innerhalb dessen Bewegungen und Helligkeitsverteilungen wahrgenommen werden konnten. Doch wie erwähnt sind aus dem Unterkambrium auch ausgesprochen hochauflösende Komplexaugen bekannt; SCHOENEMANN et al. (2017, 5) weisen selbst auf einen weiteren baltischen Trilobiten, *Holmia kjerulfi*, hin, der in nur wenig jünger datierten Schichten gefunden wurde und hochauflösende Augen mit dicht gepackten Einzelaugen besaß, eine Konstellation, die den

Augen heutiger Libellen vergleichbar war.

SCHOENEMANN et al. (2017, 1) merken an, dass der Ursprung der Trilobiten insgesamt unklar sei. Der fossile Nachweis von Facettenaugen, deren Grundaufbau im Wesentlichen „modern“ ist, in den ältesten kambri-schen Schichten entspricht ziemlich dem Gegenteil dessen, was evolutionstheoretisch zu erwarten wäre. [JONASOVA K & KOZMIK Z (2008) Eye evolution: Lens and cornea as an upgrade of animal visual system. *Sem. Cell Dev. Biol.* 19, 71–81 • PATERSON RJ, GARCÍA-BELLIDO DC, LEE MSY, BROCK GA, JAGO JB & EDGE-COMBE GD (2011) Acute vision in the giant Cambrian predator *Anomalocaris* and the origin of compound eyes. *Nature* 480, 237–240 • SCHOENEMANN B, PÄRNASTE H & CLARKSON ENK (2017) Structure and function of a compound eye, more than half a billion years old. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 114, 13489–13494 • ULLRICH H, WINKLER N & JUNKER R (2006) Zankapfel Auge. Ein Paradebeispiel für „Intelligent Design“ in der Kritik. *Stud. Integr. J.* 13, 3–14.] R. Junker

■ Winzige Pfauenspinne kann mikroskopische Regenbogen erzeugen

Pfauenspinnen (*Maratus*) gehören zu den Springspinnen und sie zeigen wie die Vögel, auf die ihr Name hinweist, ein auffälliges Farbspiel. Die irisierenden Farben der langen Schwanzfedern, die der Pfau zur Werbung bei Hennen einsetzt, weisen Pfauenspinnen an ihrem Hinterleib auf. Sie nutzen sie mit tänzerischen Bewegungen zum selben Zweck, der Werbung um Spinnenweibchen. Bei einigen australischen Vertretern der Pfauenspinnen ist das gesamte sichtbare Spektrum, also alle Regenbogenfarben, abhängig vom Betrachtungswinkel zu beobachten. Irisierende Farbmuster von Oberflächen im Pflanzen- und Tierreich zeigen oft nur einen kleinen Ausschnitt des sichtbaren Spektrums.

Wie ein internati-

onales Forscherteam um Matthew SHAWKEY jetzt durch mikroskopische und spektroskopische Untersuchungen gezeigt hat, können die beiden winzigen (nur ca. 2,5 mm großen) Pfauenspinnen *Maratus robinsoni* und *M. chrysomelas* die irisierenden Farben durch Lichtbrechung an mikroskopisch kleinen (bis zu 40 x 10 µm² großen) Schuppen hervorrufen, die ihren Hinterleib bedecken (HSIUNG et al. 2018). Die Autoren fanden jeweils zwei verschiedene Typen von Schuppen: In bestimmten Arealen des Hinterleibs einen Typs sind die einzelnen Schuppen unregelmäßig angeordnet und samtig, sie verursachen schwarze Bereiche, die den farblichen Kontrast auf dem Hinterleib verstärken. Die Felder mit den irisierenden Regenbogenfarben sind durch regelmäßiger angeordnete Schuppen gekennzeichnet, die sich an die Oberfläche anschmiegen. Der zweite Schuppentyp weist parallele Gitterstrukturen auf, wie bei einem optischen Gitter. Die Schuppen zeigen bei *M. robinsoni* im Querschnitt ein tragflächenartig gewölbtes, asymmetrisches Profil, wobei die Abstände der Gitterstrukturen auf beiden Seiten unterschiedlich sind. Die besondere Gitterstruktur der Schuppen führt zu einer Streuung des gesamten sichtbaren Spektrums, sodass dieses bereits auf geringe Distanz vollständig in Spektralbereiche zerlegt ist. Auf mikroskopisch kleinem Raum wird Licht spektral



Abb. 1 Pfauenspinne *Maratus robinsoni* (© Jürgen Otto)