

Streiflichter

■ Erneut komplexe Augen im Kambrium

In der letzten Ausgabe von *Studium Integrale Journal* (Jg. 18, S. 113f.) wurde über Fossilien „moderner“ Augen im frühen Kambrium berichtet. Der Fund vom 7-9 mm großen Komplexaugen demonstriert, dass Augen im Fossilbericht nicht primitiv beginnen, sondern in komplexer Form, vergleichbar den Komplexaugen heutiger Gliederfüßer (LEE et al. 2011). Wenige Monate nach diesem Fund wurden weitere Augenfossilien in denselben Schichten (Schieferformationen der südaustralischen Emu-Bucht) entdeckt, die es mit den leistungsfähigsten Facettenaugen heutiger Gliederfüßer aufnehmen können. Es handelt sich um zwei 2-3 cm große Facettenaugen ein und desselben Individuums. Sie werden der Gattung *Anomalocaris*, einem formidablen Räuber, zugeordnet (Abb. 1). Aufgrund der Größe der Augen kommt keine andere Gattung aus dieser Formation dafür in Frage (PATERSON et al. 2011).

Die Augen sind aus 16.700 sechseckigen Linsen zusammengesetzt und gehören damit zu den größten und bestauflösenden bekannten Facettenaugen. Übertroffen werden sie diesbezüglich nur von den Komplexaugen einiger räuberisch lebender Libellen mit bis zu 28.000 Einzelaugen. Die Augen von *Anomalocaris* waren gestielt und ermöglichten daher nahezu eine Rundumsicht. PATERSON et al. (2011) schließen aus der Größe der Augen, dass auch das Gehirn hochentwickelt gewesen sein muss. Insgesamt war der Körperbau von *Anomalocaris* wie der Bauplan vieler anderer kambrischer Formen nicht einfacher als der heutiger vergleichbarer Tiergruppen.

Die Forscher sind der Meinung, dass durch den nun nachgewiesenen Besitz von Facettenaugen die Gattung *Anomalocaris* zu den Gliederfüßern in eine Seitenlinie zu Insekten

und Krebsen zu stellen sei. Bisher waren Augen von *Anomalocaris* nur in Form von Umrissen bekannt und die systematische Stellung dieser Gattung unklar. Die neuen Funde erweitern das Spektrum von Augentypen im Kambrium, von schwach auflösenden Augen eodiscoider Trilobiten (dreilappig gebaute krebssartige Tiere) bis zu den hochauflösenden Augen von *Anomalocaris*. Es bleibt dabei: Die Fossilüberlieferung von Augen beginnt mit komplexen Formen.

[LEE MSY, JAGO JB, GARCÍA-BELLIDO DC, EDGE-COMBE GD, GEHLING JG & PATERSON JR (2011) Modern optics in exceptionally preserved eyes of Early Cambrian arthropods from Australia. *Nature* 474, 631-634; 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.] R. Junker

■ Chitin-Protein in fossilen Arthropoden aus dem Paläozoikum

Das Außenskelett (Cuticula) von Gliederfüßern (*Arthropoda*), welches diese Organismen umhüllt und stabilisiert, ist aus Kompositmaterial aufgebaut. Dieses besteht typischerweise aus Chitin, einem Polysaccharid aus N-Acetylglucosamin, und Strukturproteinen. Chitin gleicht in seinem Aufbau der Cellulose, einem Hauptbestandteil pflanzlicher Zellwände, wobei eine OH-Gruppe durch eine Aminogruppe ersetzt ist, welche (meist) zusätzlich noch eine Acetylgruppe trägt. Das Außenskelett von Arthropoden ist darüber hinaus noch mit einer Wachsschicht überzogen.

Chitin wird in riesigen Mengen biosynthetisch von verschiedensten Organismen produziert und ist nach Cellulose das zweithäufigste Biopolymer. Beide am Aufbau der Cuticula der Arthropoden beteiligten Komponenten, Chitin und Proteine, werden von Mikroorganismen mit Hilfe entsprechender Enzyme sehr effizient abgebaut. Dennoch sind fossile Arthropoden



Abb. 1 Rekonstruktion vom 50-100 cm großen *Anomalocaris*. (© Katrina KENNY/University of Adelaide, Abdruck mit freundlicher Genehmigung)

aus der Zeit bis zurück zum Paläozoikum bekannt, in welchen organische Reste erhalten geblieben sind.

Mit massenspektrometrischen Methoden (Pyrolyse GC-MS) waren molekulare Hinweise auf Chitin in Fossilien bis zurück ins Tertiär gefunden worden. In älteren fossilen Cuticula-Resten von Garnelen, Seeskorpionen und Skorpionen konnten jedoch nur geradkettige, gesättigte Kohlenwasserstoffe (mit 9-22 C-Atomen) und in geringeren Mengen Alkylphenole und -benzole nachgewiesen werden. Diese Befunde wurden als Hinweise darauf interpretiert, dass in diesen fossilen Cuticula die Chitinreste fehlen und durch Fettsäuren ersetzt worden sind, die unspezifisch polymerisiert seien.

Jetzt haben COPY et al. (2011) eine Arbeit vorgelegt, in der sie durch Anwendung von speziellen Methoden der Röntgenabsorptionsspektroskopie (XANES) verschiedene Proben von Arthropoden-Außenskeletten untersucht haben. Durch die gezielte Analyse von Kohlenstoff (C), Stickstoff (N) und Sauerstoff (O) erlaubt die Methode den Nachweis von bestimmten chemischen Verbindungstypen.

Diese Untersuchungsmethode wendeten die Autoren an auf einen fossilen Seeskorpion (*Eurypterus dekeyi*) aus dem Silur (Williamsville Formation aus Ridgmont Quarry, Ontario, Kanada; datiert auf ca. 417



Abb. 1 Der in Südamerika lebende Hoatzin (*Opisthocomus hoazin*), auch Schopfhuhn genannt. Foto: Linda De Volder; GNU Freie Dokumentationslizenz.

Millionen Jahre) und das Fossil eines Skorpions aus dem Oberkarbon (Mittleres Pennsylvanium aus Nord-Illinois, USA; datiert auf ca. 310 Millionen Jahre). Für beide Fossilien werden außerdem Befunde angeführt, die darauf hindeuten, dass diese seit ihrer Ablagerung nicht übermäßig erhitzt worden sind. Zu Vergleichszwecken wurde auch die Cuticula eines modernen Skorpions (*Heterometrus spinifer*) sowie reines Chitin analysiert.

Die Untersuchungen bestätigen auch für die fossile Cuticula einen geschichteten Aufbau als Kompositmaterial. Der Chitin-Protein-Komplex ist im Vergleich zu modernem Material chemisch deutlich verändert, aber immer noch reich an N. Die Fettsäuren scheinen als Ester mit den OH-Gruppen der N-Acetylglucose verknüpft zu sein und bilden durch ihre hydrophoben Alkylreste eine Schutzschicht, welche den bereits von Abbauprozessen gekennzeichneten Chitin-Protein-Komplex vor vollständigem Abbau durch biochemische oder hydrolytische Prozesse schützt.

Die Autoren gehen davon aus, dass ein großer Anteil des in den Fossilien vorhandenen Kohlenstoffs aus dem Chitin-Protein-Komplex stammt und dass dieser aufgrund der chemischen Modifikation durch die Fettsäuren aus der Wachsschicht mit den bisher angewendeten Ana-

lysemethoden nicht nachweisbar war.

Dabei bleibt erstaunlich, dass das organische Material aus dem Außenskelett von Arthropoden überhaupt die den Fossilien zugeordneten langen Zeiten überdauert hat.

[CODY GD, GUPTA NS, BRIGGS DEG, KILCOYNE ALD, SUMMONS RE, KENIG F, PLOTNICK RE & SCOTT AC (2011) Molecular signature of chitin-protein complex in Paleozoic arthropods. *Geology* 39, 255-258.] H. Binder

■ Hoatzin: Schräger Vogel mit verwickelter Biogeographie

Eine ungewöhnliche Vogelart in den tropischen Regenwäldern des nördlichen Südamerika ist der Hoatzin, auch Schopfhuhn genannt. Auffällig sind der kleine Kopf und eine mehrere Zentimeter lange Haube, dazu sind Hals und Schwanz sehr lang (Abb. 1). Hoatzins erreichen eine Länge von bis zu 70 cm und werden bis zu knapp 1 kg schwer. Bei der Gefiederfärbung dominieren beige und braune Töne. Wegen ihrer schwachen Flugmuskulatur sind Hoatzins schlechte Flieger, aber auch die Beine werden kaum zur Fortbewegung genutzt, obwohl sie kräftig sind. Stattdessen kriechen sie und schieben sich durch das Geäst, eine für Vögel sehr eigenartige Fortbewegungsweise. Als weitere ungewöhnliche Merkmale besitzen Jungvögel Krallen an

den Flügeln, die ihnen erlauben, auf allen Vieren im Geäst herumzuklettern, außerdem ein unter Vögeln einmaliges Verdauungssystem, das an Wiederkäuer erinnert. Die Verdauung der pflanzlichen Nahrung (hauptsächlich Blätter) findet im muskulösen Kropf und in der unteren Speiseröhre statt, nicht im Magen. Entsprechend ist der Kropf fünfzigmal so groß wie der Magen und macht 13 % des Gesamtgewichts des Vogels aus (NIETHAMMER 1993). In diesen Merkmalen unterscheidet sich der Hoatzin von allen anderen Vögeln. Die schwach ausgeprägte Flugfähigkeit ist kein Ausdruck von Primitivität, sondern hängt mit dieser Ernährungsweise zusammen, da sie eine deutliche Verkleinerung des Brustbeins und damit der Flugmuskulatur erfordert. Auch die Krallen sind eher sekundäre Spezialisierungen als evolutionäre Überbleibsel (vgl. NIETHAMMER 1993, 77).

Die Verwandtschaft des Hoatzins ist ungeklärt, auch unter Einbeziehung molekularer Merkmale (HACKETT et al. 2008, MAYR et al. 2011). Daher wird er meist in eine eigene Ordnung (Opisthocomiformes) gestellt. Diverse vermutete Zugehörigkeiten (z.B. zu den Turakos, den Kuckucksvögeln, den Tauben oder den Hühnervögeln) wurden durch genetische Untersuchungen widerlegt (HACKETT et al. 2008). Die evolutionäre Geschichte der Hoatzins ist unbekannt (MAYR et al. 2011).

Bis vor kurzen war nicht nur das Verbreitungsgebiet der heute lebenden Opisthocomiformes auf Südamerika beschränkt, sondern auch das der fossilen Formen. Doch nun beschreiben MAYR et al. (2011) zwei neue Funde fossiler Opisthocomiformes aus Brasilien und – überraschenderweise – aus Namibia (vgl. Abb. 2). Jeweils ein Oberarmknochen, Schulterblatt und Rabenschnabelbein aus dem Oligo-Miozän (22-24 Millionen Isotopenjahre) Brasiliens sind dem Schultergürtel des heutigen Hoatzins sehr ähnlich. Die Forscher schließen daraus, dass die spezialisierte Ernährung der Hoatzins bei dieser fossilen Form bereits verwirklicht war. Besonders bemerkenswert ist aber der Fund der Gattung *Namibiavis* aus dem Mio-