

Es muss nicht angenommen werden, dass mehr als eine Mutation gleichzeitig auftreten musste, um zum nächsten selektierbaren Zustand zu gelangen.

ren ist (die nachfolgenden Punktmutationen im aktiven Zentrum führten lediglich zu dessen Optimierung).

Welche Schlussfolgerungen können nicht gezogen werden?

Inwieweit dieses Beispiel verallgemeinert werden kann, müssen weitere Beispiele zeigen. JUNKER & SCHERER (2006, 144f.) schildern schon länger bekannte Beispiele der Entstehung einer neuen Substratspezifität, bei denen allerdings die neue Funktion relativ ähnlich wie die bisherige bleibt. Eine Verallgemeinerung und Übertragung der von DE KRAKER & GERSHENZOM vorgeschlagenen Mechanismen auf die Entstehung anderer Enzyme ist nur möglich, wenn es sich um Änderungen handelt, bei denen jeder einzelne Schritt selektierbar ist. Die Studie kann die generelle Frage jedoch nicht beantworten, ob auf evolutionem Wege Änderungen von Enzymstruk-

turen und ihren Funktionen möglich sind, die mehr als einen Schritt benötigen, um von einem selektierbaren Zustand zum nächsten zu gelangen.

Schwer zu beurteilen und auf der Basis naturwissenschaftlicher Argumentation vorerst nicht entscheidbar bleibt die Frage, ob es sich bei den dargestellten strukturell-funktionellen Änderungen um einen evolutionär-glücklichen Zufallstreffer oder um eine vorprogrammierte Situation handelt. Letztere wäre dann Ausdruck einer angelegten Polyvalenz im Wechselspiel von Genen und der durch sie codierten Proteine im Netzwerk der globalen zellulären Stoffwechselprozesse. Die vorgestellten Befunde erlauben beide Interpretationsmöglichkeiten.

Literatur

- BEHE M (2007) Edge of Evolution. The search for limits of Darwinism. Free Press, New York.
 DE KRAKER JW & GERSHENZON J (2011) From Amino Acid to Glucosinolate Biosynthesis: Protein Sequence Changes in the Evolution of Methylthioalkylmalate Synthase in Arabidopsis. The Plant Cell 23, 38–53.
 JUNKER R & SCHERER S (2006) Evolution – ein kritisches Lehrbuch. Gießen.

Eintagsfliege hinterlässt fossile Spuren

Eintagsfliegen treten vergleichsweise früh im Fossilbefund auf. Sie werden als ursprüngliche Fluginsekten angesehen und stellen heute eine Ordnung der Insekten mit weltweit mehr als 2500 bekannten Arten dar (Europa: ca. 300). Hier wird ein fossiler Abdruck eines Insekts vorgestellt, den die Autoren mit guten Gründen den Eintagsfliegen zugeordnet haben. Diese Insektengruppe ist von Beginn ihres fossilen Nachweises als solche erkennbar.

Harald Binder

Fossilien, ausgegrabene Reste und Spuren vergangener Lebewesen, erwecken immer wieder öffentliches Interesse oder sind Objekt der Sammelleidenschaft von Menschen. Die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Lebewesen Spuren hinterlässt, die in irgendeiner Art und Weise erhalten bleiben, hängt von unüberschaubar vielen Faktoren ab. Für Lebewesen mit beständigen, mineralisierten Körperbestandteilen würde man eher mit fossiler Erhaltung rechnen als beispielsweise bei Weichtieren. Lebewesen können aber auch indirekte fossile Hinweise hinterlassen, wie z. B. Trittsiegel (von Dinosauriern, aber auch von Menschen) oder Fraßspuren, Koprolithen („Kot-

steine“) und vieles andere mehr. Unter Spurenfossilien (SEILACHER 2007) versteht man eine ganz besondere Klasse von Fossilien, die indirekte Hinweise auf Organismen oder deren Aktivitäten überliefern, die oft nur schwer oder gar nicht einem spezifischen Urheber zugeordnet werden können.

Aus der Wamsutta-Formation (Oberes Karbon) aus dem Südosten von Massachusetts, USA beschreiben KNECHT et al. (2011) in einem roten sehr feinen Sandstein den Abdruck, den eine Eintagsfliege durch die Landung in weichem Schlamm hinterlassen hat (Abb. 1). Sehr gut abgebildet sind die Bauchseite des Insektenkörpers und Eindrü-

cke der Beine bzw. deren verschiedene Bodenkontakte (und möglicherweise darüber hinaus noch Spuren von Flügelschlägen). Es ist also nicht das Insekt selbst fossil erhalten, sondern nur der Eindruck, den das Tier bei der Landung hinterlassen hat, was sehr spezielle Umstände erforderte. Der fossile Abdruck liegt nun in einem Stück (ca. 10 x 6 x 1 cm) vor und zwar sowohl die Platte mit den Vertiefungen (Epirelief) als auch die zugehörige überlagernde Platte mit deren Ausfüllungen (Hyporelief). Die Platten enthalten auch zwei leicht asymmetrische Rippelmarken.

Die im Sandstein abgebildete Körperstruktur der Eintagsfliege hat eine Länge von 3,6 cm und enthält schwache Andeutungen des Kopfbereichs, an den sich durch einen kurzen (1,5 mm) Übergangsbereich (Prothorax) die Brust (Thorax) 0,5 mm tief ins Sediment eingedrückt hat. Die drei Beinpaare sind in Thoraxnähe ebenfalls abgebildet. Im segmentierten Hinterleib (Abdomen, Länge: 20,6 mm) ist durch die Abbildung der (mindestens 10 unterscheidbaren) Segmente angedeutet, dass der am tiefsten liegende Körperbereich bei Segment 8 liegt und das Ende angehoben wurde. Am Ende des Abdomen sind möglicherweise Körperanhänge (Cerci) abgebildet.

Der älteste bekannte Körperabdruck eines Insekts erlaubt eine erstaunlich genaue Eingrenzung des Verursachers.

Aufgrund der abgebildeten Merkmale identifizieren die Autoren den Verursacher dieser eingedrückten Spuren als Vertreter der Eintagsfliegen (Ephemeroptera). Weiter stellen sie fest, dass es sich bei der Eintagsfliege um ein erwachsenes, d. h. geschlechtsreifes Exemplar oder eines im letzten Larvenstadium handeln sollte. Aufgrund der fehlenden Information über die Flügelstruktur kann eine genauere Zuordnung nicht vorgenommen werden, da die paläozoischen Ephemeroptera vor allem nach dem Muster der Flügeladern klassifiziert werden. KNECHT et al. spekulieren darüber, dass Syntonopteridae und Protereismatidae aufgrund biogeographischer Gegebenheiten die wahrscheinlichsten Kandidaten sind.

Im frühen Karbon ist fossil eine Vielfalt von fliegenden Insekten belegt (typischerweise durch isolierte Flügel). Die Befunde eröffnen allerdings keine Einsicht in die Lebenszusammenhänge dieser Lebewesen.

Bei dem von KNECHT et al (2011) vorgestellten fossilen Körperabdruck (full-body impression) handelt es sich um den frühesten eines fliegenden Insekts. Aus dem unter dem Karbon liegenden Perm sind indirekte fossile Hin-



weise gefunden worden (Rhyniognatha: Mandibeln, Mundwerkzeuge), die aufgrund ihrer Ausprägung fliegenden Insekten zugeordnet werden (ENGEL & GRIMALDI 2004; GRIMALDI & ENGEL 2005).

Es ist interessant, dass der älteste bekannte Körperabdruck eines Insekts genügend spezifische Hinweise beinhaltet, dass der Verursacher erstaunlich genau eingegrenzt werden kann. Hier liegt also ein weiterer Beleg dafür vor, dass Organismen beim ersten fossilen Auftreten einer bestimmten Gruppe zugeordnet werden können, weil sie deren charakteristische Merkmale aufweisen. Fossile Hinweise auf eine evolutionäre Vorgeschichte fehlen bisher.

Abb. 1 Fossiler Abdruck der Eintagsfliege. © Richard KNECHT, Abdruck mit freundlicher Genehmigung.

Literatur

- ENGEL MS & GRIMALDI DA (2004) New light shed on the oldest insect. *Nature* 427, 627–630.
- GRIMALDI D & ENGEL MS (2005) Evolution of the Insects. Cambridge.
- KNECHT RJ, ENGEL MS & BENNER JS (2011) Late Carboniferous paleoichnology reveals the oldest body impression of a flying insect. *Proc. Nat. Acad. Sci USA*, doi: 10.1073/pnas.1015948108
- SEILACHER A (2007) Trace Fossil Analysis. Berlin.