



Abb. 1 Künstliche Darstellung des Qingjiang-Biotops mit charakteristischen kambrischen Taxa, die in der Fossilagerstätte gefunden wurden. (Illustration: Z. H. Yao und D. J. Fu; aus Fu et al. 2019, mit freundlicher Genehmigung)

bettung der Fossilien muss schnell und ohne nachfolgende Störungen erfolgt sein (Fu et al. 2019, 1339f.).

Die neu entdeckte Qingjiang-Lagerstätte ist insofern von besonderem Interesse, als sich die fossil überlieferten Formen durch eine große taxonomische Vielfalt und einen unerwartet hohen Anteil bisher nicht bekannter Taxa auszeichnet. 53 % der entdeckten Arten waren bisher nicht bekannt. 101 Taxa, davon 86 mit Weichteilen, aus 18 Bauplänen quer durch alle Linien, und acht Algenarten wurden bisher unter den 4351 Fundstücken identifiziert (Fu et al. 2019, 1338). Einen größeren Anteil bilden Nesseltiere (Cnidaria, dazu gehören z.B. Quallen). Die Rippenquallen von Qingjiang sind wie die heutigen Formen mit Tentakeln ausgestattet, was bedeutet, dass ihr Bauplan seither unverändert ist. Die Hypothese, dass Rippenquallen von einem Polyp-artigen Vorfahren abstammen könnte (ZHAO et al. 2019), ist damit in Frage gestellt.

Höchst unerwartet ist nach dem Kommentator DALEY (2019) auch die Anwesenheit verschiedener Ha-

kenrüssler (Kinorhyncha). Die heutigen Formen dieser sich häutenden Wirbellosen sind weniger als 1 mm lang, leben in Meeressedimenten und waren fossil bisher kaum bekannt. In Qingjiang wurden nun mindestens drei neue Taxa mit Längen von bis zu 4 cm gefunden, die eher auf dem Meeresboden als *darin* gelebt zu haben scheinen.

Die Autoren vermuten unterschiedliche paläoökologische Bedingungen als Grund für die deutlichen Unterschiede in der Zusammensetzung der Faunen der Qingjiang- und der Chengjiang-Lagerstätte. Der besonders hohe Anteil an neuen Taxa deutet darauf hin, dass das bisherige Verständnis der Vielfalt und Verschiedenartigkeit der Ökosysteme unmittelbar nach der kambrischen Explosion noch lange nicht vollständig sei (Fu et al. 2019, 1340)

Kommentar: Die Faunen von Qingjiang und Chengjiang sind so unterschiedlich, dass man versucht sein könnte, evolutionäre Abstammung von einer zur anderen zu verfolgen, aber ihre Lage im gleichen stratigraphischen Niveau schließt

diese Möglichkeit aus. Die Autoren vermuten wie erwähnt stattdessen unterschiedliche ökologische Bedingungen. Die neuen Funde tragen dazu bei, dass die Vielfalt verschiedenster Formen, die in den untersten Stufen des Kambriums fossil überliefert sind, weiter vergrößert wird. Die „kambrische Explosion“ erweist sich somit als noch gewaltiger. [DALEY AV (2019) A treasure trove of Cambrian fossils. *Science* 363, 1284–1285 • FU D, TONG G et al. (2019) The Qingjiang biota – A Burgess Shale-type fossil Lagerstätte from the early Cambrian of South China. *Science* 363, 1338–1342 • GOULD SJ (1989) *Wonderful life. The Burgess Shale and the Nature of History*. New York. (Deutsch: *Zufall Mensch*. München, 1991) • ZHAO Y, VINSTER J et al. (2019) Cambrian sessile, suspension feeding stem-group ctenophores and evolution of the comb jelly body plan. *Curr. Biol.* 29, 1112–1125] R. Junker

■ Überraschende Konservierung der Babynahrung bei Bienenwölfen

Bienenwölfe (*Philanthus triangulum*; Abb. 1) sind solitär lebende Grabwespen. Die Weibchen graben in

sandigen Böden eine bis zu einem Meter lange Röhre, die in einer oder mehreren runden Kammern endet. In diese Kammern legt die Bienenwölfin jeweils ein Ei. Bienenwölfe ernähren sich von Blütennektar und -pollen. Zur Versorgung der aus den Eiern schlüpfenden Larven erbeutet die Bienenwölfin jedoch Honigbienen (*Apis mellifera*). Diese überfällt sie bei deren Blütenbesuch, lähmt sie mit einem Stich und transportiert die Biene im Flug zum Eingang ihrer Brutröhre. Durch den Höhleneingang zerrt sie ihre Beute in eine der Brutkammern und legt in unmittelbarer Nähe dazu ein Ei ab. Die paralysierte Biene – es können bis zu sechs sein – dient der geschlüpften Bienenwölflarve als Nahrung.

Für die Metamorphose spinnt sich die Larve einen Seidenkokon, der in der Brutkammer so aufgehängt ist, dass er keine Wandberührung aufweist. Dies schützt die Puppe vor Feuchtigkeit, und die Gefahr von Pilzbefall ist dadurch reduziert.

Die Bienenwölfin versorgt ihre Nachkommen zwar mit ausreichend Nahrung, aber eine Pflege übernimmt sie nicht, die Larven bleiben in den Brutkammern sich selbst überlassen. Wie stellt die Bienenwölfin sicher, dass die Biene als Lebendfutter nicht z.B. durch Pilzbefall verdirbt und ihre eigene Nachkommenschaft zugrunde geht?

Bereits 2007 hatten HETZER & STROHM berichtet, dass Bienenwölfinnen die erbeuteten Bienen mit einem Drüsensekret einschmieren, das vor allem aus langkettigen ungesättigten Kohlenwasserstoffen besteht. Auf der Oberfläche der einbalsamierten Bienen sammelt sich dadurch deutlich weniger Kondenswasser an. Die durch die Wachsschicht ermöglichte Reduktion der Wasseransammlung auf der Oberfläche verringert auch die Gefahr der Bildung von Schimmel. In weiteren Untersuchungen konnten KROISS et al. (2010) zeigen, dass Bienenwölfinnen in ihren keulenartig ausgebildeten Fühlern Streptomyceten (Antibiotika produzierende Mikroorganismen) züchten. Diese produzieren einen Cocktail aus verschiedenen Anti-



Abb. 1 Bienenwolf (*Philanthus triangulum*). (Alvesgaspar, CC BY-SA 3.0)

biotika (neun Antibiotika wurden in der Arbeit strukturell beschrieben). Die Bienenwölfin beschmiert die Wände der Brutkammer mit den Streptomyceten und trägt damit auch durch die Antibiotika zur Erhaltung der Bienenwölflarve bei. In einer jüngst erschienenen Arbeit zeigt dasselbe Autorenteam, dass die Eier selbst ebenfalls einen Beitrag dazu leisten, dass sich Schimmelpilze in der Brutkammer nicht zu leicht ausbreiten können (STROHM et al. 2019). Die von der Bienenwölfin abgelegten Eier geben erhebliche Mengen von Stickstoffmonoxid (NO) ab. NO wirkt toxisch; es ist ein sehr reaktives Radikal, und 14–16 Stunden nach der Eiablage ist die NO-Emission aus dem Ei am höchsten. Die Autoren geben eine Spitzenkonzentration von ca. 1500 ppm in der Brutkammer an; bei Mäusen kann schon eine Dosis von 320 ppm tödlich sein.

Neben den toxischen Eigenschaften ist NO für Organismen von physiologischer Bedeutung

(z.B. unspezifische Immunabwehr, Erweiterung der Blutgefäße) und wird auch für die Signalweiterleitung genutzt. Daher ist in Lebewesen die genetische Information zur Biosynthese von NO vorhanden. Im Fall des Bienenwolfes ist die Produktionsrate jedoch außerordentlich hoch.

Wenn die Larve nach drei Tagen aus dem Ei schlüpft, ist die Konzentration an NO bereits wieder deutlich abgesunken (Oxidation zu NO₂ und Diffusion). Die Autoren weisen nach, dass es einen deutlichen Unterschied im Schimmelbefall der Bienen gibt: In Gegenwart von NO-emittierenden Eiern oder in Gegenwart von extern zugeführtem NO ist Schimmelbildung sehr selten; ohne Eier bzw. NO zeigen die Bienen typischerweise nach wenigen Stunden Schimmelbefall. Untersuchung der Gene und der mRNA, die im Zusammenhang mit der NO-Biosynthese in Bienenwölfen eine Rolle spielen, ergaben zunächst keine Auffälligkeiten. NO-Synthetase scheint aufgrund histochemischer Analysen

ausschließlich in embryonalem Gewebe aktiv zu sein und nicht in anderen Bereichen des Eis. Die Expression des NO-Synthetasegens korreliert mit dem zeitlichen Verlauf der NO-Emission. Wie bisher auch bei anderen Wirbellosen wurde nur ein NO-Synthetasegen gefunden; die abgeleitete Aminosäuresequenz ist derjenigen von Bienen und anderen Insekten sehr ähnlich. Ein Vergleich der mRNA von NO-Synthetase von erwachsenen Bienenwölfen und den Eiern zeigt jedoch, dass derjenigen der Eier ein Teil fehlt; dieser Teil wird im Ei bei der Bildung der mRNA herausgeschnitten. Dadurch scheint die Regulation der Aktivität der NO-Synthetase nachhaltig verändert zu sein. Über die Entstehung dieser veränderten Regulation der NO-Produktion des Bienenwolfs stellen die Autoren zwar spekulative Überlegungen an, aber dazu kann beim derzeitigen Stand der Erkenntnisse, außer den gängigen evolutionären Versatzstücken, nichts Substantielles gesagt werden. Dabei ist es ein risikoreicher Schritt, Babynahrung mit NO zu konservieren, das sich gleichzeitig auch toxisch für den Embryo auswirken könnte. Wie kommt es, dass das Ei die bereitgestellte Babynahrung konserviert, die von der Larve erst nach dem Schlüpfen gebraucht wird? Wie kommt es, dass

dieselbe Gensequenz in erwachsenen Bienenwölfen anders als im embryonalen Gewebe im Ei durch das genannte Herausschneiden präpariert wird?

Bei Bienenwölfen liegen erstaunlich komplexe Prozesse zur Konservierung von Babynahrung vor, die Anlass geben zu vielen weiteren Fragen!

[HETZER G & STROHM E (2007) Fighting fungi with physics: food wrapping by a solitary wasp prevents water condensation. *Curr. Biol.* 17, R46 • KROISS J, KALTENPOTH M, SCHNEIDER B, SCHWINGER M-G, HERTWECK C, MADDULA RK, STROHM & SVATOS A (2010) Symbiotic streptomycetes provide antibiotic combination prophylaxis for wasp offspring. *Nature Chem. Biol.* 6, 261-263 • STROHM E, HERZNER G, RUTHER J, KALTENPOTH M & ENGL T (2019) Nitric oxide radicals are emitted by wasp eggs to kill mold fungi. *eLIFE*, 8:e43718; doi:10.7554/eLife.43718] H. Binder

■ Ein Fischschwarm im Eozän?

Die geregelte Ansammlung einer größeren Gruppe gleichartiger, kleiner Fische lässt auf eine Konservierung eines koordinierten Fischschwarms schließen. Das ist das Ergebnis der Studie von MIZUMOTO et al. (2019) an einer Kalksteinplatte mit 259 Exemplaren des ausgestorbenen Fisches *Erismatopterus levatus* (Abb. 1).

Die Platte ist Eigentum eines japanischen Museums und stammt

sehr wahrscheinlich aus der eozänen Green-River-Formation (Wyoming oder Utah, USA); nur aus dieser Formation ist *E. levatus* (Ordnung der Percopsiformes, Barschlachsartige) bisher bekannt. (Das Eozän ist eine Einheit der internationalen chronostratigraphischen Tabelle: die 2. Serie/Epoche des Paläogen bzw. des Tertiär.) Die Ansammlung der jungen Exemplare (Körperlängen zwischen 11 und 24 mm) beeindruckt durch den Einklang ihrer Bewegungsrichtung und ihrer Anordnung zueinander (s. auch Abb. 2).

Zur Prüfung ihrer Annahme, dass hier ein „kollektives Verhalten“ (Schwarmverhalten) konserviert wurde, unternahmen MIZUMOTO et al. (2019) zahlreiche Vermessungen und Simulationen. Eine Simulation galt der Abschätzung der Position der Fische einen Moment nach dem Schnappschuss der Konservierung auf Grundlage ihrer Bewegungsrichtung. Aus diesen Ergebnissen leiteten sie mögliche Verhaltensregeln ab (nach publizierten Zonen-Modellen für Fischschwärme): 1. Abstoßung (repulsion) von nahen Individuen und 2. Anziehung (attraction) von weiter entfernten Nachbar-Individuen. Des Weiteren zeigte die fossile Fischansammlung Strukturen auf Gruppenebene in Form eines länglichen Gebildes mit einer Längsausrichtung zur Bewegungsrichtung



Abb. 1 Kalksteinplatte mit 259 Exemplaren des ausgestorbenen Fisches *Erismatopterus levatus*. Die Platte stammt sehr wahrscheinlich von der eozänen Green-River-Formation (Wyoming, USA). Breite etwa 22 cm. Foto/Credit: Shinya MIYATA, Josai University (freundl. Zurverfügungstellung von Nobuaki MIZUMOTO).