

[ERNST A & WILSON MA (2021) Bryozoan fossils found at last in Cambrian deposits. *Nature*, doi: 10.1038/d41586-021-02874-z • ERWIN DH & VALENTINE JW (2013) The Cambrian Explosion. The construction of animal biodiversity. Greenwood Village, Colorado • ZHANG Z, ZHANG Z, MA J et al. (2021) Fossil evidence unveils an early Cambrian origin for Bryozoa. *Nature*, doi: 10.1038/s41586-021-04033-w] R. Junker

■ Ausgefeilte flugtaugliche Konstruktion eines Flugsauriers

Zu den besonders beeindruckenden Geschöpfen gehören zweifellos die nur fossil bekannten Flugsaurier (Pterosaurier). Manche waren nur spatzengroß; die größten unter ihnen besaßen eine Flügelspannweite von mehr als zehn Metern. Man fragt sich unwillkürlich, besonders bei den großen Arten, wie sie fliegen konnten, und diese Frage ist bei Weitem nicht geklärt. Bekannt ist, dass die Flugsaurier besonders leichte und dennoch stabile Knochen hatten. Sie besaßen einzigartige Membranflügel, die von einem überlangen vierten Finger gespannt wurden.

In der Fossilüberlieferung tauchen Flugsaurier als fertige Flieger in Schichten der oberen Trias auf und sind fossil bis zum Ende der Kreide überliefert. Bereits die frühesten Flugsaurier waren geografisch weit verbreitet und ökologisch vielfältig (BRITT et al. 2018). Ganz anders als bei den Vögeln, bei denen das gestaltliche Feld zwischen Theropoden-Dinosauriern und Vögeln mit verschiedenen Mosaikformen gut gefüllt ist, ist die Lücke zwischen Flugsauriern und anderen Echten seit ihrer Entdeckung vor über 200 Jahren bis heute markant. Ihr Ursprung ist ein „ungelöstes Rätsel“ (EZCURRA et al. 2020). Vom Körperbau her am nächsten heran kommen die Lagerpetidae aus der Obertrias, die sich als wahrscheinlich zweibeinige Läufer fortbewegten. Sie waren jedoch flügellos. Lediglich einige der neuroanatomischen Merkmale, die mit den sensorischen Fähigkeiten zusammenhängen und damit zu den Voraussetzungen der Flugfähigkeit

gehören, waren bei ihnen ausgebildet (EZCURRA et al. 2020), und im Wesentlichen sind es nur diese Merkmale, die sie derzeit als mögliche nächste Verwandte von Flugsauriern qualifizieren.

Eine neue Untersuchung hat nun interessante Erkenntnisse zur Flugfähigkeit der Flugsaurier erbracht. Seit einigen Jahren steht zur Untersuchung von Fossilien die laserinduzierte Fluoreszenz zur Verfügung, ein spektroskopisches Messverfahren auf der Basis von Fluoreszenzanregung durch einen Laser, mit dem auch ehemalige Weichteile von Fossilien zumindest teilweise sichtbar gemacht werden können. Durch Bestrahlung mit einer speziellen Art von Laserlicht können die versteinerten Gewebe dazu angeregt werden, in verschiedenen Farben zu fluoreszieren. Diese Untersuchungsmethode hat auch bei fossilen Vögeln bemerkenswerte Einsichten ermöglicht.

Mithilfe dieser Methode konnte ein Forscherteam um Michael PITTMAN von der Universität Hong Kong Muskeln am Hals und im Bereich des Flügelansatzes eines kleinen Flugsauriers aus der Pterodactylus-Verwandtschaft aus den Solnhofener Plattenkalken nachweisen. Diese Muskeln scheinen die Schultern und den Flügelansatz wie einen kurzen Umhang zu umhüllen. Dadurch wird die Körperform aerodynamischer und Turbulenzen und der Luftwiderstand werden verringert (PITTMAN et al. 2021). Dies erfolgt auf ähnliche Weise, wie das bei Vögeln und Fledermäusen mithilfe von Federn bzw. Haaren geschieht. Die Muskeln wirken somit ähnlich wie Verkleidungen bei einigen Flugzeugen an der Basis der Flügel und sorgen für einen fließenden Übergang vom langen schmalen Hals zu den kräftigen Brustmuskeln und dem Flügelansatz. Die Forscher vermuten, dass sie zugleich den Flügelschlag zudem kräftiger und besser justierbar gemacht haben. Dies dürfte schnelle Flugmanöver ermöglicht haben, wodurch der Flugsaurier wahrscheinlich sogar Insekten jagen konnte. Die Muskelpartie könnte dreifach zweckmäßig gewesen sein: Sie ermöglicht weni-



Abb. 1 Der untersuchte pterodactyloide Flugsaurier zeigt Weichteile an der Basis des Halses, den Schultern und dem Oberarm. (Foto: Michael PITTMAN, CC BY-NC-ND).

ger Luftwiderstand, eine bessere Kontrolle der Flügelposition und einen kräftigeren Flügelschlag.

Je mehr man weiß, desto ausgeklügelter und durchdachter erscheinen die Konstruktionen des Lebens. Die Untersuchungen von PITTMAN et al. bestätigen diese Erkenntnis.

[PITTMAN M, BARLOWA LA, KAYE TG & HABIB MB (2021) Pterosaurs evolved a muscular wing-body junction providing multifaceted flight performance benefits: Advanced aerodynamic smoothing, sophisticated wing root control, and wing force generation. *PNAS* 118, No. 44, e2107631118 • BRITT BB, VECCHIA FMD et al. (2018) *Caelestiventus hansenii* gen. et sp. nov. extends the desert-dwelling pterosaur record back 65 million years. *Nat. Ecol. Evol.* 2, 1386–1392 • EZCURRA MD & NESBITT SJ (2020) Enigmatic dinosaur precursors bridge the gap to the origin of Pterosauria. *Nature* 588, 445–449.] R. Junker

■ Bienen-Nahrung – es darf auch Fleisch und Aas sein

Die uns vertrauten Bienen ernähren sich von Pollen und Nektar. Dagegen verzehren Wespen auch Fleisch, wie man z.B. beim Picknick im Spätsommer beobachten kann, wenn sie aus einem Stückchen Wurst etwas herausbeißen und damit wegfliegen.

Während die bei uns heimischen Bienen als wehrhafte Insekten sich mit einem Giftstachel gegen Störenfriede verteidigen können, kennen

wir aus tropischen Gebieten auch stachellose Bienen (Meliponinae). Diese gab es im Verlauf der Erdgeschichte auch in unseren Breiten, wie durch Bernsteininklusen aus dem Baltikum dokumentiert ist. Die Einschlüsse im baltischen Bernstein (Eozän) liefern uns für diese Zeit Hinweise auf ein subtropisches Klima im Liefergebiet dieses fossilen Harzes.

Bienen gehören zur Insektenordnung der Hautflügler (Hymenoptera). Nach etablierten evolutionären Vorstellungen stehen an deren Ursprung fleischfressende Insekten, die der Familie der Grabwespen (Crabronidae) zugeordnet werden (PETERS et al. 2017). Die Pollen und Nektar verzehrenden Bienen sollen sich in der Kreidezeit im Zusammenhang mit der Verbreitung der Angiospermen (Bedecktsamer) entwickelt haben. Es ist bekannt, dass Vertreter der stachellosen Bienen sich von Fleisch bzw. Aas ernähren. Dies wird als eine Rückkehr zu vermuteten „ursprünglichen“ Ernährungsformen interpretiert.

FIGUEROA et al. (2021) wollten in einer Untersuchung den Zusammenhang zwischen der Nahrung

und der Zusammensetzung der Mikroorganismen im Darm (Mikrobiom) von stachellosen Bienen erkunden. Dazu verteilten sie im Urwald von Costa Rica in der Umgebung von zwei Forschungsstationen entsprechende Köder (z. B. auch Hühnerfleisch oder Aas) und konnten damit 159 stachellose Bienen (Meliponinae) aus 9 Gattungen und 17 Arten sammeln. Darunter waren solche, die sich von Pollen ernährten, aber auch Exemplare, die zusätzlich (fakultativ) oder überwiegend (obligat) Fleisch bzw. Aas als Nahrung nutzen. Aufgrund der geringen Größe der Bienen verwendeten die Forscher jeweils das gesamte Abdomen (Hinterleib) der Insekten, um bestimmte mikrobielle RNA (16S rRNA) zu gewinnen.

Die Forscher identifizierten mehr als 1.900 Sequenzvarianten von 16S rRNA, die sie den entsprechenden Mikroorganismen zuordnen konnten. In obligat aasfressenden Bienen (*Trigona necrophaga*) konnten die Autoren sowohl einige typische Darmbakterien nachweisen als auch neue Milchsäurebakterien und Essigsäurebakterien. Ihre Ernährungsweise geht also einher mit

einer veränderten Zusammensetzung ihres Darm-Mikrobioms. Die Darmbakterien von bekannten Aasfressern wie z. B. Geiern werden von Clostridien und Fusobakterien dominiert. Diese Bakterien finden sich auf dem Aas selbst und sie gedeihen auch im Darm der Geier. Im Darm der Geierbienen finden sich ebenfalls Bakterien, die an den mikrobiellen Verwesungsprozessen von Aas beteiligt sind. Im Mikrobiom der Geierbienen sind säureliebende Bakterien stark vertreten, die man aus der Umwelt der Geierbienen oder auch von anderen Körbchensammler-Bienen kennt. Einige der für *Melipona* typischen Mikroorganismen finden sich auch im Verdauungstrakt von Geierbienen. (Die *Melipona* sind eine Untergruppe der hier untersuchten stachellosen Bienen.) Dies spricht dafür, dass diese sich entweder an die veränderte Ernährung angepasst haben oder dass sie grundsätzliche Funktionen erfüllen, die unabhängig von der Nahrung sind.

Überraschend ist der Nachweis bestimmter Bakterien (*Apilactobacillus micheneri*), die nicht auf den Ködern gefunden wurden, jedoch auf Blüten und Früchten der Pflanzen, die auch Geierbienen besuchen, um ihren Kohlenhydratbedarf zu stillen – sozusagen ihr Dessert. Ein saures Milieu im Verdauungstrakt von Aasfressern scheint diese auch vor gefährlichen Keimen (Pathogenen) auf ihrer Nahrung zu schützen; dies ist zumindest bei anderen Aasfressern wie Geiern nachgewiesen und trifft auch mutmaßlich auf die Geierbienen zu.

In stachellosen Bienen, die sich fakultativ von Aas ernähren, fanden FIGUEROA et al. (2021) die größte Vielfalt in der Zusammensetzung des Mikrobioms, zu der vor allem die Bakterien aus der Umwelt der Insekten beitragen.

Die Nahrung scheint also das Mikrobiom der *Melipona* stark zu prägen. Die Autoren betonen, dass der Zusammenhang von aufgenommener Nahrung und Zusammensetzung des Darm-Mikrobioms noch nichts darüber aussagt, was nun am Anfang stand: zuerst die veränderte Nahrung und als Folge davon die



Abb. 1 Geierbienen (*Trigona*) an einem Köder. Mit freundlicher Genehmigung Quinn S. McFREDERICK.

Änderung in der Zusammensetzung der Darmflora oder umgekehrt; es könnten auch beide Phänomene durch ein noch unbekanntes Ereignis in der Geschichte dieser einzigartigen Bienen ausgelöst worden sein.

Die Studie von FIGUEROA et al. (2021) demonstriert einmal mehr, dass mit den derzeit verfügbaren Technologien zur Sequenzierung von Nukleinsäuren (DNA und RNA) interessante Fragestellungen bearbeitet werden können. Für den hier im Fokus stehenden Zusammenhang zwischen Nahrung und Zusammensetzung der Darmflora bei stachellosen Bienen sind damit erste Befunde vorgelegt, die richtungsweisend für weitere Studien sein können.

Aus der Perspektive einer schöpfungsbasierten Interpretation von Naturphänomenen gilt es zunächst einmal festzuhalten, dass die für ursprünglich angesehene carnivore Ernährungsweise der Hautflügler eine Hypothese darstellt (die derzeit durch ausgewählte Fossilien plausibel gemacht werden kann). Die hier vorgestellten Befunde sind aber durchaus verträglich mit einer Vorstellung, dass ursprünglich – nicht nur für Hymenoptera – eine vegetarische Ernährungsweise vorherrschte, die im Laufe der Zeit durch Verhaltensänderung in den Verzehr von Fleisch oder Aas verändert werden kann. Zumindest die entsprechende Anpassung der Darmflora scheint möglich zu sein.

FIGUEROA RL, MACCARO JJ, KRICHILSKY E, YANEGA D & MCFREDERICK QS (2021) Why did the bee eat chicken? Symbiont gain, loss, and retention in the vulture bee microbiome. *mBio* 12, e02317-21. Peters RS et al. (2017) Evolutionary history of the Hymenoptera. *Curr. Biol.* 27, 1013-1018.] H. Binder

■ Bei Wolfsrudeln in freier Wildbahn gibt es keine Alpha-Tiere

Es wird allgemein angenommen, dass Wolfsrudel von einem Alphamännchen und -weibchen angeführt werden, also von Individuen, die aufgrund von Fähigkeiten wie Stärke und Durchsetzungsfähigkeit



Abb. 1 Wolfsrudel (©Xaver KLAUSSNER, Adobe Stock)

bevorzugten Zugang zu Ressourcen haben. Ihre Verhaltensmuster bei der Wahl von Sexualpartnern, der Nahrungsbeschaffung oder Aggression gegen Artgenossen sollen kaum von anderen Gruppenmitgliedern beeinflusst sein. Demgegenüber gibt es untergeordnete Tiere, deren Verhalten unterwürfig ist, sodass sie relativ leicht von anderen Gruppenmitgliedern beeinflusst oder gehemmt werden können. Der Begriff Alphamännchen und -weibchen ist auch auf Menschen angewandt worden. In der populären Humansoziologie wird der Begriff „Alphamännchen“ häufig verwendet, um eine Reihe von sozialen Verhaltensweisen zu beschreiben, die Männer an den Tag legen, um die größtmögliche Gunst ihrer sozialen Gruppe zu gewinnen. „Alphamännchen“ und „Alphaweibchen“ sind diejenigen, die über andere Menschen bestimmen, während sie von keinem Menschen in ihrem Leben kontrolliert werden.

Die Vorstellung von Alphamännchen und -weibchen, sogenannten „Leitwölfen“, die ein Rudel von Untergebenen führen, beruht auf einer einflussreichen Arbeit von Rudolf SCHENKEL aus dem Jahr 1947 (SCHENKEL 1947). „Durch ständige Kontrolle und Unterdrückung jeglicher Art von Konkurrenz innerhalb des gleichen Geschlechts verteidigen beide ‚Alpha-Tiere‘ ihre soziale Stellung“, schrieb SCHENKEL.

SCHENKELS Artikel mit dem Titel „Expression Studies on Wolves“ wurde häufig zitiert und popularisiert. In Wolfsrudeln führen demnach offenbar die stärksten Tiere das Rudel an und sind für die Nachkommenschaft verantwortlich. Die Schwächeren müssen sich fügen und leisten keinen Beitrag für die nächste Generation – ein Befund, der sehr gut zur Darwin’schen Theorie passt.

Rudolf SCHENKEL machte seine Beobachtungen jedoch nicht in freier Wildbahn. In seiner Arbeit von 1947 beschrieb er das Verhalten von zehn Wölfen, die im Zoo Basel in der Schweiz in einem relativ kleinen Gehege von etwa 10 mal 20 Metern gehalten wurden. Bei seinen Beobachtungen fiel SCHENKEL auf, dass die ranghöchsten Männchen und Weibchen Paare bildeten. Im Laufe der Jahre haben allerdings immer mehr Beobachtungen von Wolfsrudeln in natürlicher Umgebung dazu geführt, dass SCHENKELS Schlussfolgerung bezüglich der Alphetiere angezweifelt wurde (Zusammenfassung in KJØRSTAD 2021).

In den Jahren 1999 und 2000 veröffentlichte David MECH zwei Artikel, in denen er das weit verbreitete Missverständnis korrigierte, wie ein Wolfsrudel organisiert ist. MECH hatte 13 Sommer lang wilde Wolfsrudel auf Ellesmere Island in Kanada studiert. Er beobachtete dabei, dass ein Wolfsrudel immer aus einem