

lausbefall vor. Das abgegebene Duftstoffgemisch mit α - und β -Pinen, β -Myrcen und β -Phellandren als Hauptkomponenten entspricht nämlich sehr genau den Alarmstoffen (Alarm-Pheromonen) verschiedener Blattläuse. Die Schwebfliegen (darunter die auch bei uns häufige Hain-Schwebfliege *Episyrphus balteatus*) werden von diesem Geruch stark angezogen, weil die Weibchen ihre Eier bevorzugt in die Nähe von Blattlaus-Ansammlungen legen. Denn die schlüpfenden Larven ernähren sich räuberisch von Blattläusen. Im Zuge der Eiablage bekommen die Schwebfliegen-Weibchen nach der für Orchideen typischen Art die Pollenpakete (Pollinien) angeheftet, was dann bei einem weiteren Blütenbesuch zur Bestäubung führt. Auch Männchen halten sich zwecks Begattung in der Nähe der Blüten auf und beteiligen sich gelegentlich an der Bestäubung. Die Schwebfliegen erhalten in den Blüten zwar eine kleine Portion Nektar. Dennoch handelt es sich insgesamt um eine Täuschung, weil zum einen durch die Abgabe der Alarmstoffe falsche Tatsachen vorgespiegelt werden, und zum anderen weil keine Blattläuse vorhanden sind und somit die aus den Eiern schlüpfenden Larven dem Tode geweiht sind.

Man vermutet, dass etwa 10% aller Orchideen-Arten durch Vortäuschung eines Eiablageplatzes ihre Bestäuber täuschen. Die Situation bei *Epipactis veratrifolia* ist dabei der erste beschriebene Fall einer Anlockung durch Imitation der Alarmstoffe von Blattläusen.

In der etwa 30–60 Arten umfassenden Gattung *Epipactis* gibt es eine große Vielfalt an Bestäubungssystemen, z. B. durch Wespen oder Hummeln. Blütendüfte wurden chemisch bisher nur bei solchen Arten untersucht, die vor allem durch Wespen bestäubt werden. Sie unterscheiden sich grundlegend von den Duftstoffen von *E. veratrifolia*.

[Stöckl J, Brodmann J, Dafni A, Ayasse M & Hansson BS (2011) Smells like aphids: orchid flowers mimic aphid alarm pheromones to attract hoverflies for pollination. Proc. R. Soc. B 279, 1216–1222.] H. Kutzelnigg



Abb. 1 Blüte der Orchidee *Epipactis veratrifolia*. Die Schwebfliege (hier *Ischiodon aegyptus*) hat sich durch Duftstoffe anlocken lassen, die ihr vorgaukelten, in der Nähe gäbe es Blattläuse als ideale Nahrung für ihre schlüpfenden Larven. Entsprechend legt sie ihre Eier in der Blüte ab und bestäubt diese dabei. Foto: J. Stöckl, MPI für chemische Ökologie, Jena, Abdruck mit freundlicher Genehmigung.

■ Neues vom Birkenspanner

Der Birkenspanner (*Biston betularia*) ist wohl eines der berühmtesten Lehrbuchbeispiele für beobachtete Evolution und speziell für das Wirken der Selektion. Seine dunkle Form (als *carbonaria* bezeichnet) war ab Mitte des 19. Jahrhunderts beobachtet worden. Sie nahm im Zuge der Industrialisierung und der damit verbundenen Umweltverschmutzung erheblich zu und löste die hellen Formen (*typica*) zeitweise in einigen Regionen weitgehend ab. Nach 1950 drehte sich der Trend wieder um. Ende der 1990er Jahre gab es einige Diskussionen um diesen Falter. Denn es stellte sich heraus, dass die Ursachen für die Ausbreitung der dunklen Form und die Selektionsbedingungen komplexer sein müssen als zuvor angenommen (Majerus 1998, Coyne 1998, vgl.

Stud. Int. Journal 6 (1999), 97; www.wort-und-wissen.de/sij/sij62/sij62-s.html).

Unklar war bisher nach wie vor die genetische Basis für den Unterschied zwischen dem Wildtyp (helle Form) und der dunklen Form. Waren Mutationen, die zur *carbonaria*-Form führten, erst in jüngerer Zeit aufgetreten, wieviele Mutationen liegen zugrunde und sind sie mehrfach unabhängig aufgetreten? Eine von van't Hof et al. (2011) publizierte Genanalyse kam nun zum Ergebnis, dass alle dunklen Formen dasselbe Allel des betreffenden Gens besitzen und dass es erst in jüngerer Zeit entstanden ist und starker Selektion ausgesetzt war. Damit scheint geklärt zu sein, dass die dunkle Form nur einmal entstanden ist und sich unter den sich verändernden Umweltbedingungen des 19. Jahrhunderts in England und

auf die Isle of Man schnell ausbreiten konnte.

[COYNE JA (1998) Not black and white. *Nature* 396, 35-36; MAJERUS MEN (1998) Melanism: Evolution in action. Oxford; VAN'T HOF AE, EDMONDS N, DALÍKOVA M, MAREC F & SACCHERI JJ (2011) Industrial Melanism in British Peppered Moths Has a Singular and Recent Mutational Origin. *Science* 332, 958-960.] R. Junker



Abb. 1 Eines der fossilen Komplexaugen mit der „bright zone“ im zentralen Bereich. (Nach LEE et al. 2011, Abdruck mit freundlicher Genehmigung)

■ „Moderne Optik“ im frühen Kambrium

Die Evolution der Augen ist ein viel diskutiertes Thema in der Evolutionsbiologie und unter Evolutionskritikern (vgl. ULLRICH et al. 2005). Dabei stehen Vergleiche verschiedener Augentypen heutiger Arten und theoretische Überlegungen über Neuerwerb einzelner Bestandteile komplexer Augen z. B. durch sogenannte Kooptionen im Vordergrund. Welchen Beitrag aber liefern Fossilfunde? Hier ist weitgehend Fehlanzeige zu verzeichnen. „Der Fossilbericht war bis jetzt unzureichend, um Einblicke in die frühe Evolution der Augen während der anfänglichen Radiation vieler Tiergruppen zu ermöglichen, die als kambrische Explosion bekannt ist“ (LEE et al. 2011, 631). Außer von Trilobiten-Augen sei kaum etwas über die Details des optischen Designs der

kambrischen Tierwelt, aus der die ältesten fossil erhaltenen Augen stammen, bekannt, trotz z. T. sehr guter fossiler Erhaltung. Nun berichten LEE et al. (2011) von sehr gut erhaltenen fossilen Augen aus dem frühen Kambrium des Emu Bay-Schiefers in Australien (auf 515 Millionen Jahre datiert), die sie als „sehr hochentwickelte“ (highly advanced) Komplexaugen (Facettenaugen) charakterisieren. Sie sind in fein geschichtetem Tonstein eingebettet.

Es handelt sich um mehrere isolierte Augen, die aus jeweils über 3.000 ommatidischen Linsen in dichter und in ausgeprägt sechseckiger Anordnung bestehen, was die kompakteste und effizienteste Anordnung darstellt. (Als Ommatidien werden die Einzelelemente von zusammengesetzten Augen bezeichnet, wie sie in der heutigen Tierwelt bei Gliederfüßern vorkommen.) Der Durchmesser der Augen beträgt 7-9 mm. Die Forscher ordnen die Augen aufgrund ihrer Größe einem Gliederfüßer zu, der vermutlich räuberisch lebte und unter schwachen Lichtverhältnissen sehen konnte. Eine genauere Zuordnung ist nicht möglich. Die Augen sind komplexer als fossile Augen zeitgleich existierender Trilobiten und so hochentwickelt wie die Augen vieler heute lebender Formen. Die Augen besitzen im Zentrum große ommatidische Linsen, die eine besonders lichtempfindliche „helle Zone“ („bright zone“ oder „acute zone“) bilden, während die Linsen in den Randbereichen kleiner sind. Diese Spezialisierungen seien für viele moderne Taxa charakteristisch. Die Wissenschaftler schließen aus der Anordnung der verschiedenen Linsengrößen, dass die Augen auch im Lebenszustand flach waren. Die extrem reguläre Anordnung der Linsen übertrifft sogar die Anordnung bei manchen heute lebenden Formen wie dem Pfeilschwanz *Limulus*. Damit besaßen einige der ältesten Gliederfüßer optische Systeme, die denen heutiger Formen glichen.

[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; ULLRICH H, WINKLER N & JUNKER R (2005) Zankapfel Auge. Ein Paradebeispiel für „Intelligent Design“ in der Kritik. *Stud. Int. J.* 13, 3-14.] R. Junker

■ MILLERS Simulations-experimente erneut unter der Lupe

Stanley S. MILLER gilt als der Chemiker, der als Pionier Mitte des 20. Jahrhunderts erste experimentelle Untersuchungen zur Chemie der Lebensentstehung angestellt hat. Er veröffentlichte 1953 eine Aufsehen erregende und bis heute unverändert populäre Arbeit, in der er in eindrucksvoller Weise demonstrierte, dass man im Labor aus einem einfachen Gasgemisch Aminosäuren, die Bausteine für Proteine synthetisieren kann. MILLER, der im Mai 2007 im Alter von 77 Jahren gestorben ist, hat sich lebenslang mit den Fragen des chemischen Ursprungs von Leben beschäftigt. Auch wenn er hinsichtlich einer naturwissenschaftlichen Klärung dieser Frage optimistisch war, so hat er doch gleichzeitig nüchtern und kritisch die bislang vorgeschlagenen Szenarien analysiert und kommentiert.

Jeffrey L. BADA – ehemaliger Schüler von MILLER und heute Professor für Marine Chemie an der Scripps Institution of Oceanography der University of San Diego – beschäftigt sich ebenfalls mit Aminosäuren und deren Beiträgen in Modellen zur Lebensentstehung. Nach dem Tod von MILLER fanden BADA und Mitarbeiter Probengefäße aus dessen Ursuppen-Experimenten. Anhand von MILLERS Protokollen konnten sie die Proben entsprechenden Experimenten zuordnen und haben diese mit modernen Analysemethoden erneut untersucht. Aus Experimenten der Jahre 1953-54 hatte MILLER (1955) fünf Aminosäuren und verschiedene Substanzen, die er nicht identifiziert hatte (Papierchromatographie), beschrieben.

JOHNSON et al. (2008) identifizierten in Proben 22 Aminosäuren