

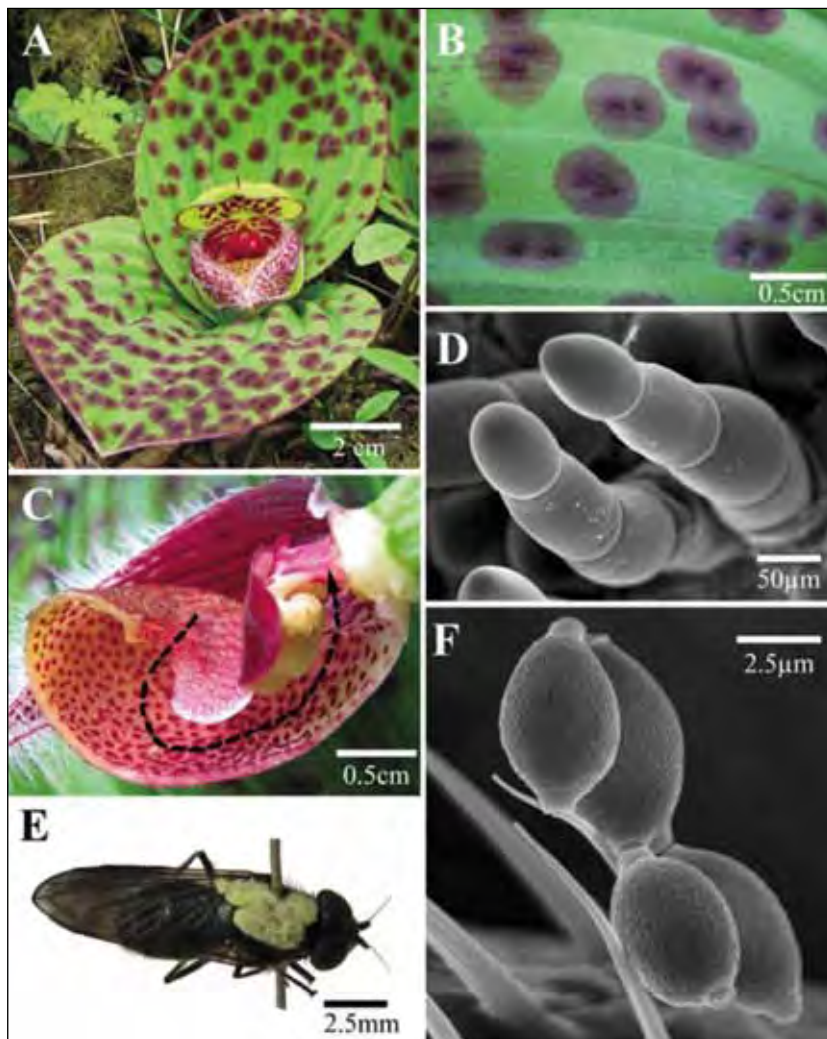


Abb. 1 Bestäubung bei der Orchidee *Cyripedium fargesii*. (A) Habitus. (B) Blattoberseite mit schwarzen, behaarten Flecken. (C) Aufgeschnittene Blüte; die gestrichelte Linie zeigt den Weg der Fliege durch die nach unten ausgesackte Blüte. (D) Elektronenmikroskopische Aufnahme der mehrgliedrigen Haare in der Mitte der schwarzen Blattoberseite. (E) Eine weibliche Agathomyia-Fliege mit Pollenpaket auf dem Rücken. (F) Konidiosporen des Schimmelpilzes *Cladosporium*. Aus REN et al. (2011); Abdruck mit freundlicher Genehmigung.

aus Südwestchina (Abb. 1 A) eine sonst bei Blütenpflanzen als Bestäuber nicht bekannte Fliegenart in besonderer Weise angelockt wird, um ohne Gegenleistung die Bestäubung durchzuführen. Die entsprechende, zu den Tummel- oder Pilzfliegen (Platypodidae) zählende Art aus der Gattung *Agathomyia* (Abb. 1 E) ernährt sich wie die meisten Vertreter dieser Familie von Mikropilzen, die parasitisch auf Laubblättern leben, hier speziell einem Schimmelpilz der Gattung *Cladosporium*. Die Orchidee imitiert die Struktur und die typische Schwarzfärbung dieses Pilzes durch schwarz behaarte Flecken auf der Blattoberfläche (Abb. 1 B, D) bei gleichzeitiger Abgabe von Duftmolekülen durch die Blüte. Diese erinnern an den Geruch faulender Blätter und sind

in sehr ähnlicher Form auch von Kulturen des Pilzes bekannt. Merkwürdigerweise sehen außerdem die mehrgliedrigen Haare in den Blattoberflächen (Abb. 1 D) sehr ähnlich aus wie die Konidiosporen abgebenden Pilzfäden von *Cladosporium* (Abb. 1 F). Die auf diese Weise angelockten Fliegen gelangen schließlich in die Blüte. Genauso wie die Bestäuber unseres heimischen Frauenschuhs (*Cyripedium calceolus*) müssen sich die Fliegen, um wieder herauszukommen, durch die sackförmige Ausstülpung der Blüte hindurch zwängen und führen dabei die Bestäubung durch. Nektar als potentielle „Belohnung“ wird nicht geboten, und der Pollen landet in Form der für Orchideen typischen Gesamtpakete (Pollinien) auf dem Rücken des Insektes (Abb. 1 E).

Im vorliegenden Fall täuscht also eine Blütenpflanze einen phytopathogenen Pilz vor, um Insekten für die eigene Fortpflanzung zu missbrauchen. An dieser Stelle sei aber erwähnt, dass es in der Natur auch den umgekehrten Fall gibt, nämlich dass phytopathogene Pilze Blüten vortäuschen (Pseudoblüten) und dadurch Insekten anlocken, die für die Fortpflanzung des Pilzes sorgen. Dies wurde z. B. ausführlich für die Beziehung zwischen dem Rostpilz *Puccinia arrhenatheri* und dessen Wirtspflanze *Berberis vulgaris* (Sauerdorn, Berberitze) beschrieben (NAEF et al. 2002). Hier werden die Insekten durch visuelle und olfaktorische (Geruchs-) Reize (Mimikry) angelockt, bekommen aber auch eine nektarhaltige Flüssigkeit zur „Belohnung“. In allen Fällen handelt es sich um „geniale“ Strategien zur Aufrechterhaltung der Fortpflanzung.

[NAEF A, ROY BA, KAISER R & HONEGGER R (2002) Insect-mediated reproduction of systemic infections by *Puccinia arrhenatheri* on *Berberis vulgaris* (Berberidaceae). New Phytologist 154, 717-730. http://ceeb.uoregon.edu/faculty_pages/Roy/papers/35.pdf; REN Z-X, LI D-Z, BERNHARDT P & WANG H (2011) Flowers of *Cyripedium fargesii* (Orchidaceae) fool flat-footed flies (Platypodidae) by faking fungus-infected foliage. Proc. Natl. Acad. Sci. 108, 7478-7480.] H. Kutzelnigg

■ Orchidee trickt Bestäuber aus – Fall 2: Imitation der Alarmstoffe von Blattläusen

Ganz anders gelagert als im vorstehend geschilderten Fall der Frauenschuh-Art *Cyripedium fargesii*, aber ebenso eindrucksvoll ist die Situation bei einer weiteren Orchidee, der Stendelwurz-Art *Epipactis veratrifolia* (= Germerblättrige Stendelwurz). Bei dieser in Vorderasien heimischen, bis ca. 1,50 m hohen Art werden die Bestäuber – es sind hier verschiedene Schwebfliegen-Arten (Familie Syrphidae) – in wieder völlig anderer Weise angelockt (STÖKL et al. 2011). Die hier zahlreich vorhandenen Blüten (Abb. 1) täuschen nämlich durch warzenartige Strukturen, vor allem aber durch die Abgabe flüchtiger chemischer Verbindungen einen Blatt-

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