

## Lerneinheit Fledermausbestäubung

### Zielgruppe:

Gymnasium (Sekundarstufe II)

Biologie

### Zeitumfang:

2 Unterrichtsstunden (90 Minuten)

### Kurzbeschreibung:

Diese Unterrichtseinheit hat das Ziel, den SchülerInnen das Konzept *Mutualismus*, d.h. Interaktionen zwischen verschiedenen Organismen, die von gegenseitigem Nutzen geprägt sind, näherzubringen. Dies beinhaltet die damit verbundenen Anpassungen der Mutualismuspartner, insbesondere die Bedeutung des Begriffs *Koevolution*, wie sie bei Pflanzen, ihren Blüten und den zugehörigen Bestäubern (insbesondere Fledermäusen) erkennbar sind. Die SchülerInnen entwickeln durch den Unterrichtsblock ein generelles Verständnis bzgl. mutualistischer Interaktionen und ihrer Sensibilität, welche Arten von Selektionsdruck auf den Partnerorganismen lasten und welche Bedeutung Mutualismen für die verschiedenen Ökosysteme haben.

### Theoretische Hintergrundinformationen für Lehrkräfte:

#### Generelles

Mehr als 800 Pflanzenarten werden allein in Mittel- und Südamerika von Fledermäusen bestäubt. Insgesamt ist das Phänomen der Fledermausbestäubung auf tropische Gebiete beschränkt, da nur hier Blüten über das gesamte Jahr verteilt auftreten und keine längere Winterpause die Verfügbarkeit von Blüten als Nahrungsquelle für die Tiere unterbricht. Während in den Paläotropen Flughunde als wichtige Bestäuber auftreten, ist es in den amerikanischen Neotropen Fledermausfamilie sogenannten Blattnasen (Phyllostomiden), die diese Nische, besetzt.

### Anpassungen der Fledermäuse

Das Phänomen der Blütenbestäubung ist im Laufe der Evolution mehrfach unabhängig voneinander entstanden. Bei genauerer Betrachtung kann man feststellen, dass Vertreter in beiden Fledermausfamilien, welche auf die Bestäubung von Blüten spezialisiert sind (Flughunde und Blattnasen), ähnliche Anpassungen haben. Dies erlaubt es ihnen, die Nektarquellen, welche ihnen die Pflanzen zur Verfügung stellen, optimal auszunutzen. Dazu gehören sehr lange Schnauzen und Zungen, die teilweise mit bürstenähnlichen Papillen ausgestattet sind, um die rasche und effiziente Aufnahme des Nektars zu ermöglichen. Außerdem findet man bei zahlreichen blütenbestäubenden Fledermausarten, dass die Zähne stark reduziert worden sind.

### Anpassungen der Pflanzen/Blüten an Fledermausbestäubung und andere Bestäuber im Vergleich

#### Fledermausbestäubte Blüten

Fledermausbestäubte Pflanzen zeichnen sich durch zahlreiche Anpassungen aus, deren Kombination als „Chiropterophilie“ bezeichnet wird. Dazu gehört ein charakteristischer Duft, der schwefelhaltige Komponenten enthält. Somit riechen diese Blüten stark nach Früchten und Gärung. Diese Düfte sind unabhängig voneinander (konvergent) in mehreren Pflanzenfamilien entstanden. Die Blüten weisen häufig helle Färbungen auf, welche von weiß bis gelblich oder grünlich variieren kann. Die Blüten sind stark exponiert und robust gebaut, häufig becher-, breit rachen- oder bürstenförmig. Dadurch sind die Blüten leicht für Fledermäuse zugänglich und sehr widerstandsfähig, wenn z.B. paläotropische Langzungenflughunde auf ihnen landen. Um attraktiv für solch große Bestäuber zu sein und die Chancen auf eine erfolgreiche Bestäubung zu erhöhen, produzieren diese Pflanzen große Mengen an Nektar und Pollen. Des Weiteren haben manche fledermausbetäubten Pflanzen in den Neotropen ihre Blätter und Blüten im Laufe der Evolution so abgewandelt, dass sie den Schall der Echoortungsrufe der Fledermäuse laut reflektieren, und dadurch leicht von den Fledermäusen gefunden werden können. Derartige echoakustische Anpassungen von fledermausbestäubten Pflanzen gibt es nicht in den Paläotropen. Dort werden die Pflanzen von Flughunden bestäubt, welche in der Regel keine Echoortung verwenden.

#### Vogelbestäubte Blüten

Vogelbestäubte Blumen werden als Ornithophile bezeichnet. Im Gegensatz zu vielen insektenbestäubten Blüten fehlen bei diesen Blüten die Landeplätze, da die bestäubenden Vögel zu schwer für die Blüten sind. Daher müssen sich diese Tiere häufig neben der Blüte positionieren oder frei vor den Blüten im Schwirrflyg schweben, wie man es bei Kolibris beobachten kann. Ähnlich wie bei den Fledermausblüten sind die vogelbestäubten Blüten häufig sehr groß und becher-, röhren-

oder bürstenförmig. Im Gegensatz zu Fledermäusen spielt bei Vögeln, der Geruchssinn nur eine untergeordnete Rolle, weshalb diese vogelbestäubte Blüten meist keinen besonderen Duft aufweisen. Stattdessen setzen diese Blüten auf visuelle Signale und erscheinen grell rot, blau, gelb oder grün, um attraktiv für ihre Bestäuber zu sein. Die angebotenen Nektarmengen sind groß und der Nektar ist sehr dünnflüssig, damit er durch die Röhren- oder Pinselzungen der Vögel aufgenommen werden kann. Diese übertragen den Pollen häufig im Schnabel- oder Kopfbereich, selten auch an den Füßen. Insgesamt können sehr viele Vogelarten als Bestäuber aufgelistet werden. Besonders herauszustellen sind in den Neotropen die Kolibris und in den Paläotropen Nektar- oder Honigvögel, die einen Großteil der Bestäubung durchführen.

#### Bienenbestäubte Blüten

Bienenbestäubte Blumen (Melittophile) sind äußerst variantenreich und kommen häufig vor. Die Form der Blüten ist oft zygomorph und daher lippen-, rachen-, oder fahnenförmig. Allerdings kommen auch Glocken-, Stielteller- und Pinselblumen vor. Da Bienen im Violettbereich besonders gut sehen, variiert das Farbspektrum von Bienenblumen meist zwischen purpur und violett und sie reflektieren UV-Licht oft in charakteristischen Mustern. Daneben kann auch gelb sehr anziehend auf Bienen wirken. Der Nektar ist mäßig tief in den Blüten verborgen und die Blumen verströmen einen angenehmen, süßlichen Duft. Häufig werden Bienen auch mit Pollen für ihre Dienste entschädigt.

#### Schmetterlingbestäubte Blüten

Hier kann man grundsätzlich zwischen tagfalter- (Psychophile) und mottenbestäubten Blumen (Phalaenophile) unterscheiden. Tagfalterblumen zeichnen sich durch eine aufrechte Stellung mit einem mehr oder weniger horizontalen Landeplatz aus und weisen häufig einen engen Röhrenbau auf. Die Blütenfarbe ist meist rosa bis rot, kann seltener auch blau oder violett sein. Der Duft ist süß, oft aber nicht sehr stark.

Mottenblumen öffnen ihre Blüten im Gegensatz zu Tagfalterblüten erst bei Nacht. Die Stellung der Blüten ist häufig waagrecht oder hängend. Ähnlich wie bei den Tagfalterblumen sind die Blüten eng röhrenförmig gebaut. Die Färbung von Mottenblumen ist grundsätzlich sehr bleich, dafür zeichnen sie sich durch einen starken, manchmal parfümartigen Geruch aus, um ihre Bestäuber über deren Geruchssinn (olfaktorisch) anzulocken.

#### Fliegenbestäubte Blüten

Zu den fliegenbestäubten Blumen (Myiophile) zählen zum einen kleine, fast geruchslose Scheibenblumen, deren Nektar gut zugänglich ist, zum anderen die weitaus charakteristischeren sogenannten Aasfliegenblumen. Diese weisen grün-purpurn gefärbte Blüten auf und sind

gekennzeichnet durch einen starken Aasgeruch. Durch die Nachahmung ihrer Futter- und Brutplätze werden die bestäubenden Insekten von den Blumen angelockt. Meist zeichnet sich diese Interaktion aber nicht durch einen gegenseitigen Nutzen (also einen Mutualismus) aus. Die Blumen sind nicht selten Täusch- oder Fallenblumen, die keine Belohnung an die Insekten abgeben, sondern diese für eine gewisse Zeit gefangen halten, um von ihnen bestäubt zu werden. Manche dieser Blumen produzieren auch Wärme, damit die Duftstoffe noch stärker verteilt werden und die Fliegen noch effizienter angelockt werden.

#### Käferbestäubte Blüten

Käferbestäubte Blumen (Cantharophile) zeichnen sich durch Robustheit aus, da Käfer mit ihren kauend-beißenden Mundwerkzeugen dazu neigen, Schaden an den Blüten anzurichten. Die Form dieser Blüten ist scheiben- oder napfförmig. Ihr Farbspektrum rangiert von weißlich über gelblich bis bräunlich. Die Blüten können aber auch rot gefärbt sein. Vor allem bei sehr ursprünglichen Pflanzen lassen sich Anpassungen an Käfer als Bestäuber finden.

#### Ökologische und ökonomische Bedeutung der Fledermausbestäubung

Zahlreiche Pflanzen sind fakultativ oder obligat abhängig von Fledermausbestäubung. Einige Kakteen verlassen sich z.B. rein auf Fledermäuse, welche die Wüste durchqueren. Unter den fledermausbestäubten Pflanzen befinden sich auch solche, die eine hohe ökonomische Bedeutung für den Menschen haben, wie z.B. Mango, Banane, Agave (aus der u.a. Tequila hergestellt wird) oder die in Südostasien sehr wichtige Durian (Stachelfrucht).

#### Literatur:

Howell, D. J., & Hodgkin, N. (1976). Feeding adaptations in the hairs and tongues of nectar-feeding bats. *Journal of Morphology*, 148(3), 329-336.

Kunz, T. H. (Ed.). (2013). *Ecology of bats*. Springer Science & Business Media.

Bresinsky et al. (Ed.) (2008). Strasburger. Lehrbuch der Botanik. *Spektrum Akademischer Verlag*.

Raguso, R. A. (2004). Flowers as sensory billboards: progress towards an integrated understanding of floral advertisement. *Current opinion in plant biology*, 7(4), 434-440.

### Beobachtungsauftrag:

Die SchülerInnen formulieren eigene Hypothesen, wie sich nektartrinkende Fledermäuse und fledermausbestäubte Pflanzen bzw. ihre Blüten aneinander angepasst haben. Diese Hypothesen werden an der Tafel gesammelt. Anhand eines Arbeitsblatts mit Photographien von Fledermäusen, die auf Nektar als Nahrungsquelle spezialisiert sind und hauptsächlich von Fledermäusen bestäubten Blüten sollen die SchülerInnen generelle Anpassungen der Tiere und Pflanzen aneinander identifizieren. Die Klasse wird dazu in zwei Hälften geteilt: eine Hälfte untersucht die Anpassungen der Fledermäuse, die andere Anpassungen der Blüten. Optional kann zusätzlich auch eine Internetrecherche durchgeführt werden, um Einblick in geruchliche oder echoakustische Anlockmechanismen zu erlangen. Die Ergebnisse der Recherche sollen in einem gemeinsamen Tafelbild kombiniert werden. Am Ende überprüfen die SchülerInnen ihre ursprünglichen Hypothesen, um sie zu betätigen oder abzulehnen und gegebenenfalls anzupassen.

Im Anschluss überlegen die SchülerInnen, welche Vor- und Nachteile eine absolute Spezialisierung auf nur einen einzigen Interaktionspartner nach sich ziehen könnte. Die Ideen werden in zwei Gruppen gesammelt, mit der gesamten Klasse besprochen und auf dem Arbeitsblatt vermerkt.

Im Gruppenpuzzle machen sich die SchülerInnen mit den Anpassungen von Pflanzen bzw. Blüten an andere Bestäuber als Fledermäuse vertraut. Die Experten der jeweiligen Gruppen arbeiten die Besonderheiten des jeweiligen Bestäubungssyndroms heraus und vergleichen sie mit fledermausbestäubten Blüten hinsichtlich ihrer jeweiligen Gemeinsamkeiten bzw. Besonderheiten. Dieses Wissen wird den „naiven“ Stammgruppenmitgliedern mitgeteilt. Alternativ kann das Gruppenpuzzle auch als einzelne Einheit durchgeführt werden, wobei dann eine weitere Expertengruppe mit dem Thema „Fledermausblumen“ gegründet werden sollte.

Am Ende dieser Lerneinheit wird zur Sicherung des Wissens ein Quizz durchgeführt, welches auf der FUN-Homepage zur Verfügung steht.

### Lernziele und deren Deckung mit dem Lehr-/Rahmenplan

Ziel dieser Lerneinheit ist, das Kennenlernen der Grundprinzipien mutualistischer Beziehungen. Solche Interaktionen machen häufig Anpassungen an den Mutualismuspartner nötig, die nicht nur mit Nutzen, sondern auch mit Kosten für die jeweilige Art einhergehen. Die Unterrichtseinheit lässt sich gut in den bayerischen Lehrplan bzw. in den Rahmenplan Mecklenburg-Vorpommerns eingliedern: Die Unterrichtseinheit Ökologie in der 10. Jahrgangsstufe im bayerischen Lehrplan lässt

Freiraum für eine intensivere Behandlung der Fledermausökologie mit besonderem Fokus auf den evolutionären Hintergründen und der ökologischen Bedeutung von mutualistischen Interaktionen. Im Rahmenplan Mecklenburg-Vorpommerns für die gymnasialen wie die nichtgymnasialen Jahrgangsstufen 7-10 ist dem Thema Ökologie und Ermittlung der biotischen und abiotischen Faktoren Raum gegeben worden, wodurch sich diese Lehreinheit auch hier sehr gut integrieren lässt. Denkbar wäre auch ein Einsatz in der Oberstufe. In der Jahrgangsstufe 11 wird in Bayern aufgrund Spiralcurriculums das Thema „Ökologie und Biodiversität“ erneut aufgegriffen und vertieft. Auch in der gymnasialen Oberstufe in Mecklenburg-Vorpommern kann diese Einheit eingesetzt werden, da auch hier ein Fokus auf „Ökologie und Nachhaltigkeit“ liegt und interspezifische Interaktionen thematisiert werden. Bei der Analyse der Anpassungen wird die Beobachtungsfähigkeit der SchülerInnen gefördert. Außerdem sollen sie mit der wissenschaftlichen Vorgehensweise, wie etwa der Hypothesenbildung oder der Wissensfindung über vergleichende Studie vertraut gemacht werden. Dies lässt sich sehr gut in den Bayerischen Lehrplan der 12. Jahrgangsstufe einbringen, da dort „Erkenntnisse gewinnen – kommunizieren – bewerten“ ein wichtiger Themenkomplex ist. Auch im Rahmenplan Mecklenburg-Vorpommerns nimmt Erkenntnisgewinnung eine wichtige Position ein. Dies soll das Interesse an Forschung und Wissenschaft fördern und außerdem überfachliche Fertigkeiten wie das Dokumentieren und Präsentieren verfeinern.