



KOSMOS

HEIMLICHE HERRSCHER

FASZINATION
INSEKTEN -
SPEKTAKULÄRE
EINBLICKE
UND ÜBERLEBENS-
STRATEGIEN

ULRICH SCHMID



ULRICH SCHMID

HEIMLICHE HERRSCHER

FASZINATION INSEKTEN -
SPEKTAKULÄRE EINBLICKE
UND ÜBERLEBENSSTRATEGIEN

KOSMOS



Welches Thema dich auch begeistert - auf unsere Expertise kannst du dich verlassen. Und das schon seit über 200 Jahren.

Unser Anspruch ist es, dich mit wertvollem Rat zu begleiten, dich zu inspirieren und deinen Horizont zu erweitern.

BEGEISTERUNG DURCH KOMPETENZ

Unsere Autorinnen und Autoren vereinen professionelles Know-how mit großer Leidenschaft für ihre Themen.

WISSEN, DAS DICH WEITERBRINGT

Leicht verständlich, lebensnah und informativ für dich auf den Punkt gebracht.

SACHVERSTAND, DEN MAN SEHEN KANN

Mit aussagestarken Fotos, Zeichnungen und Grafiken werden Inhalte besonders anschaulich aufbereitet.

QUALITÄT FÜR HEUTE UND MORGEN

Dafür sorgen langlebige Verarbeitung und ressourcenschonende Produktion.

Du hast noch Fragen oder Anregungen?
Dann kontaktiere unsere Service-Hotline: 0711 25 29 58 70
Oder schreibe uns: [kosmos.de/servicecenter](https://www.kosmos.de/servicecenter)

Inhalt

5 PLANET DER INSEKTEN

- 6 Ungeziefer?
- 6 An Inordinate Fondness for Beetles
- 9 Unbekannte Vielfalt
- 15 Insekten und Blumen - eine innige Beziehung
- 23 Eine Welt ohne Insekten?
- 25 Gewinner und Verlierer



31 PANZER, FACETTENAUGEN, SECHS BEINE UND VIER FLÜGEL

- 32 Insekten-Schnellcheck
- 36 Panzer und Membranen: Wunderstoff Chitin
- 44 Dimensionen: Riesen und Zwerge
- 49 Farben und Strukturen
- 61 Rechenzentrale: der Kopf
- 70 Mobilitätszentrale: die Brust
- 90 Organzentrale: der Hinterleib
- 101 Fliegende Krebse



107 AUS DER HAUT FAHREN: INSEKTEN-JUGEND

- 108 Metamorphose
- 113 Seide
- 115 Entdeckungen
- 117 Hypermetamorphose
- 119 Erfolgsrezept vollständige Verwandlung
- 122 Elterliche Fürsorge

129 SEX

- 130 Let's talk about sex
- 132 Dating
- 141 Mitbringsel
- 146 Hardcore
- 150 Ohne Männer



155 SUPERSINNE

- 156 Sprechende Tänze
- 158 Rechenkünstlerinnen
- 160 Meisterhörer
- 165 Feuermelder
- 166 Telekommunikation
- 175 Der duftgesteuerte Staat
- 183 Guter Geschmack



185 NICHTS INS SICHER

- 186 Vegetarier
- 192 Jäger
- 197 Parasiten und Parasitoide
- 203 Recycler



207 BILDNACHWEIS



PLANET DER INSEKTEN



Warum ohne Insekten nichts geht



Die Welt funktioniert nicht ohne Insekten. In einer schier unglaublichen Artenfülle und Zahl spielen sie in allen Land-Ökosystemen eine Schlüsselrolle.

— **Faszinierend fremdartig**

Wirbeltiere sind uns vertraut, Insekten begegnen wir dagegen oft mit Misstrauen, besonders wenn sie in Massen auftreten. Feuerwanzen (*Pyrrhocoris apterus*) versammeln sich oft in großer Zahl am Fuß von Lindenbäumen.

UNGEZIEFER?

„Als Gregor Samsa eines Morgens aus unruhigen Träumen erwachte, fand er sich in seinem Bett zu einem ungeheueren Ungeziefer verwandelt.“ Franz Kafka, „Die Verwandlung“ – einer der berühmtesten ersten Sätze der Literaturgeschichte. Er funktioniert auch deshalb so zuverlässig, weil er auf ein wirkmächtiges Klischee zurückgreift, das des Fremdartigen, des Kakerlakig-Ekligen, das häufig spontan mit Insekten verbunden wird. Und oft genug dafür sorgt, dass man lieber draufhaut statt genauer hinschaut.

Lästige Wespen am Kaffeetisch, blutrünstige Stechmücken, die juckende Stiche hinterlassen und, noch schlimmer, lebensbedrohende Krankheiten übertragen können, Wanderheuschreckenschwärme, die ganze Landstriche kahlfressen, Motten in Lebensmitteln und Kleiderschränken, Blattläuse im Garten, Thripse an Zierpflanzen – Insekten haben ein gewaltiges Imageproblem!

Klar, es gibt unter ihnen auch Sympathieträger: Der Marienkäfer, der als Glücksbringer gilt – solange er nicht im Herbst auf der Suche nach frostsicheren Verstecken in Massen Einlass in Häuser begehrt. Die wunderhübschen Schmetterlinge – aber eigentlich nur die bunten Tagfalter und nicht ihre unscheinbaren Geschwister der Nacht, die als Motten denunziert das Licht umschwirren, und auch nicht die Raupen, aus denen sie hervorgehen. Und natürlich die Honigbiene, eines der wenigen Haustiere unter den Insekten, der wir wegen ihres sprichwörtlichen Bienenfließes Respekt zollen: 100 000 Flugkilometer für ein Kilo Honig! Seit 1912 sammelt die Biene Maja Nektar und Sympathie, drei Jahre bevor Kafka im Jahr 1915 die dunkle Seite der Insekten vorführte. Auf dem Cover des Klassikers von Waldemar Bonsels ist Maja tatsächlich bis heute als Biene erkennbar. Parallel dazu machte das rebellische Bienenmädchen spätestens mit den Trickfilmen der 1970er Jahre aber eine Metamorphose durch, die ihr alles Insektenhafte gründlich austrieb. Neben dem schwarz-gelben Dress erinnern nur noch unauffällige Fühler und zwei winzige Flügelchen an ihre Insektenatur.

Dermaßen vermenschlicht schafft sie es kaum, der weit verbreiteten und manchmal bis zur Entomophobie gesteigerten Abneigung gegen Insekten wirklich etwas entgegenzusetzen. Dagegen hilft nur eins: Sich voller Neugierde und frei von Vorurteilen auf den faszinierenden Mikrokosmos der Insekten einzulassen!

AN INORDINATE FONDNESS FOR BEETLES

Als Gott die Welt schuf, sei eines klar geworden: „An inordinate fondness for beetles“ – eine übermäßige Vorliebe für Käfer – müsse der Schöpfer haben, stellte der berühmte englische Biologe J.B.S. Haldane (1892–1964) fest. Das seither in verschiedenen Versionen gern zitierte Bonmot spiegelt eine schlichte Tatsache wider: Käfer sind die mit Abstand artenreichste Tiergruppe der Welt. Mehr als 380 000 Arten sind bis heute wissenschaftlich erfasst und benannt. Um die Jahrtausendwende lag die Zahl erst bei rund 360 000 Arten, das heißt, jedes Jahr wurden 1000 vorher unbekannte Käferarten neu beschrieben. Und ein Ende ist noch lange nicht in Sicht. Zwar sind wir in der Lage, Raketen an den Rand unseres Sonnensystems zu schicken oder ferngesteuerte Fahrzeuge auf dem Mars Proben analysieren zu lassen – die biologische Vielfalt unseres Heimatplaneten gibt uns aber immer noch Rätsel auf. Schon die schlichte Frage, wie viele Arten es eigentlich gibt, ist nicht sicher zu beantworten. Und das, obwohl an dem ebenso ehrgeizigen wie notwendigen Projekt, alle Lebewesen dieser Erde zu erfassen, zu beschreiben und zu benennen, seit Jahrhunderten intensiv gearbeitet wird!

Eine Schlüsselrolle spielte dabei der schwedische Biologe Carl von Linné (1707–1778). Er erfand ein ebenso einfaches wie geniales System zur Benennung von Arten, die „binäre Nomenklatur“. Sie wird bis heute verwendet. Jede Art erhält dabei einen Doppelnamen. Der Admiral, einer unserer schönsten Schmetterlinge, heißt zum Beispiel *Vanessa atalanta* (S. 86). Dass *Vanessa cardui*, der Distelfalter, ein naher Verwandter des Admirals ist, verrät sich im gleichen ersten Namen, dem Gattungsnamen *Vanessa*. Er steht zwar vorne, entspricht aber eigentlich unserem Nachnamen. Linné

PLANET DER INSEKTEN



1 — Ekelhaft?

Küchenschabe (*Blatta*). Kakerlaken in der Küche gelten als der Inbegriff von Verwahrlosung und dienen deshalb nebenbei auch der nationalen Verunglimpfung als Russe, Franzose, Preuße oder Schwabenkäfer.



2 — Bienenfleißig

Die Honigbiene (*Apis mellifera*) ist eine von nur wenigen Insektenarten, die sich eines uneingeschränkt guten Rufs erfreuen. Zur Gewinnung von Honig werden Bienen schon seit Jahrtausenden gehalten.



3 — Populär

Absoluter Sympathieträger, aber vom Insekt ist nicht viel übrig.

HEIMLICHE HERRSCHER



— Pure Ästhetik

Unerschöpfliches Farbenspiel und überwältigender Formenreichtum - hier lauter Käfer.

sortiert also nicht nach „Max Mustermann“, sondern nach „Mustermann, Max“, ein kluger Schachzug, wenn es um den Aufbau eines übersichtlichen Ordnungssystems geht. Beide, Admiral und Distelfalter, werden als nahe Verwandte in die gleiche Gattung – eben *Vanessa* – gestellt. Die nächste Hierarchiestufe ist die der Familie. Die Gattung *Vanessa* gehört zur Familie der Edelfalter (Nymphalidae), die über 6000 Arten umfasst. Andere Familienmitglieder sind zum Beispiel das heimische Tagpfauenauge (*Inachis io*, S. 111) und der



— Familie Papilionidae, Ritterfalter

Das zoologische System ordnet nach Verwandtschaft. Alle Ritterfalter – 32 Gattungen mit 570 Arten – gehen auf einen gemeinsamen Vorfahren zurück.

Kleine Fuchs (*Aglais urticae*), die Monarchen (Gattung *Danaus*) und die Morphofalter (Gattung *Morpho*, S. 50). Alle Schmetterlingsfamilien – insgesamt werden zur Zeit ungefähr 130 unterschieden – werden in einer Ordnung zusammengefasst, die Ordnung der Schmetterlinge (wissenschaftlich Lepidoptera) innerhalb der Klasse der Insekten. Mit mehr als 160 000 bekannten Arten können die Schmetterlinge die Käfer zwar nicht übertrumpfen, gehören aber ebenfalls zu den besonders artenreichen Insektengruppen.

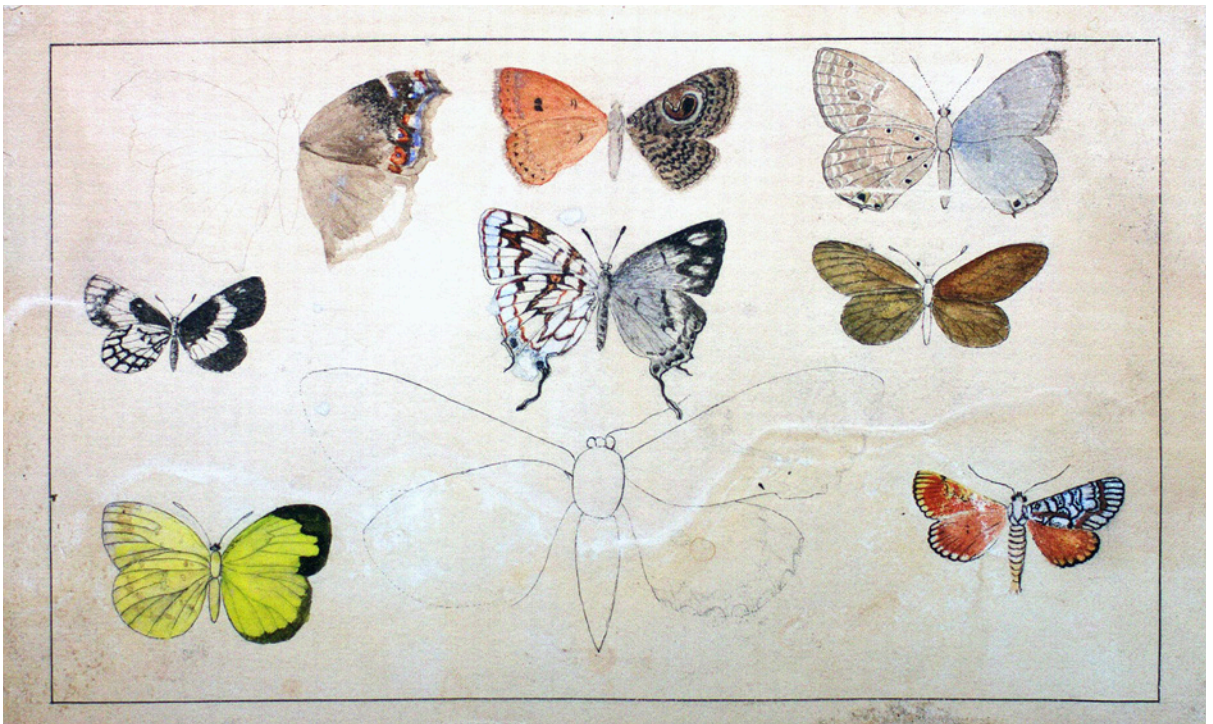
UNBEKANNTE VIELFALT

Als Stunde Null der wissenschaftlichen Benennung aller Tierarten gilt die zehnte Auflage von Carl von Linnés „Systema Naturae“ aus dem Jahr 1758. Darin beschreibt Linné insgesamt 312 Gattungen mit 4378 Tierarten. Knapp die Hälfte davon, nämlich 1918, sind Insekten – die Krebse, Spinnen, Skorpione und Tausendfüßer, die Linné noch als Insekten klassifiziert hat, sind dabei schon abgezogen. Die „göttliche Vorliebe für Käfer“ spiegelt sich damit auch in dieser ersten Inventarisierung der Artenvielfalt der Erde wider: Die Käfer führen mit 664 Arten, knapp gefolgt von den Schmetterlingen mit 543 Arten.

200 Jahre später währte man sich kurz vor dem Ziel: Mit Bienenfleiß hatten Forscher – Frauen waren lange die Ausnahme – Tiere, Pflanzen und Pilze gesammelt, dokumentiert und benannt. Bei vielen staatlich organisierten Expeditionen, die im 18. und 19. Jahrhundert der Erforschung (und kolonialen Eroberung) der Erde dienten, waren Botaniker und Zoologen dabei, ob bei der „Großen Nordischen Expedition“ (1733–1743) zur Erforschung Sibiriens oder bei den Südseereisen von James Cook, die ab 1768 unter anderem nach Australien und Neuseeland führten. Die biologische Grundlagenforschung war zwar nie der eigentliche Zweck dieser Expeditionen, gleich-

— Forschungsreisen

Im 19. Jahrhundert zog wissenschaftlicher Erkenntnisdrang zahlreiche europäische Forscher (und wenige Forscherinnen) in die Welt und erweiterte unser Wissen erheblich. Diese Schmetterlinge zeichnete der württembergische Entdecker Theodor von Heuglin (1824-1876) während eines Aufenthalts in Äthiopien 1853/54.



HEIMLICHE HERRSCHER



— Schier unendliche Vielfalt

Die Erfassung der Biodiversität der Insekten ist eine Mammutaufgabe. Wissenschaftliche Sammlungen spielen als Archive der Biodiversität eine wichtige Rolle dabei. Allein hier im Naturkundemuseum Stuttgart bilden 5,5 Millionen Belege in 22 000 Kästen die Grundlage für Dokumentation und Forschung.

wohl war der Zuwachs an Wissen und Erkenntnis enorm. Kaum vorstellbar, dass Charles Darwin ohne die Erfahrungen aus seiner fünfjährigen Weltreise (1831–1836) mit der „Beagle“, eigentlich einem Vermessungsschiff, je seine revolutionäre Evolutionstheorie entwickelt hätte.

Die ebenfalls fünfjährige Forschungsreise des Naturwissenschaftlers Alexander von Humboldt (1769–1859) zusammen mit dem Botaniker Aimé Bonpland nach Südamerika (1799–1804) hatte dagegen einen ganz anderen Charakter. Sie fand nicht in staatlichem Auftrag statt, sondern war privat organisiert und ganz und gar der Wissenschaft verpflichtet. Dies wurde zum Vorbild für Generationen von Forschern und Sammlern, die bei vielen oft sehr strapaziösen Reisen eine Unmenge Material und Daten zusammentrugen. Eine Vielzahl von Reiseberichten und Artbeschreibungen entstand. Gleichzeitig füllten sich die Sammlungen der europäischen und nordamerikanischen Museen mit biologischen Präparaten. Mehr und mehr

wurden sie zu Schatzkammern und Archiven der globalen Artenvielfalt.

Um 1980 waren etwa 1,5 Millionen Arten beschrieben, davon gut 900 000 Insekten. Die Insekten hatten ihre Mehrheit gegenüber der ersten Liste von Linné also sogar noch weiter ausgebaut. Was die globale Artenvielfalt angeht, war sich die Wissenschaft weitgehend einig: Man rechnete mit ungefähr einer halben Million noch unentdeckter Arten, also einer Gesamtzahl von etwa zwei Millionen Tierarten.

Und wieder waren es die Käfer, die dieser Gewissheit ein Ende machten. Genauer gesagt: ein Käferforscher, der amerikanische Entomologe Terry Erwin (1940–2020) von der Smithsonian Institution in Washington. Er veröffentlichte im Jahr 1982 einen nur zwei Seiten langen Artikel, der einschlug wie eine Bombe. Am programmatischen Titel „Tropical Forests: Their Richness in Coleoptera and other Arthropod Species“ (Tropische Wälder: Ihr Reichtum an Käfern und anderen Gliederfüßern) ist das nicht unbedingt gleich abzulesen, aber der Inhalt rüttelte die Fachwelt auf.

Was hatte er getan? Erwin erschloss im tropischen Regenwald Panamas die dritte Dimension. Statt wie alle anderen am Boden Fallen zu stellen und den Keschler zu schwingen, kletterte er in die Baumkronen, bei Urwaldriesen von 40 oder 50 Metern Höhe sportlich und sicherheitstechnisch eine ziemliche Herausforderung. Dort nahm er sich einzelne Wipfel vor, die er mit Pyrethrum einnebelte, einem biologisch abbaubaren Insektizid. Die herabfallenden Insekten, Spinnen und andere Kleintiere landeten auf Plastikfolien, die auf dem Boden ausgebreitet waren. Anschließend konnten sie leicht eingesammelt werden. Für sein Experiment suchte Erwin sich eine häufige Baumart namens *Luehea seemannii* aus (einen deutschen Namen dafür gibt es leider nicht). Insgesamt untersuchte er 19 Baumkronen und erfasste dabei rund 1200 Käferarten. Nun sind viele pflanzenfressende Insektenarten sehr wählerisch. Sie fressen nicht jedes Blatt, das ihnen unterkommt. Denken Sie an die Raupen des Buchsbaumzünslers (*Cydalima perspectalis*), eines Schmet-

Wie viele Insektenarten es gibt? Das ist nach wie vor eine unbekannte Größe und eine Herausforderung für die Forschung.



— 50 Meter über dem Erdboden

Die Entdeckung des Artenreichtums der schwer zugänglichen Kronenregion der tropischen Regenwälder ließ die Prognosen über die Zahl der Insektenarten in die Höhe schnellen.

terlings, der 2006 in Deutschland eingeschleppt wurde und zum Schrecken aller Gartenbesitzer wurde, oder an die Rosskastanienminiermotte (*Cameraria ohridella*), die Mitte der 1980er-Jahre hier einwanderte und die Kastanien bei starkem Befall erheblich schwächen kann. Beide Arten sind hoch spezialisiert – so wie viele andere Insekten auch. Erwin schätzte vorsichtig, dass 13,5 % der von ihm gefundenen Käfer auf ähnliche Weise wirtsspezifisch waren, also wenigstens zeitweise auf das Vorkommen von *Luehea seemannii* angewiesen sind. Wenn man davon ausgeht, dass auch andere Baumarten eine vergleichbare Zahl spezialisierter Arten aufweisen und weiß, dass auf ei-

nem einzigen Hektar (100 x 100m) Tropenwald 70 Baumarten wachsen können, dann kommt man schon für diese winzige Fläche von etwa 1,4 Fußballfeldern auf 12 500 Käferarten! Gehen wir noch einen Schritt weiter: Käfer sind zwar eine überaus artenreiche, aber keineswegs die einzige Gruppe von Insekten, die sich im tropischen Regenwald tummelt. Aus dem Vergleich mit bekannten Zahlenverhältnissen in anderen Lebensgemeinschaften errechnete Erwin für einen einzigen Hektar Regenwald in Panama vom Erdboden bis in die Baumwipfel 41 000 Arten von Insekten und Spinnentieren. Und zum Schluss kommt der größte Sprung: In den Regenwäldern der Erde wach-

HEIMLICHE HERRSCHER



— Gut bekannt

Tagfalter wie dieser Grünader-Weißling (*Pieris napi*) gehören zu den auffälligen und gut erforschten Insekten.

sen nicht nur 70, sondern schätzungsweise 50 000 Baumarten, jede einzelne davon mit einem gewissen Anteil nur auf ihr vorkommender Arten! Das macht plausibel, dass Erwin schließlich bei einer Schätzung von 30 Millionen tropischer Insekten- und Spinnentierarten landet.

Terry Erwin selbst war ziemlich schockiert über seine Ergebnisse – wörtlich: „shocked by my conclusions“ –, weil sie eine wissenschaftliche Gewissheit so radikal über den Haufen warfen. Aber nichts stimuliert die Forschung mehr als der Zweifel. In der Folgezeit setzte ein wahrer Run auf die tropischen Baum-

kronen ein, und eine Flut neuer Daten aus allen möglichen Tiergruppen und Untersuchungsgebieten machten Hochrechnungen und Modelle zunehmend besser.

Wo stehen wir heute? Nachdem eine Zeitlang immer höher gepokert wurde und über Artenzahlen jenseits der 100 Millionen spekuliert wurde, haben sich die Hochrechnungen inzwischen bei acht bis zehn oder maximal 20 Millionen eingependelt. Die Unsicherheiten sind aber nach wie vor enorm. Das hängt nicht zuletzt auch damit zusammen, dass es einfach viel zu wenig Menschen gibt, die sich mit solchen Fra-

gen beschäftigen. Und noch weniger von ihnen arbeiten dort, wo der größte Bedarf herrscht, in den Hotspots der Biodiversität im Globalen Süden. Einen weiteren Unsicherheitsfaktor verdanken wir ausgerechnet dem wissenschaftlichen Fortschritt: Die Analyse des Erbguts enttarnt immer mehr sogenannte kryptische Arten, die sich äußerlich praktisch nicht, im Erbgut aber deutlich unterscheiden.

Insgesamt besteht ein großes Forschungsdefizit – auch dadurch, dass sich das Interesse der Taxonomen ungleich verteilt. (Taxonomie ist die Wissenschaft

von der Erfassung, Beschreibung und Benennung der Lebewesen und ihrer Einordnung in das biologische System.) Nicht nur Gott hatte eine Vorliebe für Käfer, sondern auch die Entomologen (Entomologie = Insektenkunde), knapp gefolgt von ihrem Interesse an Schmetterlingen – das spiegelt bereits die Liste wider, die Linné im Jahr 1758 vorgelegt hat (S. 9). Andere Insektengruppen blieben nahezu unbeachtet. Je kleiner, je schwieriger zu entdecken und zu bestimmen, desto unbekannter. Zu diesen von der Forschung lange vernachlässigten „dark taxa“, also „dunklen Orga-

— Dark Taxa

„Dark“ nicht wegen des düsteren Aussehens – diese Vermutung widerlegt die nur wenige Millimeter große Erzwespe *Astichus maculatus* eindrucksvoll – sondern weil unser Wissen über viele Insektengruppen nach wie vor sehr unzureichend ist.



nismengruppen“, zu denen kaum Daten vorliegen, gehören zum Beispiel viele Familien der Hautflügler und der Fliegen und Mücken.

Die „dark taxa“ stehen aktuell auch im Fokus der Biodiversitätsforschung in Deutschland. Denn trotz einer im Vergleich zu den Tropen recht überschaubaren Artenvielfalt, trotz einer jahrhundertelangen Forschungstradition, trotz vieler hervorragender citizen scientists und zahlreicher naturkundlicher Museen mit entsprechenden Sammlungen und Expertise gibt es auch hierzulande noch empfindliche Wissenslücken. Aktuell sind in Deutschland etwa 71 500 Arten von Tieren, Pflanzen, und Pilzen nachgewiesen, davon 48 000 Tierarten. Was jetzt sicher keinen mehr wundert: Die überwiegende Zahl, nämlich 34 000, sind Insekten. Was eher erstaunt: Ausnahmsweise haben die Käfer nicht die Nase (oder die Fühler) vorn. Sie landen mit etwa 6 500 Arten hinter den Hautflüglern und den Zweiflüglern abgeschlagen auf Platz drei. Die beiden anderen liefern sich ein Kopf-an-Kopf-Rennen, mit einem aktuell leichten Vorsprung der Hautflügler (Bienen, Wespen, Ameisen; ca. 9800 Arten) vor den Zweiflüglern (Mücken und Fliegen; ca. 9500 Arten). Aber die Ziellinie ist noch lange nicht erreicht. Man darf gespannt sein, wie das Rennen ausgeht!

Bei all diesen Unsicherheiten – eines ist absolut sicher: Insekten sind mit großem Abstand die artenreichste Tiergruppe der Erde. Sie stellen mit etwa einer Million ungefähr die Hälfte der etwa 1,8 Millionen wissenschaftlich beschriebenen Tier-, Pflanzen- und Pilzarten. Zum Vergleich: Wir kennen gerade mal 5 400 Säugetier- und knapp 11 000 Vogelarten. Die Gefahr für die Insekten, als artenreichste Gruppe jemals entthront zu werden, ist gering, denn auch bei der Dunkelziffer noch unentdeckter Arten werden die Insekten in allen Szenarien als führend betrachtet.

Mit Fug und Recht lässt sich also sagen: Die Erde ist ein Planet der Insekten!

Viele davon sind Ameisen, die innerhalb der Insekten zu den besonderen Erfolgsmodellen gehören. Rund 15 700 Arten sind bekannt – eine Zahl mit den üblichen Unsicherheiten. Nach einer aktuellen Studie



(2022) stehen jedem einzelnen Menschen ungefähr 2,5 Millionen Ameisen gegenüber. Das ist sogar noch mehr als in einem riesigen Ameisenhaufen der Roten Waldameisen (*Formica rufa*) leben, wie Sie ihn aus den heimischen Wäldern kennen; deren Staaten bestehen aus bis zu zwei Millionen Individuen. Allein die Biomasse der Ameisen entspricht einem Fünftel der Biomasse der Menschheit und übersteigt die aller wildlebenden Säugetiere und Vögel bei weitem. In Zahlen: Vögel 2 Megatonnen Kohlenstoff, Säugetiere 7 Megatonnen, Ameisen 12, die Menschheit 60 und die landlebenden Gliederfüßer (neben den Insekten im Wesentlichen die Spinnentiere und Tausendfüßer) inklusive der Ameisen 200.



— Eine Blüte, zwei Geschlechter

Viele Blütenpflanzen vereinigen beide Geschlechter in einer Blüte, außen die Staubgefäße mit den Pollen (männlich), im Zentrum die Narben mit den Samenanlagen (weiblich).

INSEKTEN UND BLUMEN - EINE INNIGE BEZIEHUNG

Auch wenn es nicht so offensichtlich ist wie bei den Tieren: Pflanzen haben Sex. Nüchterner formuliert: Neues Leben entsteht, wenn männliche Keimzellen (Spermien) auf weibliche Keimzellen (Eizellen) treffen. Und hier haben Pflanzen ein fundamentales Problem – ein Problem, das in den meisten Fällen von Insekten gelöst wird.

Für Tiere ist es einfach: Man bahnt eine Beziehung an, macht sich singend, röhrend, duftend, mit aufregenden Farben, mit wilden Tänzen oder sonst

wie attraktiv für den Partner oder die Partnerin – der Fantasie sind kaum Grenzen gesetzt. Dann folgt die Paarung, ein mal mehr, mal weniger inniger Akt. Anschließend geht es in den verschiedensten Konstellationen weiter mit der Ablage der Eier und der Aufzucht des Nachwuchses. Die meisten Pflanzenarten dagegen sind fest in der Erde verwurzelt. Männchen und Weibchen können sich nicht einfach irgendwo treffen und sich paaren. Es gibt einen Ausweg, den viele Pflanzen auch nutzen: Sie sind nicht männlich *oder* weiblich, sondern männlich *und* weiblich. Ihre Blüten haben Staubblätter, die Blütenstaub (Pollen) enthalten.

HEIMLICHE HERRSCHER



Gleichzeitig stehen im Zentrum jeder Blüte die sogenannten Narben. Pollenkörner, die bei der Bestäubung auf einer Narbe landen, keimen und dringen mit einem langen Schlauch Richtung Samenanlagen vor. Dort entstehen dann die männlichen Keimzellen, die auf weibliche Eizellen treffen und mit ihnen verschmelzen. Nach dieser Befruchtung werden Samen gebildet. (Die unterschiedliche Verwendung des Begriffs „Samen“ bei Pflanzen und Tieren ist leider etwas verwirrend. Bei Tieren sind damit die männlichen Keimzellen, die Spermien, gemeint. In einem Pflanzensamen steckt dagegen eine bereits befruchtete Eizelle samt Nährgewebe als Startpackung ins eigenständige Leben der nächsten Generation.)

Viele Pflanzen könnten sich also mit sich selbst fortpflanzen. Die Sache mit der Selbstbefruchtung hat allerdings einen entscheidenden Haken: Der größte Vorteil von Sex geht dabei verloren. Dieser liegt in der Durchmischung der Erbanlagen bei den Nachkommen. Dabei entstehen von Generation zu Generation immer neue Gen-Kombinationen – ein unschätzbare Vorteil in einer sich rasch verändernden Welt voller neuer Herausforderungen: Krankheiten, Klimaänderungen, Fressfeinde... Ohne genetischen Austausch ist es schwer, mit ständig entstehenden neuen Varianten im evolutionären Wettlauf zu bestehen. Und ein solcher Austausch findet nicht statt, wenn man sich nur mit sich selbst paart. Deshalb haben viele Pflanzen Strategien entwickelt, um Selbstbefruchtung zu erschweren oder zu verhindern. Oft reifen zum Beispiel Staubblätter und Samenanlagen nicht gleichzeitig. Oder es gibt genetische Barrieren. Sex und Fortpflanzung mit sich selbst wird dann für die Pflanze zu einem letzten Ausweg, falls Sex mit anderen aus welchen Gründen auch immer nicht stattfinden kann.

Damit stehen wir aber wieder vor dem Ausgangsproblem: Wie werden Pflanzen intim, wie sichern sie

— Vom Winde verweht

Pollen wie diese Hasel (*Corylus avellana*) per Luftpost zu verschicken ist nicht besonders effektiv.



— Kooperationen

Insekten - hier die Schwebfliege *Sphaerophoria scripta* - übertragen Pollen viel zielgerichteter als der Wind. Die Pflanze macht sich mit Farben, Düften und Belohnungen attraktiv für Insekten und spart im Gegenzug bei der Produktion von Pollen.

Fremdbestäubung? Die Antwort kennt (zunächst) nur der Wind. Die ersten Samenpflanzen hatten jedenfalls keine andere Wahl, als ihre Pollen dem Wind zu überlassen und zu hoffen, dass dieser ihn an den Ort der Erfüllung bringt. Das Ziel ist eine weibliche Blüte einer anderen Pflanze der gleichen Art. Das ist ein teures Vergnügen: Um eine einzige Haselnussblüte zu bestäuben, werden 2,5 Millionen Pollen auf die Reise geschickt, von denen fast alle irgendwo landen, nur nicht dort, wo sie hinsollen (wer Heuschnupfen hat, weiß wovon ich spreche). Insgesamt ist das eine ungeheure Verschwendung von Ressourcen. Viel effektiver ist es, nur wenige Pollen zu produzieren und sie jemandem mitzugeben, der sie sicher ans Ziel bringt. Und hier kommen die Insekten ins Spiel. Sie sind die bevorzugten Kooperationspartner der Pflan-

zen, und an sie richten sich alle Signale, die die Blumen auch für uns so attraktiv machen: Blüten in bunten Farben und mit betörenden Düften (wobei es unter den Pflanzen auch Stinker gibt, die damit zum Beispiel Aasinsekten anlocken, S. 21). Die Insekten besuchen die Blüten und übertragen dabei Pollen. Sie erledigen diese Liebesdienste nicht umsonst. Sie werden fair bezahlt, dürfen einen Teil des Pollens essen oder erhalten Nektar. Letzteres ist für die Pflanzen billiger, da sie das Zuckerwasser über ihre Fotosynthese leicht herstellen können. Vielen Insekten-Männchen genügt Nektar als Nahrung und als perfektes Flugbenzin. Weibchen brauchen dagegen zur Bildung von Eiern etwas Nahrhafteres, wie zum Beispiel die proteinreichen Pollen. Der nächste Schritt in der Pflanzen-Insekten-Beziehung ist die Gestaltung einer möglichst



— Enge Partnerschaft

Je exklusiver die Beziehung zwischen Pflanze und Insekt, desto zielgenauer funktioniert die Übertragung von Pollen, so wie bei Gartenhummer (*Bombus hortorum*) und Wiesensalbei (*Salvia pratensis*).

exklusiven Partnerschaft. Ein „blütenstetes“ Insekt, das bevorzugt die Blüten einer bestimmten Art besucht, ist für die Pflanze viel nützlicher als eines, das den wertvollen Pollen an eine falsche Adresse liefert. Der Wiesensalbei (*Salvia pratensis*), eine häufige Art nicht zu intensiv bewirtschafteter Wiesen, hat äußerst merkwürdig geformte Blüten: Im grünen Kelch der Einzelblüte steckt eine zentimeterlange, vorne von einer beweglichen Platte verschlossene Blütenröhre, die anschließend zwei „Lippen“ bildet. Die helmförmige Oberlippe birgt die mit der beweglichen Platte fest verbundenen Staubblätter, außerdem ragt bogenförmig ein dünner Faden heraus, dessen gabelförmig auf-

gespaltene Spitze die für Pollen empfängliche Narbe ist. Die untere Lippe bildet einen Landeplatz für schwere Brummer wie Hummeln und Honigbienen, die bevorzugten Partnerinnen des Salbeis. Landet eine Hummel, drückt sie zunächst ihren Kopf gegen die Verschlussplatte, um mit ihrem zentimeterlangen Rüssel den Nektar am Grund der Blütenröhre erreichen zu können. Bewegt sie die Platte, klappen die Staubblätter automatisch nach unten. Der dichte Pelz des Hummel-Hinterleibs wird mit Blütenstaub bepudert. Genau dort streift die Narbe beim nächsten Blütenanflug über die Hummel, sodass Pollen zielsicher übertragen wird. Diese ausgeklügelte Konstruktion ist das Ergebnis einer langen gemeinsamen Evolutionsgeschichte, bei der die Blüte zum beiderseitigen Vorteil immer weiter optimiert wurde. Der Vorteil dieser Co-Evolution für die Hummel: Der Bau der Blüte schließt sehr viele konkurrierende Insekten aus, die zu schwach sind, um die Verschlussklappe wegzudrücken und/oder deren Rüssel zu kurz ist, um an den Nektar zu gelangen. Dass die Blüte von irgendeinem Insekt schon leergetrunken wurde, ist deshalb unwahrscheinlich. Die Hummel weiß das und fliegt gezielt von Salbei zu Salbei. Dieser wiederum gewinnt blütenstete Partner, die seinen Pollen sicher und effektiv aufnehmen, transportieren und abliefern.

Die Natur ist voller solcher exklusiver Blüten-Insekten-Partnerschaften, und man kann ziemlich sicher sein, dass zu merkwürdig gebauten Blüten auch passende Insekten gehören. Besonders spektakulär ist der Fall des Sterns von Madagaskar (*Angraecum sesquipedale*), auf Englisch Darwin's orchid. Die 1798 entdeckte und 1822 wissenschaftlich beschriebene Orchidee weckte das Interesse des großen Naturforschers: Die Blüte weist einen 27–43 cm langen dünnen Sporn auf, der ganz am Ende Nektar produziert. Wer sollte diesen erreichen? Darwin sagte die Existenz eines Schmetterlings mit extrem langem Saugrüssel voraus. Das war im Jahr 1862. Andere Naturforscher hielten das für unwahrscheinlich, gar lächerlich. Alfred Russel Wallace, der unabhängig von Darwin ähnliche evolutionsbiologische Theorien entwickelt hatte,



bescheiden dem berühmteren Kollegen aber stets den Vortritt ließ, unterstützte ihn dagegen. Er verwies 1867 auf einen möglichen Kandidaten, den langrüsseligen, afrikanischen Schwärmer *Xanthopan morgani*, der aber auf Madagaskar nicht nachgewiesen war. Das gelang dann erst im Jahr 1903: 21 Jahre nach Darwins Tod wurde der Schwärmer auch auf Madagaskar entdeckt. Aber erst 1992 erwischten Fotografen den Falter in flagranti beim Saugen an Darwin's orchid. Die madagassische Unterart erhielt den Namen *Xanthopan morgani praedicta*. 2021 bekam sie nach einer sorgfältigen morphologischen und genetischen Analyse ein Upgrade und gilt nun als selbstständige Art *Xanthopan praedicta*. Aus dem Lateinischen übersetzt heißt praedicta „vorhergesagt“: Wie so oft hatte Darwin auch mit dieser Vorhersage recht behalten.

1 — Stern von Madagaskar

Nektar gibt es nur am Grund des langen dünnen Sporns der Orchidee *Angraecum sesquipedale*. Ohne den Bestäuber zu kennen, schloss Darwin auf einen Schmetterling mit entsprechend langem Rüssel – und hatte recht damit.

2 — Wie vorhergesagt

Erst postuliert, Jahrzehnte später tatsächlich gefunden: Der Schwärmer *Xanthopan praedicta* bestäubt den Stern von Madagaskar.

3 — Aufgerollt

Der bis zu 28,5 cm lange Rüssel wird erst beim Anflug an die Blüten entrollt. Ansonsten wird er, anders als bei diesem Sammlungsexemplar, ordentlich in einer Ebene aufgerollt.