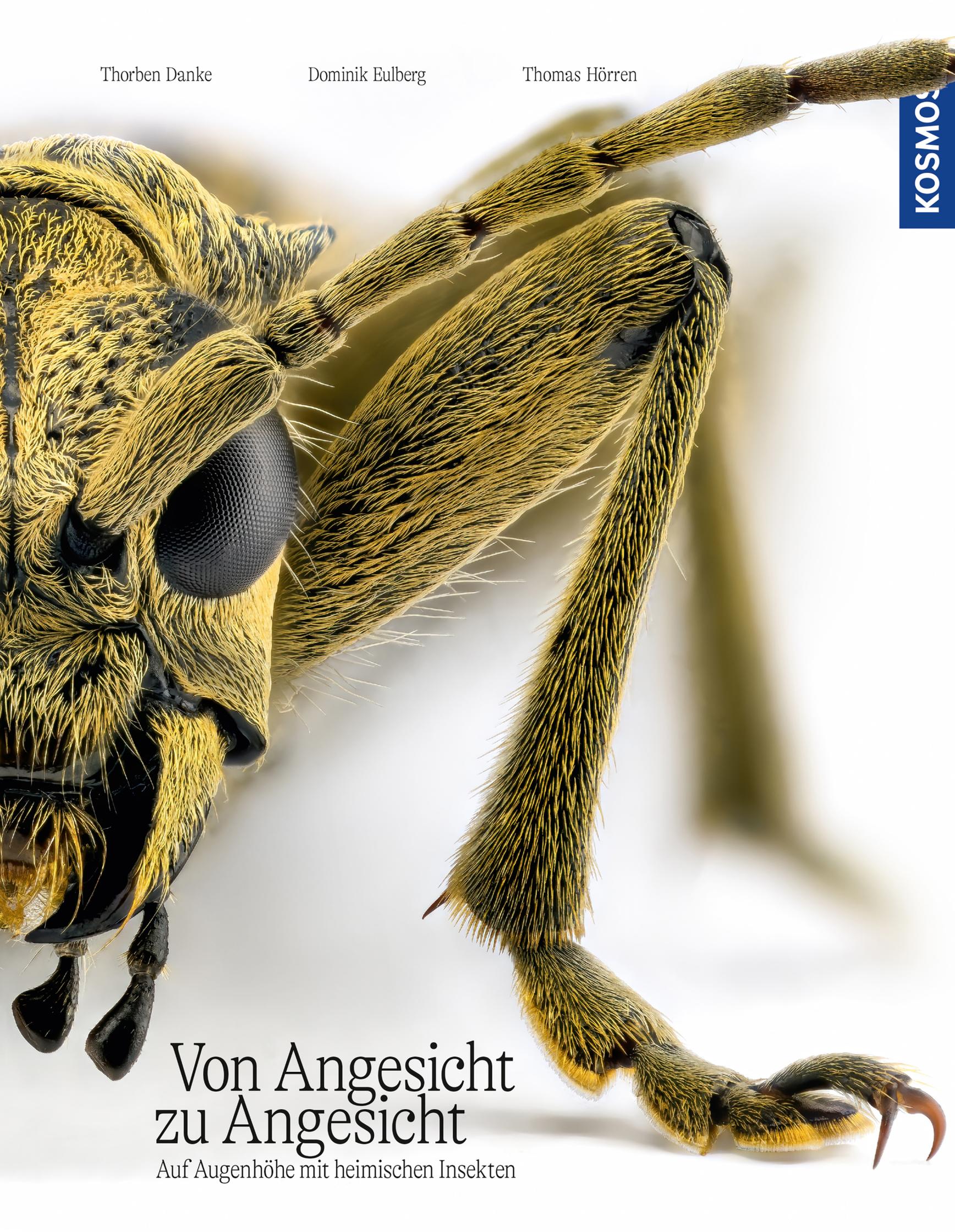


Thorben Danke

Dominik Eulberg

Thomas Hörren

KOSMOS



Von Angesicht zu Angesicht

Auf Augenhöhe mit heimischen Insekten

Einleitung

Wir töten Insekten mit Giften, zerhäckseln ihren Nachwuchs und ihre Heimat, zerschmettern sie martialisch mit der Tageszeitung am Frühstückstisch, finden sie gar eklig und abstoßend. Um diesen Missstand mehr ins rechte Licht zu rücken, zeigen wir in diesem Buch Porträts von heimischen Insekten, abgelichtet auf Augenhöhe, von Angesicht zu Angesicht mit einem anderen Individuum. Bei dem Anblick der Bilder korrigiert sich unsere „verrückte“ Blickweise, denn wir schauen plötzlich anmutige und ungeheuer prachtvolle Wesen an. Wir sehen Details, Farben, Formen und Strukturen, die mit bloßem Auge nicht zu erkennen sind. Vorheriger Ekel und Abstoßung weichen einem kindlichen Staunen, dem so wichtigen emotionalen Anfang einer jeglichen Erkenntnis. Eine bisher verborgene Schatzkammer mit strahlenden Juwelen tut sich vor uns auf. Ein innerer Schalter legt sich durch diesen veränderten Blickwinkel in uns um: Wir verstehen wieder mehr, wer wir sind, dass wir alle eins sind, eine Natur, mit einem gemeinsamen Ursprung. Wir fangen wieder an zu begreifen, dass alles, was gegen die Natur geht, im Endeffekt auch gegen uns Menschen geht. Jedes Lebewesen hat seinen Sinn und seine Berechtigung in diesem hochkomplexen Netzwerk der Biosphäre. Menschliche Definitionen von Schädlingen oder Nützlingen sind keine Währung der Evolution. Möge dieses funkelnde Plädoyer für die Schönheit der Insekten möglichst viele Herzen öffnen, denn wir schützen nur das, was wir schätzen.

Um sich dieser Mission zu stellen, haben sich drei Personen aus völlig unterschiedlichen Bereichen zusammengetan, die die Faszination für die verborgene Welt der Insekten verbindet. Nukleus dieser Allianz ist der Makrofotograf Thorben Danke mit seinen preisgekrönten Fotografien, die er mit einer ausgeklügelten Technik erstellt. Den wissenschaftlichen Rahmen steckt der renommierte Insektenforscher Thomas Hörren ab, der als Mitautor der „Krefelder Studie“ weltweit Debatten um das Artensterben auslöste. Er forscht international zum Verlust von biologischer Vielfalt und den vielfältigen Schwierigkeiten, die wir ganzen Lebensräumen bereiten. Zusammengekittet wird das Konglomerat aus Wissen und Bildkunst von dem transdisziplinär arbeitenden Künstler, Autor und Wissensvermittler Dominik Eulberg, der als international agierender Musiker die ihm gebotenen Bühnen nutzt, um lustvoll für die heimische Biodiversität zu sensibilisieren.

Den Autoren war es ein tiefes Anliegen, ein Buch zu erschaffen, welches nicht das hundertste Insektenbuch auf dem Markt ist, sondern etwas Künstlerisches, Avantgardistisches, das die überwältigende Schönheit der Künstlerin Natur bestmöglich transportiert. Mit dem vielfach ausgezeichneten Grafikdesigner Götz Gramlich, Mitglied der hoch renommierten Alliance Graphique Internationale, konnte dafür der gebührende Partner gefunden werden. Den Schmuckstücken der heimischen Insektenwelt bietet er zusammen mit dem versierten Kommunikationsdesigner Joshua Kaiss hier eine würdige Bühne.





Gastkommentare



Prof. Dr. Antje Boetius
*Meeresbiologin, Professorin der Universität
Bremen und Leiterin des Alfred-Wegener-
Instituts in Bremerhaven*

Es war eine laue Sommernacht beim Silber-
salz Science & Media Festival in Halle,
als wir zu den Techno-Beats von Dominik

Eulberg tanzten, untermalt von riesigen
Insektenbildern von Thorben Danke.
Techno-Musik passt sehr gut zu Insekten.
Hundert- bis Tausendfach vergrößert
wirken sie wie Lebewesen aus der Zukunft,
ein wilder Mix aus Science Fiction,
Industriedesign und schrillster Artfashion.
Sie sehen gar nicht niedlich aus mit Borsten,
Stacheln, Mundwerkzeugen und dem
Exoskelett. Ihre Farbpalette ist grell, sie re-
flektiert, schimmert, strahlt, leuchtet, oft
metallisch – da verblasst alles andere Leben
daneben. Oder sie kommen im perfekten
Schwarz, das alles Licht schlucken kann –
eine überlebenswichtige Anpassung.
Dominik und Thorben haben zusammen mit
dem Insektenforscher Thomas Hörren
dieses wundervolle Buch gestaltet. Es feiert
unsere geflügelte, kriechende, pieksende
Mitwelt. Es beleuchtet die heimische Vielfalt
von Insekten, ihre Rolle in der Natur und

für uns alle. Es weckt Neugierde und Ent-
deckungslust, Staunen und Rätseln, und
es aktiviert, hinauszulaufen und selbst unter
dem nächsten Stein nachzuschauen, was
dort lebt. Ein Rätsel muss ich als Tiefsee-
forscherin anfügen: Insekten leben nicht im
Ozean. Warum nicht, ist immer noch un-
geklärt. Denn für Seen und Flüsse haben sie
Lösungen gefunden. Insekten haben sich
entwickelt, als Pflanzen das Land be-
siedelten, vor mehreren Hundert Millionen
Jahren. Damals schwammen schon Haie
im Meer, und ihre nächsten Verwandten, die
Krebstiere, waren schon überall. Insekten
sind also eine recht neue Erfindung der
Natur. Ausgeschlossen vom Ozean wie wir,
teilen sie sich mit uns nur 10% des belebten
Raumes der Erde. Daher sollten wir
unbedingt einen Weg finden, mit ihnen
im Guten zusammenzuleben, auch davon
erzählt das Buch.

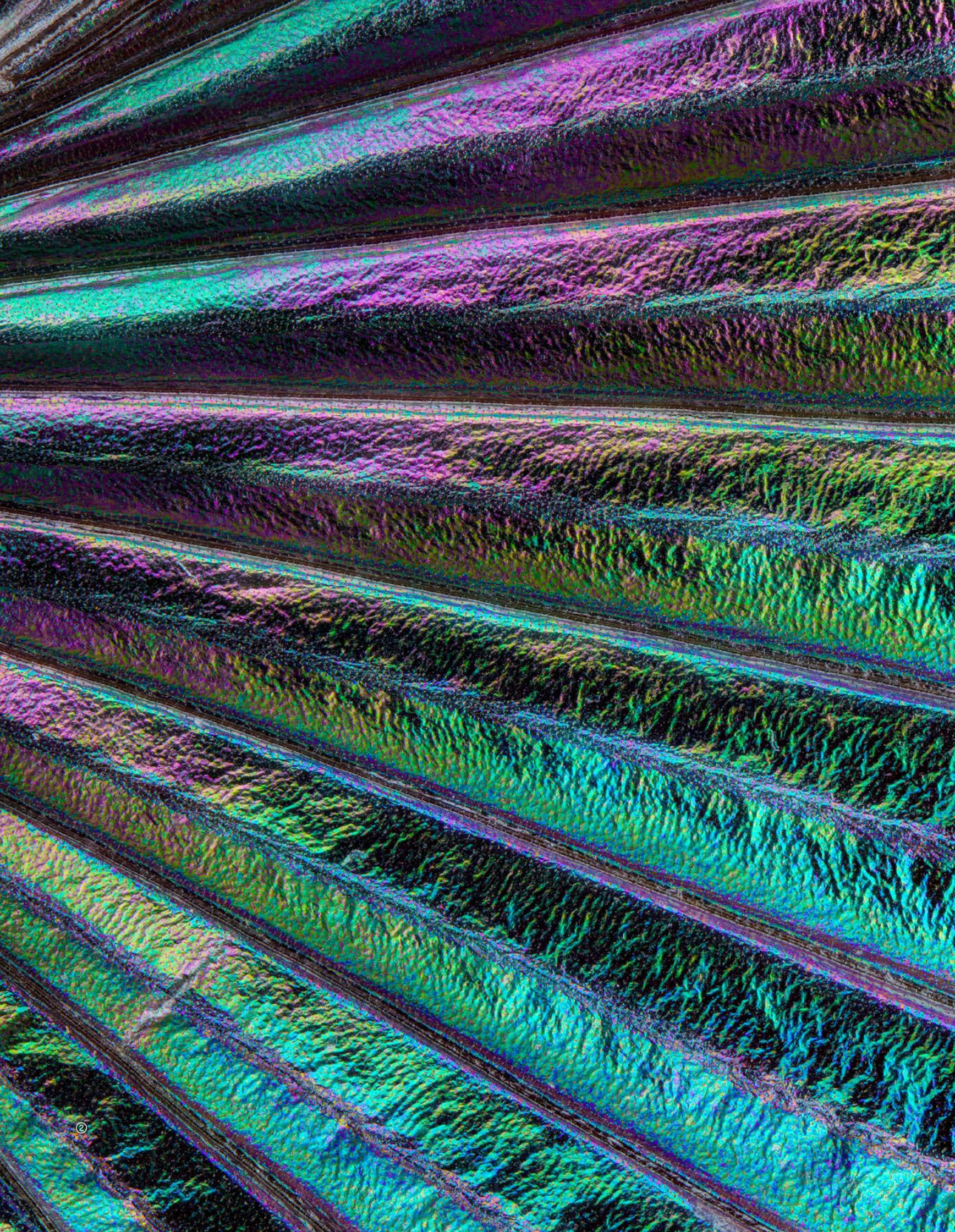


Prof. Dr. Johannes Christian Vogel
*Botaniker und Generaldirektor des
Museums für Naturkunde Berlin*

Schönheit, Mannigfaltigkeit, Einfluss. Das
sind drei Merkmale, die wir als Menschen
mit Insekten assoziieren müssten – diesen
kleinen, hochkomplexen, manchmal
lästigen Wesen.
Schönheit sticht einem ins Auge, wenn man
dieses Buch aufschlägt. Jedes Bild zeugt
von der (Ehr-)Furcht der Fotografen. Jedes
Bild dokumentiert, wie ästhetisch und
bereichernd Insekten sind.
Noch immer wissen wir wenig über die Viel-
falt des Lebens auf dieser Erde, zu der
auch wir als Menschen zählen. Gleichwohl
wissen wir, dass 50 Prozent aller Lebe-
wesen Insekten sind – und das noch viele
Arten darauf warten, entdeckt zu werden.

Insekten gestalten die Welt. Sie sorgen in
ihrer Mannigfaltigkeit für dich und
mich, zum Beispiel in dem sie Obstbäume
bestäuben oder als Larven Hundekot
zersetzten!
Dann bliebe noch der Einfluss. Insekten
sorgen dafür, dass wir Obst und Gemüse,
Feigen und Schokolade essen können.
Nichts, was wir aus unserem Leben missen
wollen. Doch ihr Einfluss besteht vor
allem darin, dass sie die Welt gestalten,
Krankheit wie Gesundheit, Hungersnot
wie Nahrung im Überfluss.
Genießen Sie die Einblicke in das Leben
unserer Wegbegleiter und Weggestalter,
die das Buch uns anbietet.

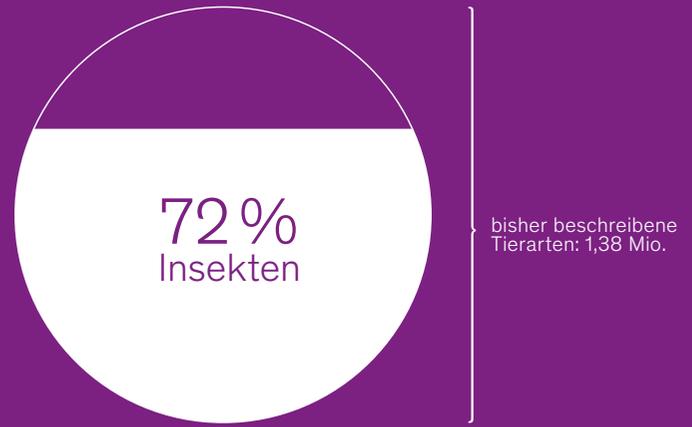
① Brauner Bär (*Arctia caja*). Ein Nachtfalter aus der Unterfamilie der Bärenspinner.
Seine Raupen sind stark behaart und somit ungenießbar für viele Fressfeinde.
© Hinterflügel einer Bernstein-Waldschabe (*Ectobius vittiventris*)



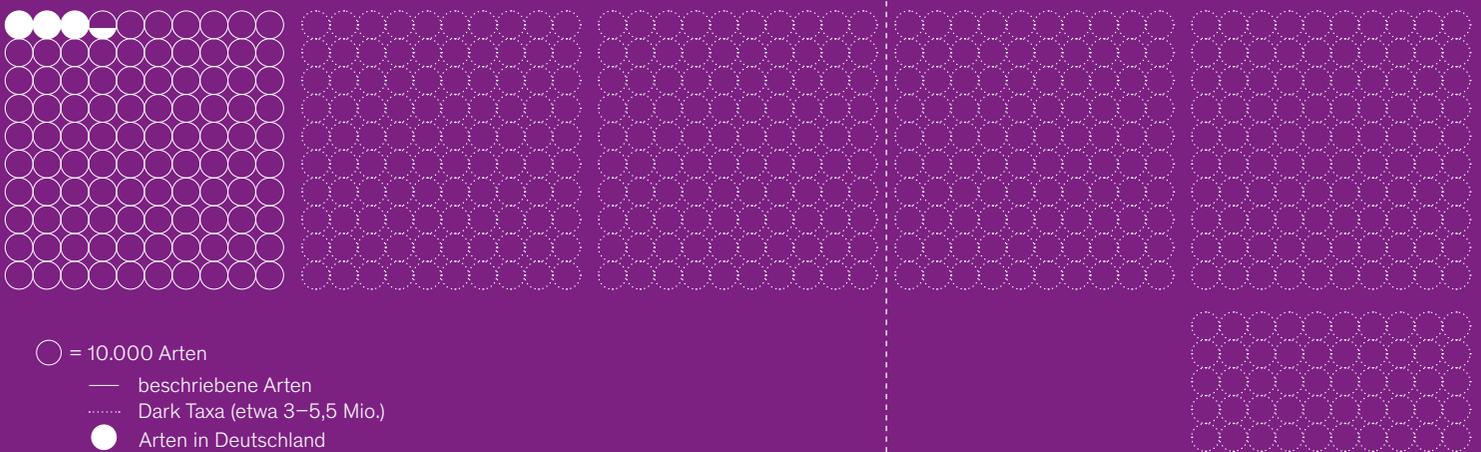
Nahrungsquellen heimischer Insektenarten:



Weltweit beschriebene Tierarten:



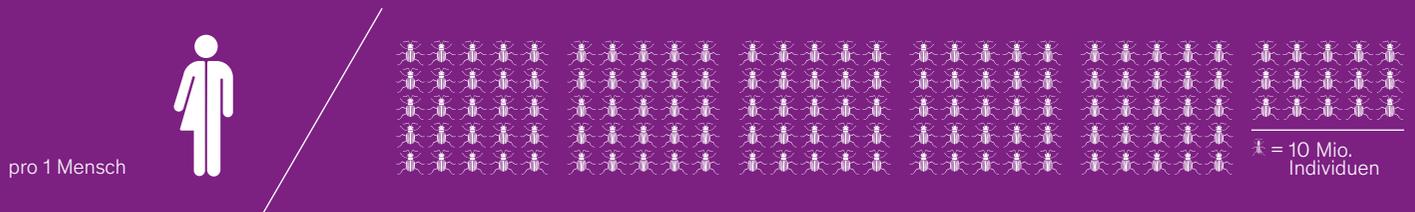
Anzahl unterschiedlicher Insektenarten weltweit:



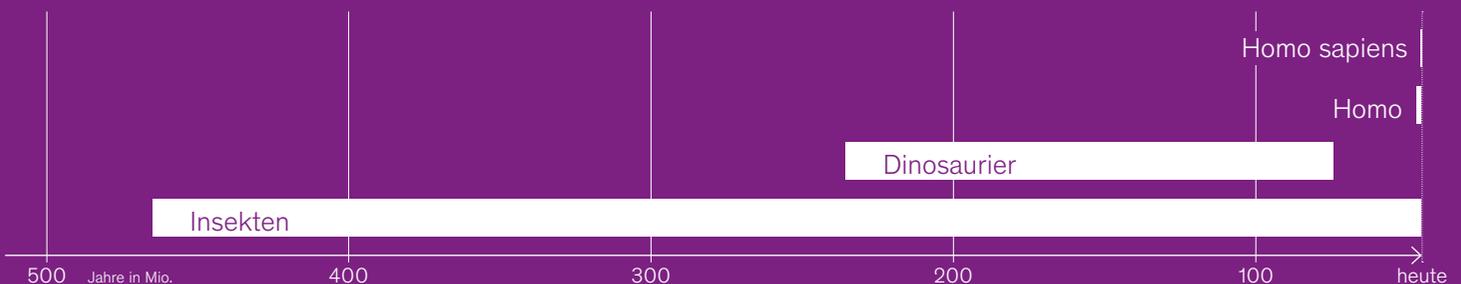
Individuenzahl der Insekten:

10.000.000.000.000.000.000

oder:



Zeitliche Einordnung der Existenz von Insekten auf der Erde:



Von der Anzahl der Individuen und Arten

Es werden immer weniger und dennoch sind es unvorstellbar viele

Insekten gibt es seit über 400 Millionen Jahren auf unserem Planeten. Sie waren die ersten Lebewesen, die den Luftraum erschlossen und fast jede erdenkliche ökologische Nische besiedelt haben, sei es in den Wüsten, den Hochgebirgen, auf den Oberflächen und Säumen der Ozeane oder wahre Spezialisten in der Antarktis. Man schätzt, dass allein die Biomasse aller Ameisen auf der Erde größer ist als die aller Menschen zusammen. Zudem sind mehr als 72 Prozent aller beschriebenen Tierarten Insekten. Die Anzahl der Insektenarten ändert sich ständig, einige Arten sterben aus, andere werden neu entdeckt; erstes oft schneller als letzteres. Bisher sind rund eine Million Arten beschrieben. Doch viele Arten sind noch gar nicht erforscht, man nennt sie die „Dark Taxa“. Schätzungen gehen von 3–5,5 Millionen verschiedenen Insektenarten auf unserem Planeten aus. In Deutschland sind momentan rund 34.000 Insektenarten bekannt. Diese sind meist erst auf den zweiten Blick erkennbar: Etwa 80 % aller heimischen Insektenarten sind im Durchschnitt kleiner als 4 mm.

Die Individuenzahl kann man nicht wirklich seriös schätzen. Eine unerlaubte, ganz grobe Schätzung aller Insekten weltweit beläuft sich jedoch auf etwa 10 Trillionen Tiere. Das ist eine gewaltige Zahl mit 19 Nullen. Das bedeutet, dass auf einen Menschen etwa 1,4 Milliarden Insektenindividuen kommen. Wir leben also auf einem Planeten der Insekten. Sie sind fleißige Dienstleister in unserem Ökosystem. Ohne sie würde es nicht funktionieren. Sie bereiten uns den Boden auf, sind unsere Müllabfuhr. 80 Prozent der europäischen Blütenpflanzen können sich nur fortpflanzen, wenn sie von Insekten bestäubt werden. Sie sind eine Art Lebensversicherung für uns, wir sollten ihnen unendlich dankbar sein. Was jedoch der Asteroid für

die Dinosaurier war, sind wir Menschen für die Insekten. Jahr für Jahr nimmt ihre Biomasse ab.

Doch auch als Nahrungsquelle für andere Lebewesen sind sie unverzichtbar. Spinnen fressen alleine jedes Jahr zwischen 400–800 Millionen Tonnen Insekten. Das ist vergleichbar mit der Menge, die die menschliche Weltbevölkerung an Fisch und Fleisch verzehrt. Vögel fressen nach Schätzungen 400–500 Millionen Tonnen Insekten pro Jahr. Die meisten Insekten werden jedoch von Insekten selbst gefressen. Ohne Insekten würden also auch die Nahrungsketten kollabieren.

In der Geschichte der Menschenaffen der Gattung *Homo*, die im Gegensatz zu den 400 Millionen Jahren der Insekten erst rund 2,8 Millionen Jahre alt ist, haben Insekten ebenfalls stets eine wichtige Rolle gespielt. Wir finden sie in zahlreichen Kulturen, auch im Kontext mit Religionen, Schamanismus oder anderen kulturellen Aspekten. Bei uns wird ihnen kulturell bedingt hauptsächlich Negatives und Schädliches zugeschrieben. Dennoch spielen sie auch heute noch in 80 % der Länder der Erde eine Rolle in der Ernährung der lokalen Bevölkerung. Der Verzehr von Insekten wird auch als „Entomophagie“ bezeichnet. Auch in Mitteleuropa spielten sie als Nahrungsmittel bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts eine Rolle. So finden sich in Kochbüchern aus dieser Zeit zahlreiche Insekten-Rezepte, wie beispielsweise kandierte Maikäfer oder Maikäferbouillon. Erst mit der Bewältigung von Krisenzeiten nach kriegerischen Auseinandersetzungen, in denen die Lebensmittelversorgung hierzulande nicht gesichert war, entwickelte sich ein Nahrungstabu für die oft lediglich als „schädlich“ angesehenen Insekten. Nur Imkereiprodukte, allen voran der Honig, sind heute in Mitteleuropa kulturell fest als etwas Positives

verankert. Für uns sind Insekten heute nicht nur zu faszinierenden Beobachtungsobjekten für alle Umweltinteressierten geworden, sondern wir nutzen Insekten als artenreichste Organismengruppe in unserem selbst konstruierten Wissenssystem wiederum als wertvolle Indikatoren, um die Natur besser verstehen und erhalten zu können.

In diesem Buch möchten wir uns jedoch nur den heimischen Arten widmen, die zum Erkunden vor der Haustür anregen sollen. Denn wie Goethe schon so treffend formulierte: „Man sieht nur, was man weiß“. Auch direkt vor unserer Haustür gibt es regelrechte Juwelen und Wunder zu entdecken, raffinierte Anpassungen und bemerkenswerte Fähigkeiten.

So haben wir etwa auf Grund der Jahreszeiten und der damit verbundenen starken Temperaturschwankungen hierzulande wahre Überlebenskünstler. Die Winterhärte heimischer Insekten als erwachsenes Tier, Puppe, Larve oder Ei ist erstaunlich. Temperaturen von -20°C müssen viele Arten aushalten, um dauerhaft bei uns leben zu können. So überwintert der Zitronenfalter (*Gonepteryx rhamni*) als einziger heimischer Schmetterling dank eines körpereigenen „Frostschutzmittels“ völlig ungeschützt im Freien. Aber auch viele winteraktive Insekten sind bei uns heimisch. Da sie teilweise sogar auf Schnee oder Eis leben, haben sie auch entsprechende Trivialnamen wie Schneesnake (*Chionea lutescens*) oder Winterhaft (*Boreus hyemalis*) erhalten. Viele Insekten besuchen uns nur in den warmen Sommermonaten. Diese Wanderinsekten legen zum Teil Tausende von Kilometern zurück und werden oft nur durch klimatische oder geografische Bedingungen an der weiteren Ausbreitung gehindert. Dieses Gleichgewicht wird jedoch durch den Klimawandel stark beeinflusst und so ist beispielsweise die Gottesanbeterin (*Mantis religiosa*) heute schon in fast ganz Deutschland nachgewiesen, während sie früher nur in besonders wärmebegünstigten Regionen lebte.





- ① Porträt von *Lepismachilis y-signata*. Die Felsenspringer (Archaeognatha) gehören erdgeschichtlich zu unseren ältesten Insekten. Die flugunfähigen Tiere lebten hier bereits im mittleren Devon (vor ca. 400 Millionen Jahren).

Was ist ein Insekt?

Der Begriff Insekt stammt von dem lateinischen Wort „insectum“ ab, was so viel wie „eingeschnitten“ bedeutet. Dies bezieht sich auf die drei deutlich abgetrennten Körperteile von Insekten: Hinterleib (Abdomen), Brust (Thorax) und Kopf (Caput). Auf Grund dieses eingeschnittenen oder eingekerbten Erscheinungsbilds nennt man Insekten auch Kerbtiere. Die Größe der Insekten variiert sehr stark und liegt bei den meisten Arten zwischen einem und 20 Millimetern. Zu den kleinsten heimischen Insekten gehört der Federflügler *Baranowskiella ebnstromi*, ein Käfer, mit einer Länge von 0,45 mm und einer Breite von nur 0,1 mm. Zu den größten heimischen Insekten zählen die Männchen des Hirschkäfers (*Lucanus cervus*) mit einer Körperlänge von bis zu 8 cm, sowie unter den Libellen die Weibchen der Zweigestreiften Quelljungfer (*Cordulegaster boltonii*) mit einer Körperlänge von bis zu 8,5 cm und einer Flügelspannweite von 11 cm.

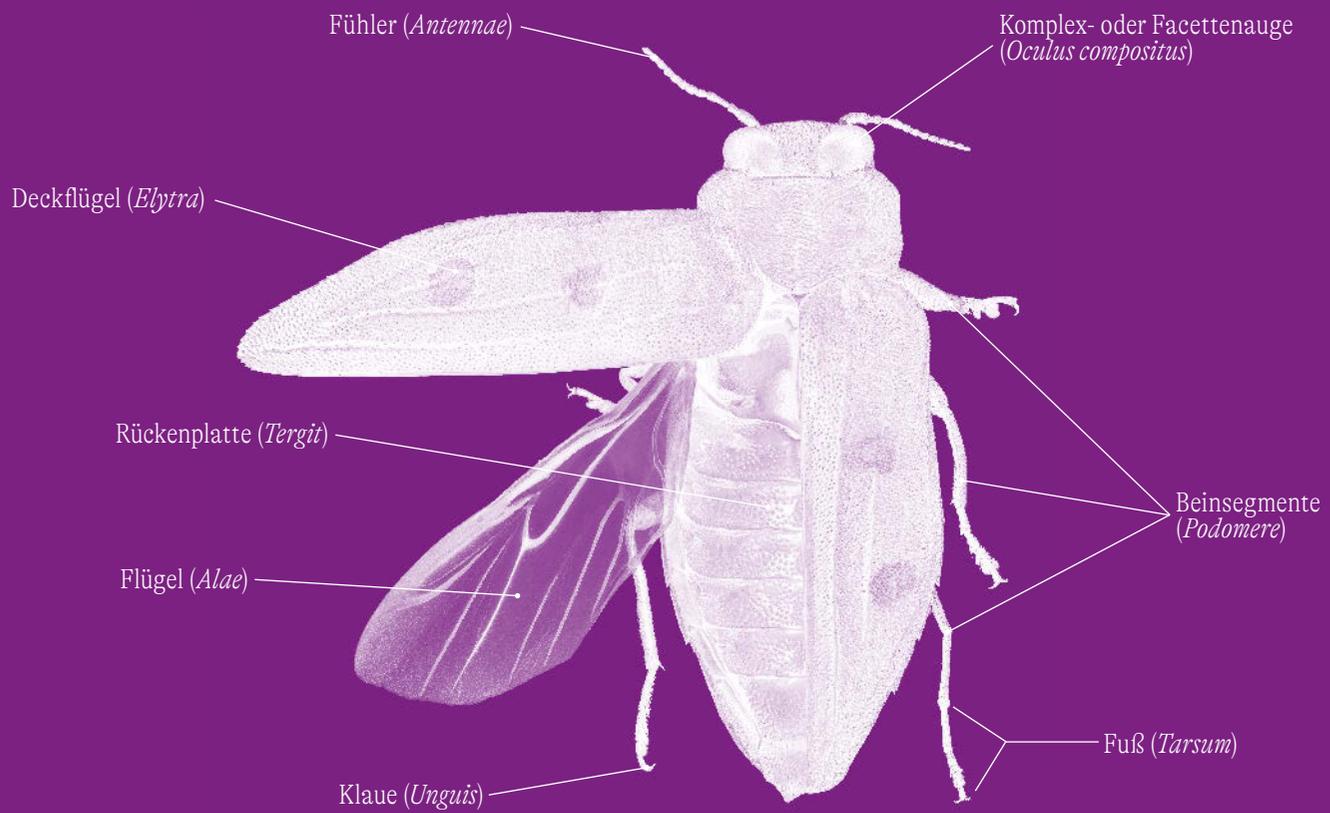
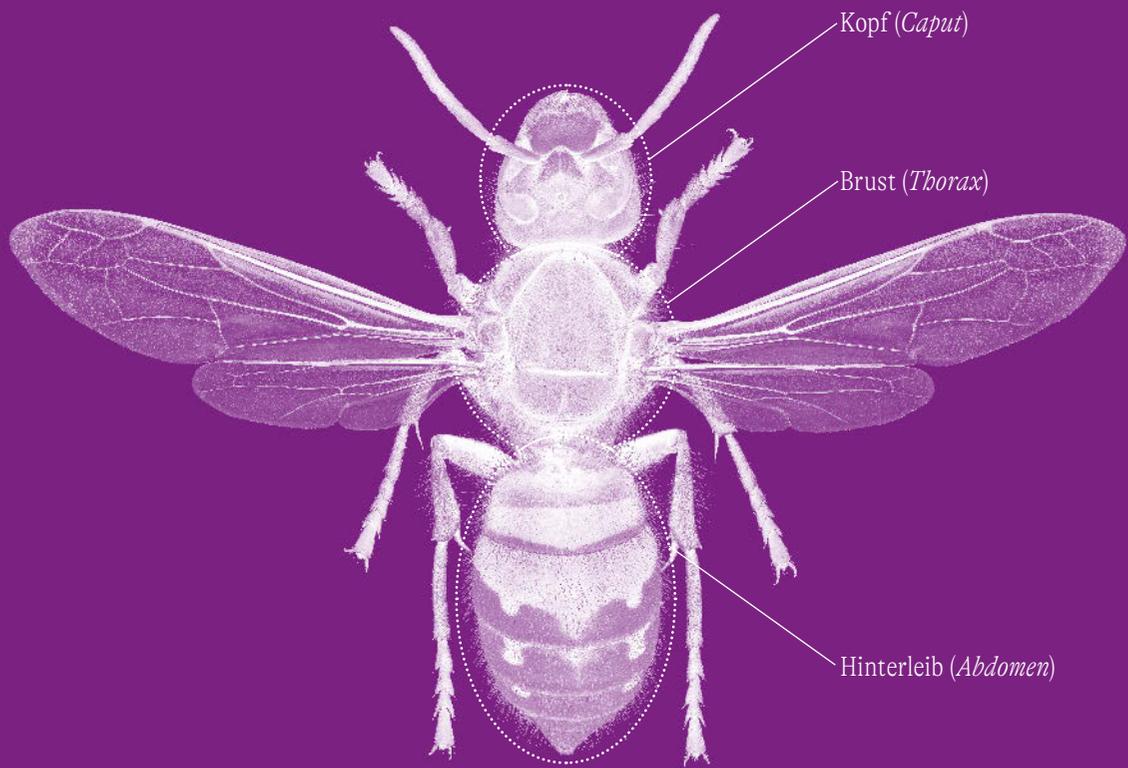
Allen Insekten gemeinsam ist ein Exoskelett aus Sklerotin und Chitin. Darin eingebettet sind die Sinnesorgane sowie verschiedene Drüsenausgänge des Insekts. Das Exoskelett bildet verschiedene Oberflächenstrukturen aus, zu denen Warzen, Stacheln, Haare, Borsten, Schuppen und Höcker gehören. Durch Einlagerung von Farbstoffen (Pigmentfarben) oder durch spezielle lichtbrechende Oberflächen (Interferenzfarben) können die Außenhaut des Insekts oder einzelne Körperteile gefärbt sein. Einzelne Körpersegmente sind manchmal durch Haare, Schuppen oder Färbung kaum zu erkennen. Die allermeisten Insekten haben als erwachsene Tiere sechs Beine, nur wenige haben ihre Beine zurückgebildet. Aber nicht alles, was sechs

Beine hat, ist automatisch ein Insekt. Auch Springschwänze (Collembola), Doppelschwänze (Diplura) und Beintastler (Protura) haben einen solchen Aufbau, werden aber heute nicht mehr zu Insekten gezählt. Sie bilden eine Schwestergruppe, deren systematische Einordnung aber aktuell auch noch nicht abschließend geklärt ist.

Ihr enormer Erfolg ist auf mehrere bemerkenswerte Eigenschaften zurückzuführen. Der Chitinpanzer macht die Insekten im Verhältnis zu ihrer Größe sehr widerstandsfähig und schützt sie vor Austrocknung. Zum anderen ermöglicht ihnen ihre geringe Körpergröße das Vordringen in Kleinlebensräume, die für Wirbeltiere unzugänglich sind. Insekten waren zudem die ersten Lebewesen, die den Luftraum zur Fortbewegung nutzten. Die Fähigkeit des Fliegens ermöglicht es ihnen, sich über große Entfernungen auszubreiten und vor Gefahren zu fliehen. Ähnlich erfolgreich sind Insekten jedoch auch im Wasser. Viele Insekten verbringen ihr Leben ganz oder teilweise im Wasser.

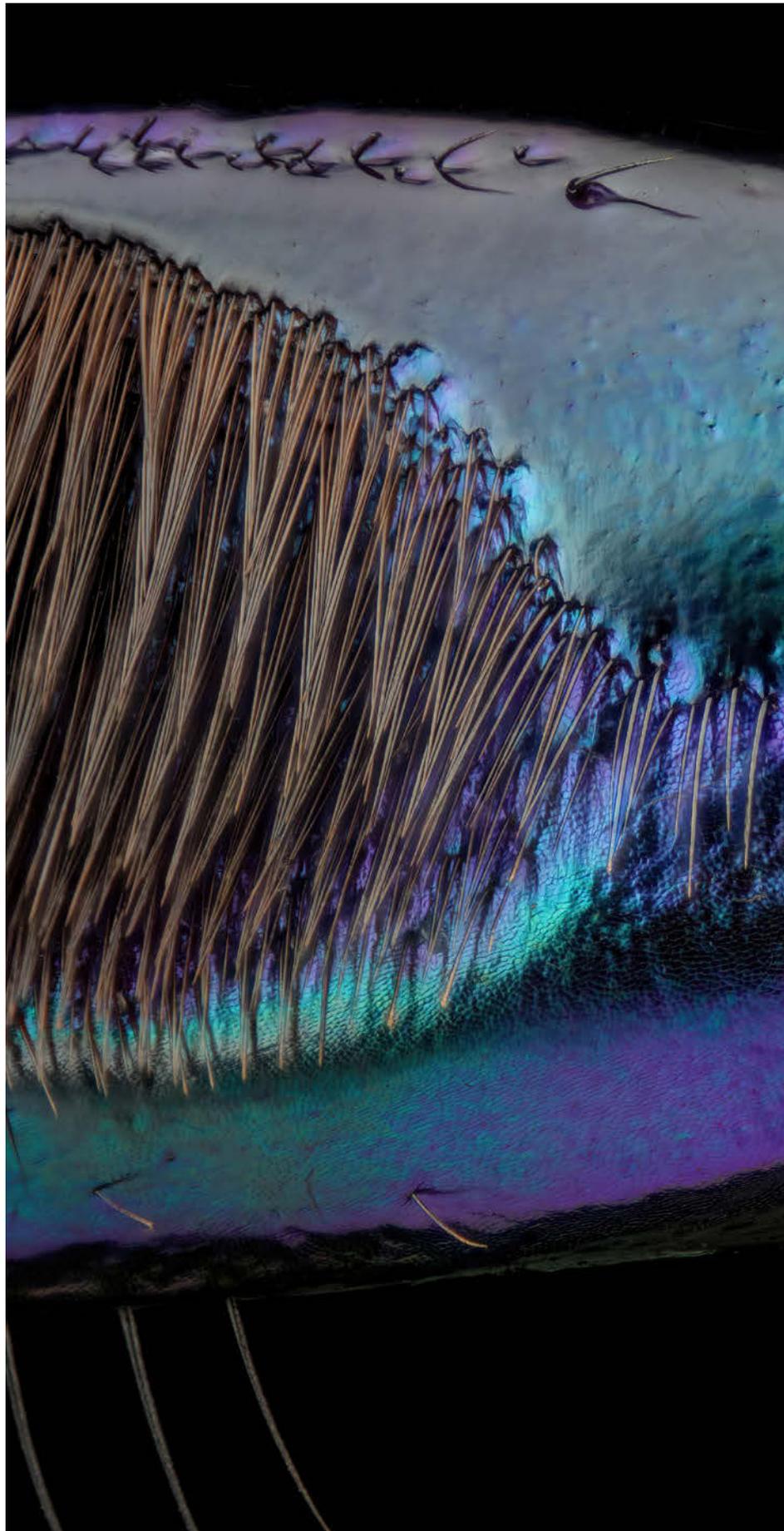
Ein weiteres Erfolgsgeheimnis der Insekten ist ihre Fähigkeit, sich schnell zu vermehren. Manche Insekten können sich bei günstigem Klima und guten Nahrungsbedingungen innerhalb weniger Wochen vertausendfachen. Ihr vielfältiges Nahrungsspektrum ist ein weiterer Grund für ihre zahlenmäßige Überlegenheit gegenüber anderen Tiergruppen.

Echte Allesfresser sind im Insektenreich selten, die meisten Arten sind mehr oder weniger stark auf ihre bevorzugte Nahrung spezialisiert. Einer der seltenen Allesfresser ist der Gemeine Ohrwurm (*Forficula auricularia*), der sich sowohl von pflanzlicher als auch von tierischer Nahrung ernährt. Insekten insgesamt betrachtet verzehren jedoch fast alles. Ihr Nahrungsspektrum an tierischen, pflanzlichen und pilzlichen Stoffen ist so breit gefächert, dass es kaum eine organische Substanz gibt, die nicht von irgendeinem Insekt als Nahrungsquelle genutzt wird: Seien es dünne Bakterienfilme, Flechten, Moose, Algen, Pilzmycel, wirbellose Tiere, Fische, Amphibien, Eier, Blut, Aas oder Exkremente. Selbst den unverdaulichen



Holzstoff Zellulose können viele Insektenarten dank spezieller Darmbakterien abbauen. Sogar vor dem widerstandsfähigen Naturstoff Bienenwachs, einer Art natürlichem Kunststoff, machen einige Arten nicht halt: Die Larven der Wachsmotte fressen sich gierig durch die Waben. Die Ernährungsweise ändert sich bei vielen Insekten im Laufe ihres Lebens. Besonders bei holometabolen Insekten (Insekten, die eine vollständige Umwandlung durchlaufen) ernähren sich die Larven oft ganz anders als die erwachsenen Tiere nach der Metamorphose.

Die genaue Ernährung unserer heimischen Insekten ist bisher nur in wenigen Fällen bekannt. Einen Überblick über die Ernährungsweise gibt es bisher nur für die Larvenstadien. Von den etwa 34.000 verschiedenen Insektenarten in Deutschland ernähren sich die Larven von über 13.000 Arten von Pflanzen und etwa 15.000 Arten von anderen Tieren, meist Insekten. Von den Pflanzenbestäubern kennen wir einen Bruchteil, zum Beispiel die 588 heimischen Bienen und 433 Schwebfliegen, die Blüten besuchen. Insgesamt bestäuben in Deutschland jedoch mindestens 3.000 Insektenarten, darunter etwa Fliegen, Mücken, Wespen, Pflanzenwespen, Schmetterlinge und Käfer. Wie viele es genau sind, wissen wir – wie so oft – nicht. Eine der häufigsten Lebensweisen heimischer Insekten ist der Parasitismus mit 9.200 Arten. Dabei lassen sich zwei Formen unterscheiden. Zum einen Parasiten, die auf oder in einem anderen Wirtstier leben und mit ihm koexistieren, während sie es schädigen, es aber nicht töten. Zum anderen Parasitoide, die auf oder in einem Wirtstier leben und dieses töten, um ihre eigene Entwicklung zu vollenden.





① Detailaufnahme des Vorderbeins eines Waldmistkäfers (*Anoplotrupes stercorosus*)



©–© Nicht wählerisch: Die meisten Ohrwürmer (Dermaptera) ernähren sich omnivor, was bedeutet, dass sie sowohl tierisches als auch pflanzliches Futter zu sich nehmen. Ausgewachsene Tiere des Gemeinen Ohrwurms (*Forficula auricularia*) sind flugfähig. Durch einen raffinierten Faltmechanismus können die Flügel platzsparend unter den viel kleineren und härteren Vorderflügeln verstaut werden.



②

Was ist ein Insekt?



③

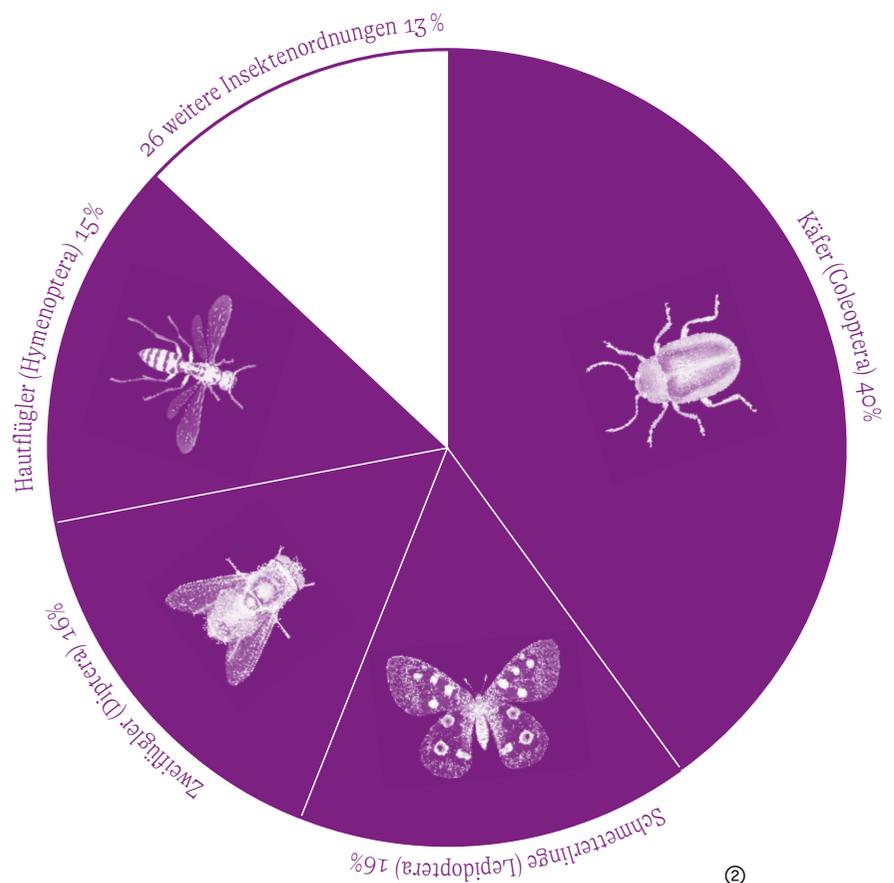
27



- ① *Torymus calcaratus*. Eine Erzwespe, welche andere Wespenarten wie z.B. Gallwespen parasitiert.
- ② Prozentualer Anteil der Insektenordnungen an der Anzahl der bisher beschriebenen Insektenarten

Megadiverse Insektenordnungen

Weltweit wurden bisher rund eine Million Insektenarten beschrieben. Interessanterweise machen gerade einmal vier der 30 existierenden Insektenordnungen rund 87 Prozent aller bekannten Insektenarten aus. Man nennt sie deshalb auch die megadiversen Insektenordnungen. Sie waren evolutionär am erfolgreichsten bei der Bildung neuer Arten. Zu diesen Megadiversen zählen die Käfer (Coleoptera) mit annähernd 400.000 Arten, die Schmetterlinge (Lepidoptera) mit rund 160.000 Arten, die Zweiflügler (Diptera) mit etwa 160.000 Arten und die Hautflügler (Hymenoptera) mit rund 153.000 Arten. 25 weitere Insektenordnungen sind übrigens bereits im Laufe der Erdgeschichte wieder ausgestorben.

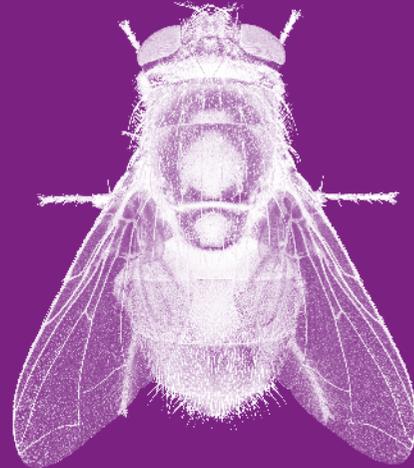


Hautflügler (Hymenoptera)



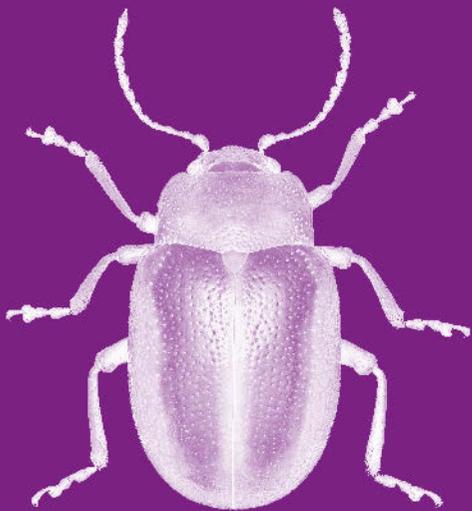
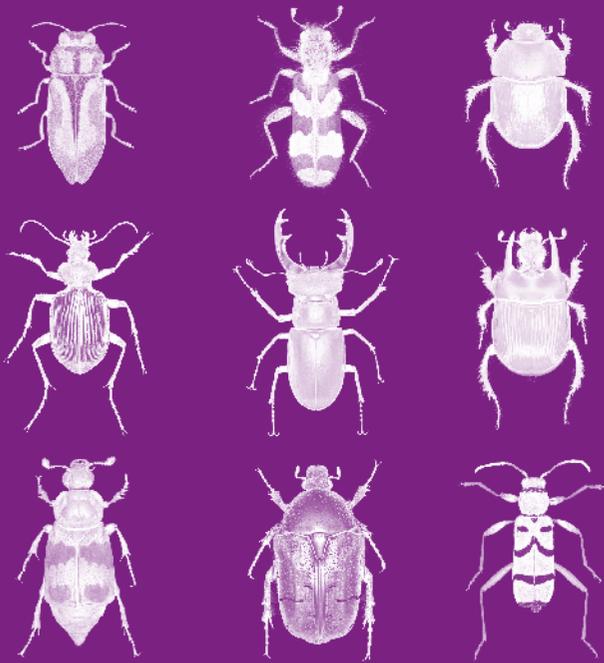
9.600 Arten in Deutschland beschrieben.
Zu ihnen zählen etwa Bienen und Ameisen. Sie
haben beißend-kauende Mundwerkzeuge.

Zweiflügler (Diptera)



9.450 Arten in Deutschland beschrieben.
Zu ihnen zählen alle Fliegen- und Mückenarten.
Ihre Mundwerkzeuge sind leckend-saugend
oder stechend-saugend.

Käfer (Coleoptera)



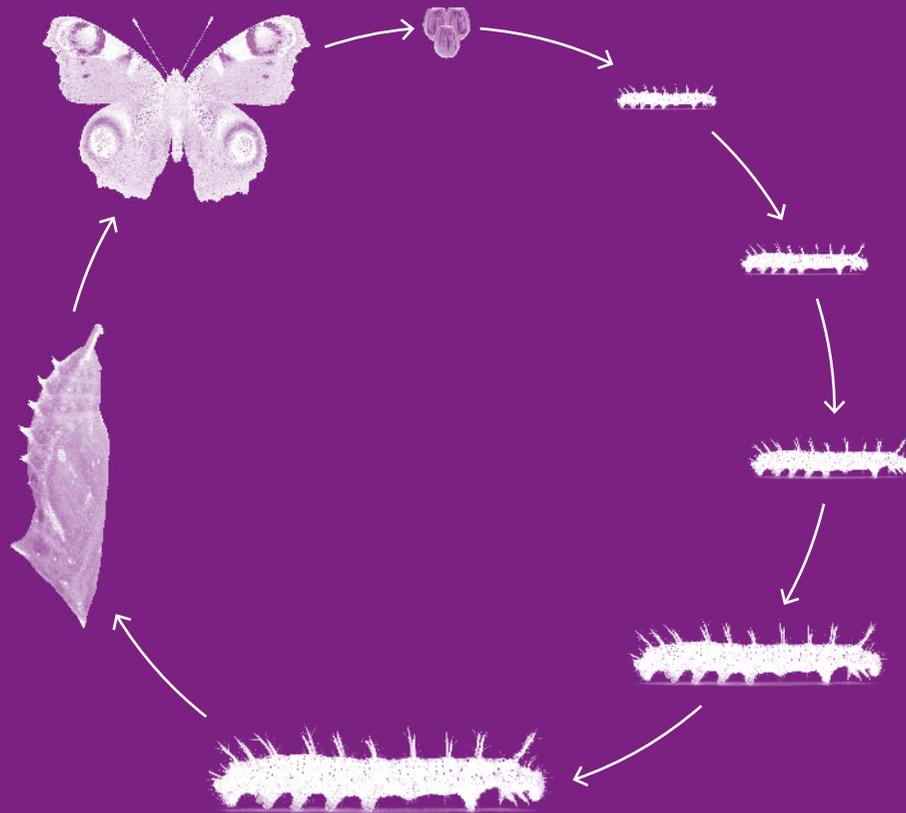
6.500 Arten in Deutschland beschrieben.
Die meisten Käfer weisen die für sie typischen harten Deckflügel (Elytren) auf. Sie besitzen alle beißend-kauende Mundwerkzeuge.

Schmetterlinge (Lepidoptera)

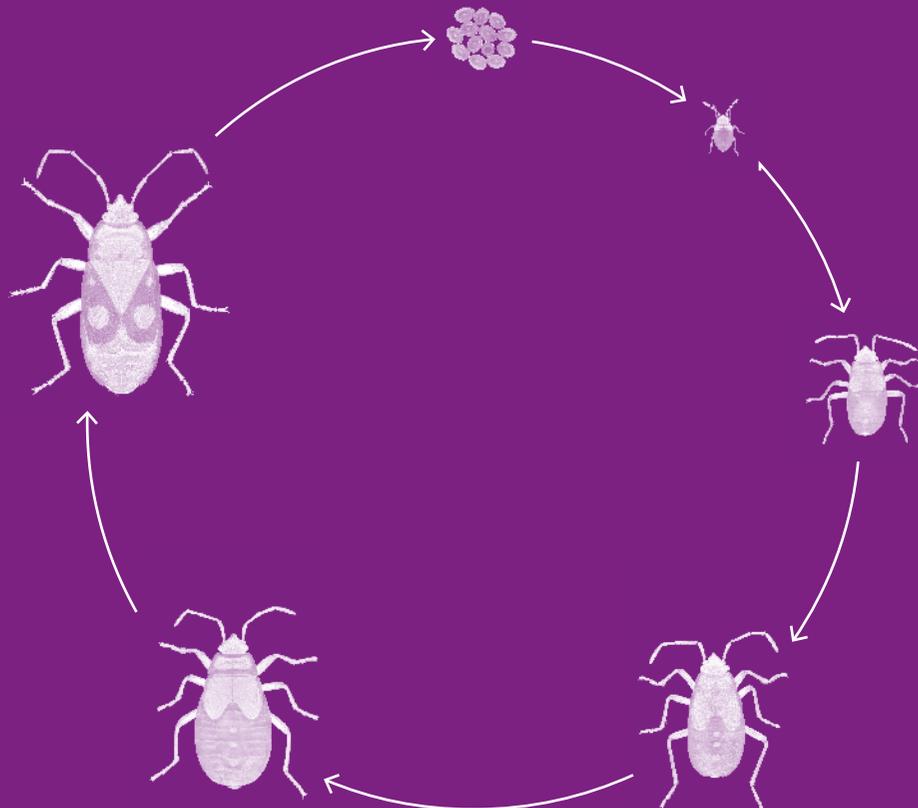


3.700 Arten in Deutschland beschrieben.
Man unterscheidet sie grob in Tag- und Nachtfalter. Die Mundwerkzeuge bestehen aus einem Rüssel. Nur Urmotten (Micropterigidae) besitzen Mandibeln, also kauende Mundwerkzeuge.

holometabole Metamorphose



hemimetabole Metamorphose



Metamorphose

Bei der Entwicklung von Insekten gibt es zwei völlig verschiedene Umwandlungsstrategien von der Larvenform zum adulten Tier: Die vollkommene oder auch holometabol genannte Metamorphose und die allmähliche oder auch hemimetabol genannte Metamorphose.

Bei über 90 % aller Insektenarten sehen die Jungtiere gänzlich unterschiedlich zu ihren Eltern aus, wie etwa die Raupen bei den Schmetterlingen oder die Engerlinge bei den Käfern. Häufig besiedeln diese auch unterschiedliche Lebensräume und erschließen so gänzlich andersartige Nahrungsquellen. Somit werden die Ressourcen schonender aufgeteilt und die Art hat dadurch Vorteile. Die Verwandlung zu erwachsenen Insekten findet bei der vollständigen, der auch holometabol genannten Metamorphose, immer in einer Puppe statt. Dabei entsteht quasi ein völlig neues Lebewesen. In der Puppe wird die ursprüngliche Larve durch eigene Verdauungssäfte nahezu vollständig aufgelöst. Nur wenige Zellen, die während des Larvenstadiums keine Funktion erfüllten, sind resistent gegen die Verdauungssäfte. Diese Zellen bilden die Anlagen für die nun neu entstehenden Organe. Bei Schmetterlingen überleben nur wenige Prozent des ursprünglichen Gewebes die Verwandlung. 95 Prozent entstehen vollkommen neu. Neben Schmetterlingen zählen etwa Käfer, Hautflügler und Zweiflügler zu den holometabolen Insekten. Es gibt also keine „Baby-Käfer“, die noch heranwachsen. Sieht man einen kleinen Käfer, handelt es sich dabei eben um einen kleinen erwachsenen Käfer. Das harte Exoskelett bestimmt seine finale Körpergröße. Er „wächst“ nicht mehr.

Manche parasitär lebende Insekten weisen die Besonderheit der Hypermetamorphose auf: Sie durchlaufen gleich zwei grundlegende Gestaltwandel. Dazu zählen zum Beispiel einige Ölkäfer (Meloidae), Erzwespen (Chalcidoidea) und Fanghafte (Mantispidae).

Die andere Form der Entwicklung nennt man die unvollständige oder die hemimetabole Metamorphose. Hier gibt es kein Puppenstadium und die Jungtiere ähneln vom Körperbau her bereits dem erwachsenen Insekt. Nach jeder Häutung ähneln sie immer mehr ihren Eltern, sie können jedoch nur im Erwachsenenstadium fliegen. Wanzen häuten sich im Schnitt fünfmal, heimische Heuschrecken gar bis zu zwölfmal. Auch Libellen zählen zu den hemimetabolen Insekten, auch wenn ihre Larven aquatisch leben und somit ein völlig anderes Habitat erschließen. Dennoch durchlaufen sie kein Puppenstadium, in dem eine vollständige Umwandlung stattfindet.

Um auf sich verändernde Umweltbedingungen reagieren zu können, gibt es die Strategie des Überliegens, der Verzögerung der Entwicklungsstadien. Um den Erhalt einer Population zu ermöglichen, verlängern einige Arten ihren Entwicklungszyklus und können in diesen resilienteren, überdauernden Stadien ungünstige Bedingungen, wie etwa Dürreperioden oder andere herausfordernde Witterungs- oder Umwelteinflüsse, schadlos überstehen. Dieses Überliegen kann bis zu mehreren Jahren dauern. So gibt es zum Beispiel Schmetterlingsarten, wie etwa das Wiener Nachtpfauenaug (*Saturnia pyri*), bei dem manche Puppen ein, zwei oder auch drei Jahre später als der Großteil einer Generation schlüpfen. Doch auch bei hemimetabolen Arten gibt es diese Strategie, wie etwa beim Grünen Heupferd (*Tettigonia viridissima*), bei dem manche Eier bis zu fünf Jahre überliegen.

①



②

