

Hannelore Hoch | Ekkehard Wachmann

INSEKTEN

Was Sie schon immer fragen wollten

222
Antworten
für Neugierige



QUELLE & MEYER

Hannelore Hoch | Ekkehard Wachmann

Insekten

Was Sie schon immer fragen wollten –
222 Antworten für Neugierige



Quelle & Meyer Verlag Wiebelsheim

Inhalt

1. Zwei Fragen zuvor	7
2. Was ist ein Insekt? (Anatomie)	9
3. Wie funktioniert ein Insekten-Organismus? (Physiologie)	24
4. Woher kommen die Insekten? (Evolution)	40
5. Wie viele Insektenarten gibt es? (Systematik, Taxonomie)	50
6. Warum gibt es so viele Insektenarten? (Diversität)	66
7. Wie nehmen Insekten ihre Umwelt wahr? (Sinne, Kognition)	70
8. Wo leben Insekten? (Biogeographie, Ökologie)	91
9. Wie bewegen sich Insekten? (Lokomotion)	108
10. Wie kommunizieren Insekten? (Bioakustik, Pheromone, Verhalten)	124
11. Wie ernähren sich Insekten? (Nahrung, Nahrungserwerb)	140
12. Insekten und Pflanzen – eine ganz besondere Beziehung?	175
13. Wie funktioniert die Fortpflanzung bei Insekten? (Reproduktion)	189
14. Wie wird aus dem Ei ein erwachsenes Tier? (Entwicklung)	212
15. Wie verteidigen sich Insekten?	222
16. Verfügen Insekten über Sozialkompetenzen? (Brutpflege, Insektenstaaten)	242
17. Krank – und gesund – durch Insekten? (Medizinische Entomologie)	256
18. Was können wir von Insekten lernen? (Bionik)	265
19. Welche Insektenprodukte sind wichtig für den Menschen?	273
20. Sind Insekten eine vielversprechende Nahrungsquelle für die Zukunft? ..	284
21. Welche Rolle spielen Insekten in Kulturen und Geschichte der Menschen?	289
22. Was haben Insekten in Zukunft zu erwarten? (Prognosen, Naturschutz) ..	300
23. Direkt gefragt: Was wünschen sich Insekten von uns Menschen?	307
Anhang	312
Dank und Bildnachweis	312
Übersicht über die Insekten-Ordnungen	315
Register Insektennamen	316
Glossar	327
Literatur zum Einstieg in die Insektenkunde	335
Websites	337
Autoren	339
Alle Fragen im Überblick	340

1. Zwei Fragen zuvor

Warum spielen Insekten eine große Rolle in unserem Leben?

Ob wir uns dessen voll bewusst sind oder nicht, wir menschlichen Wesen sind eingetaucht in eine Welt der Insekten.

(Thomas Eisner & Edward O. Wilson)

Würde der Mensch verschwinden, würde auf der Erde ein Gleichgewicht zwischen den Arten wiederhergestellt, wie es vor zehntausend Jahren existierte. Würden die Insekten verschwinden, würde die lebendige Welt ins Chaos verfallen

(Edward O. Wilson)

Auf den ersten Blick mögen diese beiden Zitate verblüffen. Insekten sind in unserem Alltag lange nicht so präsent wie Vögel oder Säugetiere. Wir bemerken sie oft erst, wenn sie uns lästig werden. Dabei sind Insekten die artenreichste Tiergruppe der Welt und aller Zeiten. Insekten besiedeln alle Kontinente und Klimazonen, sie kommen in fast allen Ökosystemen der Erde vor, in allen Höhenlagen und allen Vegetationsschichten. Selten sind sie nur auf dem offenen Ozean und in Kältewüsten. Trotzdem erscheinen sie uns fremd und meistens lästig, wir fürchten sie, und bis auf wenige Ausnahmen wie Bienen oder Schmetterlinge empfinden wir sie oft als hässlich. Insekten rufen bei Menschen ganz unterschiedliche Ge-

fühle hervor: Ekel, Angst, aber auch Bewunderung und vereinzelt sogar Sympathie. Jenseits vom Klischee der Biene Maja, der Raupe Nimmersatt oder den Schmetterlingen, die Hochzeitspaare als Symbol für Glücksversprechen aufsteigen lassen, existieren viele Vorurteile und Missverständnisse über die Rolle, die Insekten auf unserem Planeten und in unserem Leben spielen.

Dabei haben Insekten viel mit uns gemeinsam: Sie müssen schwierige Jugendzeiten durchleben, den richtigen Partner oder die richtige Partnerin finden und ihre Nachkommen aufziehen. Sie kommunizieren miteinander, kooperieren und setzen sich gegen ihre Widersacher zur Wehr. Insekten empfinden Schmerz und sind lernfähig. Insekten leben unter teilweise widrigen Bedingungen und haben Anpassungen an extreme Umweltbedingungen entwickelt. Hautflügler (z. B. Bienen und Ameisen) und Termiten haben sogar hochkomplex organisierte Staatsgebilde hervorgebracht. Die mehr als eine Million Insektenarten schaffen es, zu koexistieren, nicht immer friedlich, aber sie rotten einander nicht aus. Dabei nutzen sie jede organische Nahrungsquelle, ohne ihre Umwelt zu zerstören. Wir verdanken ihnen viel – z. B. die Bestäubung einiger unserer

wichtigsten Nutzpflanzen und Produkte wie Honig oder Seide. Die Honigbiene ist nach Rind und Schwein unser drittwichtigstes Nutztier. Insekten halten die Erdoberfläche sauber, indem sie Dung und Aas beseitigen. Insekten bieten Inspiration für die Kunst und spielen in der Geschichte und den Kulturen des Menschen eine große Rolle. Gleichzeitig vernichten sie unsere Ernten und verursachen so viele Todesfälle wie keine andere Tiergruppe. Die Forschung an Insekten als Modellorganismen erbringt immer neue und wichtige Erkenntnisse über Genetik, Evolution und das Funktionieren von Ökosystemen. Insekten liefern Vorbilder für die Lösung technischer Herausforderungen (Bionik), dienen der Erschließung alternativer Energiequellen für unsere Nahrung, liefern den Rohstoff für neuartige Textilien und Baustoffe und sind „biochemische Schatztruhen“ für die Medizin. Trotzdem nehmen wir ihre Existenz kaum wahr. Wie wichtig sie tatsächlich für unser Leben sind, merken wir spätestens, wenn sie verschwunden sind.



Arbeiterin der Honigbiene *Apis mellifera* beim Pollensammeln an einer Krokusblüte

Warum sind Aussagen, die auf alle Insekten gleichermaßen zutreffen, kaum möglich?

Im Tierreich sind Insekten die Problemlöser und Überlebenskünstler schlechthin – es gibt kaum eine Nahrungsquelle, kaum einen Lebensraum, den nicht mindestens eine Insektenart zu nutzen weiß (Kapitel 8, S. 91). Jede der mehr als eine Million dokumentierten Arten hat ihre ganz eigenen An-

passungen und Verhaltensstrategien entwickelt, um den Herausforderungen ihrer Umwelt zu begegnen, um zu überleben und sich fortzupflanzen. Entsprechend reagiert jede Art in anderer Weise auf die Veränderungen der Naturräume durch den Menschen, abhängig von ihren ganz speziellen An-



Männchen und Weibchen des Kaisermantels (*Argynnis paphia*) bei der Paarung

passungen und Bedürfnissen. Naturgemäß sind daher verallgemeinernde Aussagen, die über grundlegende Fakten zur Anatomie und Physiologie hinausgehen, zu „den Insekten“ kaum möglich. Hinzu kommt, dass nicht alle Aspekte ihrer Biologie bei allen

Insektenarten gleichermaßen gut bekannt sind – viele spannende Erkenntnisse wurden durch Untersuchungen an vergleichsweise wenigen Modellarten gewonnen. Es gibt noch sehr viel zu entdecken!

2. Was ist ein Insekt? (Anatomie)

Was ist das Besondere an Insekten, und was unterscheidet sie von anderen Gliederfüßern (Arthropoden)?

Insekten bilden gemeinsam mit Krebstieren (Crustacea), Spinnentieren (Arachnida) und den verschiedenen Taxa der Tausendfüßer (früher als Myriapoda zusammengefasst) die große Gruppe der Gliederfüßer (Arthropoda). Alle Arthropoden besitzen ein Außenskelett (Exoskelett), das heißt, die den Körper stützenden Elemente liegen nicht wie die Knochen der Wirbeltiere im Innern des Körpers, sondern wer-

den von der äußeren Hautschicht, der Epidermis, gebildet.

Der Körper aller Arthropoden besteht aus einzelnen Abschnitten, die seriell entlang der Körperlängsachse angeordnet sind (Segmente). Jeder dieser Abschnitte trägt ursprünglich ein Paar Körperanhänge bzw. Gliedmaßen. Ebenso sind einige innere Organe seriell angelegt, wie z.B. das Atmungssystem, das Nervensystem,



Die Goldwespe *Chrysis scutellaris* zeigt die für Insekten typische Körpereinteilung in Kopf, Brust und Hinterleib.

die Muskulatur und die Öffnungen des Herzens. Bei den unterschiedlichen Gruppen der Arthropoden sind die Segmente zu mehr oder weniger deutlich abgegrenzten Körperabschnitten (Tagmata) verschmolzen, die jeweils funktionelle Einheiten bilden. Bei den Insekten sind dies Kopf (Caput), Brust (Thorax) und Hinterleib (Abdomen). Aus der sichtbaren Einkerbung zwischen diesen drei Körperabschnitten leitet sich die Bezeichnung „Kerbtiere“ ab, der heute eher ungebräuchliche deutsche Name für Insekten. Schon in der Antike prägte Aristoteles für derartige Tiere den Begriff *entoma* (grie-

chisch für „eingeschnitten“), der sich in der Bezeichnung der Insektenkunde (Entomologie) erhalten hat. Der Begriff „Insekten“ geht auf das lateinische Wort für „eingeschnitten“ – *insecta* – zurück.

Neben der Dreiteilung des Körpers sind die drei Beinpaare am Thorax erwachsener (adulter) Insekten das wichtigste Unterscheidungsmerkmal zwischen Insekten und allen anderen Arthropoden. Entsprechend werden alle sechsbeinigen Arthropoden auch als Hexapoda bezeichnet (aus dem Griechischen *hexa* = sechs, *poda* = Füße).

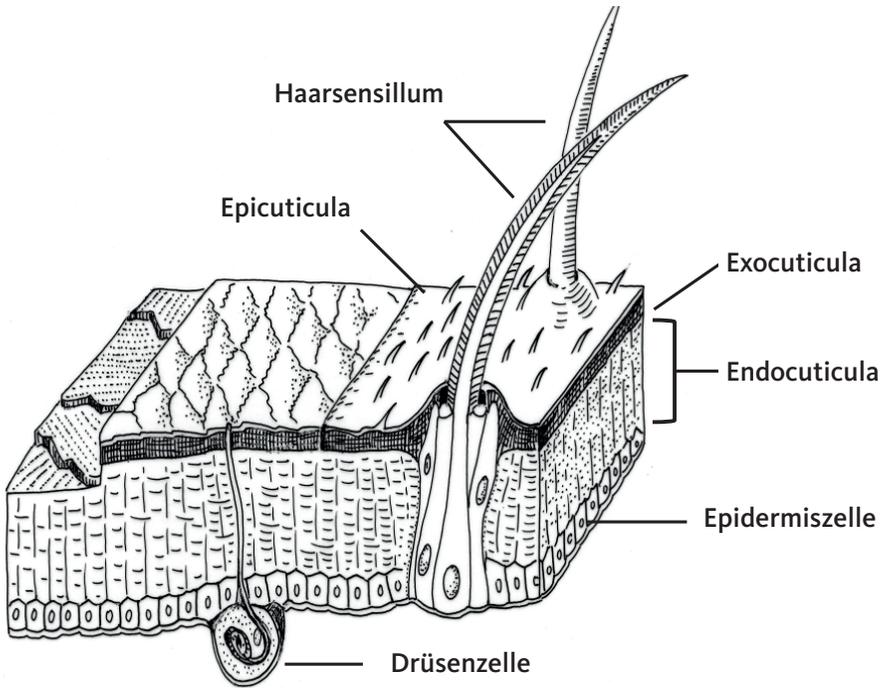
Was ist ein Außenskelett und was bedeutet es für Insekten?

Der Körper der Insekten wird von einer einschichtigen Epidermis umgeben. Diese enthält verschiedene Zelltypen: Deckzellen, Drüsenzellen, Haarbildungszellen und Sinneszellen.

Das Außen- oder Exoskelett der Insekten entsteht dadurch, dass die Deckzellen der Epidermis nach außen eine sogenannte Cuticula (auch Kutikula) abscheiden. Epidermis und Cuticula bilden zusammen das Integument, d. h. die Außenhülle der lebenden Gewebe eines Insekts. Die Cuticula besitzt besondere Eigenschaften, die für die Evolution der Insekten von großer Bedeutung sind – sie ist stabil, jedoch elastisch und leicht, dabei wasserdicht, reißfest, widerstandsfähig gegenüber chemischen Einflüssen und hält großen Druckbelastungen stand. Sie kann

hart sein, aber auch weich und dehnbar. Um diese Eigenschaften zu verstehen, lohnt sich ein Blick auf den Feinbau der Cuticula.

Hauptbestandteil der Cuticula ist Chitin. Chitin ist ein stickstoffhaltiges Polysaccharid, genauer N-Acetyl-D-Glukosamin. Aufgrund seiner Molekülstruktur bildet Chitin lange Ketten, die sich zu flexiblen Mikrofibrillen gruppieren. Benachbarte Chitinketten sind durch Wasserstoffbrücken miteinander verbunden. In ihrer Gesamtheit bilden die Mikrofibrillen ein dreidimensionales Netzwerk, in das Proteine eingelagert werden. Diese Struktur verleiht der Cuticula eine hohe Reißfestigkeit. Im Mikroskop zeigt die Cuticula eine deutliche Schichtung: eine innere, weiche Schicht (Endocuticula)



Ausschnitt aus der Insektenhaut (schematisch). Schichtung der Endocuticula (links) sichtbar durch teilweise Entfernung von Exo- und Epicuticula

und eine äußere, gehärtete Schicht (Exocuticula). Die Härtung kommt durch Sklerotisierung zustande, ein irreversibler Vorgang, der auf der Verbindung von Proteinketten und Gerbungsprozessen beruht. Mit zunehmender Härtung färbt sich die Cuticula dunkler, da auch der Farbstoff Melanin eingelagert wird. Besonders beanspruchte Bereiche der Cuticula, wie z. B. die Mundwerkzeuge einiger Insekten mit Vorlieben für harte Nahrung, wie beispielsweise Samenschalen, sind zusätzlich durch die Einlagerung von Zink und Mangan ver-

stärkt. Diejenigen Bereiche der Cuticula, die besonders stark sklerotisiert sind, werden als Sklerite bezeichnet, diejenigen, die eine nur dünne Exocuticula aufweisen und entsprechend dehnbar und flexibel bleiben, als Membran.

Abhängig vom Grad der Sklerotisierung kann das Integument zart und häutig sein wie bei einer Blattlaus, oder so hart, dass beim Präparieren der (konservierten) Körper bestimmter Käferarten die Nadel nur mit dem Hammer durchgetrieben werden kann.

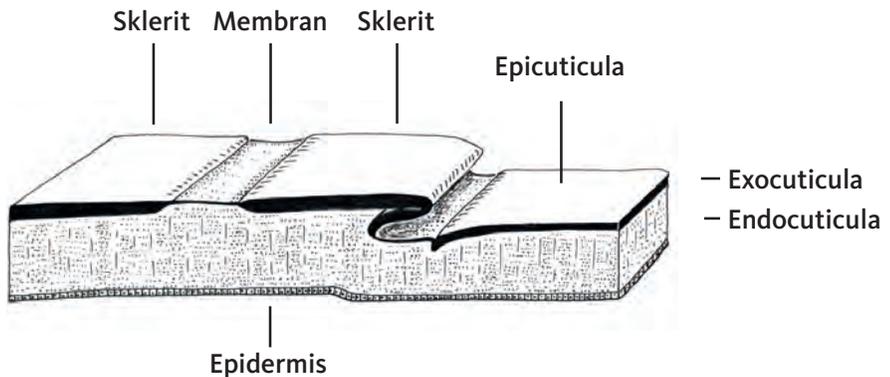
Die Cuticula bleibt mit den Epidermiszellen, oder Deckzellen fest verbunden. Sie ist jedoch keine solide, undurchdringliche Masse, sondern wird durchzogen von Ausläufern der Epidermiszellen, den Porenkanälen. Diese, ebenso wie die Kanäle von epidermalen Drüsenzellen, durchziehen die Cuticula bis zur Wachsschicht. Dort verzweigen sich die Porenkanäle und geben Wachs oder eine Vorstufe davon nach außen ab. Jede Deckzelle bildet zwischen 50 und 200 Porenkanäle aus, d.h. pro Quadratmillimeter Epidermis sind das 15.000 bis zu 1 Million. Der Inhalt der Porenkanäle bleibt entweder plasmatisch, oder wird mit Chitinfäden ausgefüllt und sorgt so für weitere Vertikalverstrebenungen der Cuticula.

Neben der Art des besonderen Materials, des Chitins, weist auch die Architektur des Exoskeletts besondere Eigenschaften auf. Die einzelnen Glieder des Insektenkörpers sowie auch der Extremitäten sind Hohlzylinder, die

hohe Stabilität bei geringem Gewicht erreichen.

Die einzelnen Hohlzylinder des Exoskeletts sind durch Membranen, also Bereiche mit dünner Exocuticula, miteinander verbunden. Zwischen den einzelnen Gliedern der Extremitäten sind Gelenke ausgebildet, ebenso sind die Extremitäten gelenkig mit den jeweiligen Tagmata verbunden.

Die stabilen Gliedmaßen erlauben es, den Körper vom Boden abzuheben, wodurch eine schnellere Fortbewegung möglich wird als bei Tieren ohne Gliedmaßen, wie z. B. Schnecken und Würmern. Eine Geschwindigkeit von 10 cm/sec (360 m/h) ist nicht ungewöhnlich. Die schnellsten Läufer unter den Insekten sind die Schabe *Peplosiphon americana* (5,4 km/h) und der australische Sandlaufkäfer *Cicindela hudsoni*, der pro Sekunde 2,5 m zurücklegen kann. Er erreicht damit eine Geschwindigkeit von 9 km/h, ungefähr so viel wie ein trainierter Mensch beim Joggen.



Verteilung von Endo- und Exocuticula zwischen hartem Sklerit und biegsamer Membran; rechts: einfaches Gelenk

Der Mensch macht sich das Prinzip des Außenskeletts zunutze, sobald sein Innenskelett versagt oder geschützt werden muss. Beispiele dafür sind

Ritterrüstungen, Schutzschilde, kugelsichere Westen sowie Gipsverbände und Kunststoff-Orthesen bei Arm- und Beinbrüchen.

Wie wachsen Insekten?

Bei allen Vorteilen, die ein Außenskelett aus Chitin bietet, gibt es auch einen gravierenden Nachteil: Es kann nicht wachsen. Das Wachstum verläuft bei Insekten nicht kontinuierlich, sondern ist durch Häutungen in konkrete

Stadien unterteilt. Dazu wird die alte Cuticula zuerst von den Epidermiszellen abgelöst und anschließend neu gebildet. Schließlich wird die alte Cuticula vollständig, d.h. inklusive der Atemröhren (Tracheen) und der Aus-



Häutung der Kleinzikade *Allygidius spec.* zum erwachsenen Tier

kleidung des Vorder- und Hinterdarms, abgestreift. Der Prozess der Häutung beginnt mit der Apolyse, d.h. im Zuge der Teilung der Epidermiszellen ziehen sich diese von der alten Cuticula zurück, und der Raum zwischen Epidermiszellen und alter Cuticula füllt sich mit Flüssigkeit. Diese enthält chitin- und proteinauflösende Enzyme, die allerdings erst aktiviert werden, nachdem die Epidermiszellen eine neue Cuticulaschicht gebildet haben. Dann wird die innere Schicht (Endocuticula) der alten Cuticula aufgelöst und vermutlich resorbiert. Die neue Cuticula wird vorerst als weiche, undifferenzierte Procuticula abgeschieden. Von der alten Cuticula bleibt dann nur noch eine dünne „Haut“ aus den unverdaulichen Anteilen der Exo- und Epicuticula zurück. Diese reißt unter der Ausdehnung der gewachsenen Larve entlang einer Längsnaht auf dem Rücken auf. Das frisch gehäutete Insekt schluckt ent-

weder Luft oder Wasser und/oder erhöht den Druck der Körperflüssigkeit (Hämolymphe), und schlüpft aus der alten Haut (Exuvie). Anschließend wird die neue Cuticula in Endo- und Exocuticula differenziert. Die Häutungsvorgänge werden durch ein komplexes Wechselspiel von Hormonen gesteuert, welche auf die Epidermiszellen und auf das Nervensystem einwirken, um einerseits die Veränderungen in der Cuticula, andererseits die entsprechenden Verhaltensweisen der Entwicklungsstadien zu koordinieren (siehe Kapitel 14, S. 218). Während der Häutung, d.h. im Zeitraum zwischen der Ablösung der alten und dem Aushärten der neuen Cuticula, ist das betroffene Insekt extrem verwundbar, da der Schutz, den die Cuticula z.B. gegen Austrocknung oder Fressfeinde bietet, vorübergehend ausgesetzt ist. Die Aushärtung der neuen Cuticula kann mehrere Stunden dauern.

Wie sieht die Körpergrundgestalt aller Insekten aus?

Diese enorme Vielfalt, die wir heute bei Insekten beobachten, geht zurück auf eine gemeinsame Stammart. Die Merkmalskombination dieser Stammart wird als Grundmuster bezeichnet.

Auffälligstes Merkmal ist die Unterteilung des Körpers in die Abschnitte Kopf, Thorax und Abdomen, die jeweils aus einer ganz bestimmten Anzahl aus Segmenten bestehen: der Kopf aus fünf Segmenten und der Kopfspitze (Acron), der Thorax aus drei, und das Abdomen

ursprünglich aus elf Segmenten und dem aftertragenden Körperabschnitt (Telson).

Die Abschnitte, oder Tagmata, sind nicht nur morphologische, sondern auch funktionelle Einheiten. Der Kopf dient der Nahrungsaufnahme und der Orientierung, der Thorax der Fortbewegung und das Abdomen der Verdauung und der Fortpflanzung. Entsprechend sind die Gliedmaßen der jeweiligen Tagmata als Mundwerkzeuge



Über eine Million Insektenarten leben bei uns in einer real existierenden Parallelwelt. Das wirft viele Fragen auf – und die Antworten darauf stecken voller Überraschungen. Warum sind Insekten wichtig für uns? Nützen sie uns, oder schaden sie? Übertragen sie Krankheiten, oder helfen sie uns bei der Genesung? Was können wir von Insekten lernen und wie sähe eine Welt ohne Insekten aus? Hannelore Hoch und Ekkehard Wachmann geben erschöpfende Antworten auf 222 Fragen über diese ebenso geheimnisvollen wie faszinierenden Wesen.



ISBN 978-3-494-01880-5

Best.-Nr.: 494-01880

www.quelle-meyer.de

