

NR. 62

GEOkompakt

Die Grundlagen des Wissens

Unsere
BIENEN

Wie wir
sie retten
können

Das geheime Leben der **Insekten**

**Warum wir
sie brauchen
und was wir
von ihnen
lernen**



MEDIZIN

Neue Wirkstoffe
aus Käfern?

FÜRSORGE

Von Müttern auf
sechs Beinen

VERWANDLUNG

Das Wunder der
Metamorphose

KRIMINOLOGIE

Wenn Fliegen
Mörder überführen

Deutschland 11,00 € • Österreich 12,50 € • Schweiz 18,60 sfr • Benelux 12,90 € • Italien/Spanien/Portugal (cont.) 14,90 €



ISBN 978-3-652-00960-7

Unsere Guides, die glücklich machen.



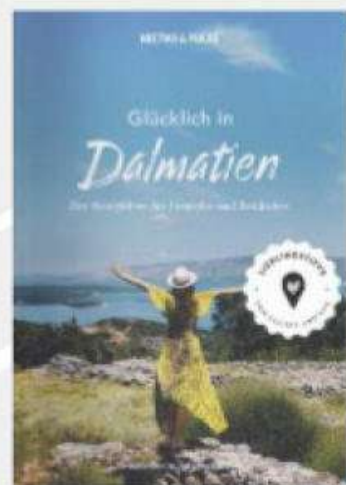
NEU!



Glücklich in Wien

ISBN: 978-3-86497-518-9

192 Seiten | **18,90 €**



Glücklich in Dalmatien

ISBN: 978-3-86497-474-8
200 Seiten | **18,90 €**



Glücklich in Hamburg

ISBN: 978-3-86497-515-8
192 Seiten | **18,90 €**



Glücklich in München

ISBN: 978-3-86497-506-6
192 Seiten | **18,90 €**



Glücklich in der Toskana

ISBN: 978-3-86497-498-4
200 Seiten | **18,90 €**



Glücklich in Paris

ISBN: 978-3-86497-471-7
184 Seiten | **18,90 €**



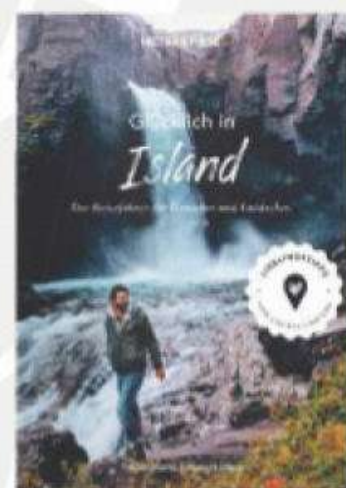
Glücklich in London

ISBN: 978-3-86497-472-4
176 Seiten | **18,90 €**



Glücklich in Berlin

ISBN: 978-3-86497-470-0
192 Seiten | **18,90 €**



Glücklich in Island

ISBN: 978-3-86497-473-1
172 Seiten | **18,90 €**



Glücklich in Südschweden

ISBN: 978-3-86497-475-5
208 Seiten | **18,90 €**



Tanja und Christian Roos, die Macher von NECTAR & PULSE

Der Reiseführer für Genießer und Entdecker

Gemeinsam mit Menschen, die dort heimisch sind, stellen die Autoren ihre ganz persönlichen Lieblingsorte vor. Orte, an denen das Glück der Sehnsucht begegnet. Diese Reiseführer für Genießer und Entdecker bieten eine bunte und inspirierende Vielfalt an Kultur, Essen & Trinken, Shops, Bars & Clubs, Natur & Ausflügen und allem, was man gesehen haben muss.

**Emotional fotografiert, elegant gestaltet & praktisch:
Mit A2-Karte zum Herausnehmen.**

Jetzt im Buchhandel oder bestellen:

sz-shop.de/gluecklich

oder **089 / 2183 – 1810**

Seien Sie anspruchsvoll.

Süddeutsche Zeitung



Liebe Leserin, lieber Leser,

auf der jüngsten Konferenz der ehrwürdigen Royal Geographical Society in London kamen Experten zu dem Schluss, dass Bienen aus Menschensicht die wichtigsten Lebewesen auf der Welt sind. Vor allem, weil sie mit ihrem emsigen Bestäubungsdienst für rund 70 Prozent unserer bedeutendsten Nutzpflanzen unverzichtbar sind – und damit für die Ernährung ausgerechnet jener Spezies *Homo sapiens*, die mit ihrem Walten und Wirken weit über die Hälfte aller Bienenpopulationen binnen weniger Jahre ausgerottet hat.

In dieser Ausgabe von GEOkompakt wollen wir das Faszinosum der Insekten aber nicht auf ihre unbestreitbare Nützlichkeit reduzieren. Und auch nicht ausschließlich ihre Gefährdung diskutieren. Sondern auch und vor allem die wunderbaren Volten der Evolution feiern, mit denen die Sechsbeiner uns ein ums andere Mal in Staunen und Bewunderung versetzen. Ein Gefühl, das allein uns schon für den Schutz der Insekten motivieren sollte.

Manche von ihnen tragen die Ohren am Knie, andere schmecken mit den Füßen. Viele können UV-Licht sehen und andere kopulieren mehr als 70 Tage lang mit ihren Sex-Partnern. Und während wir Menschen schon finden, dass wir in der Pubertät eine Phase des großen Umbruchs durchleben, verwandeln zahlreiche Insekten sich im Laufe ihres Lebens per Metamorphose von einer Daseinsform als Larve in eine vollkommen andere als erwachsenes Wesen.

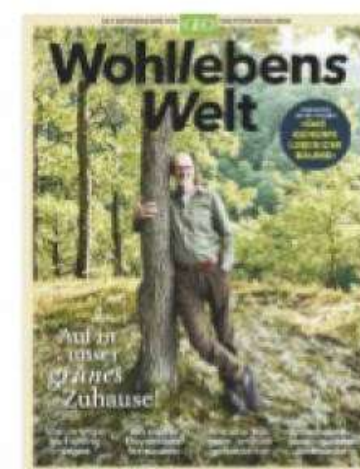
Dies ist die erste Ausgabe, die wir als neue Chefredakteure von GEOkompakt betreuen durften. Und wir sind froh, unsere Amtszeit mit einem so ungemein farbenfrohen, frappierenden und zugleich für uns alle relevanten Thema beginnen zu dürfen. Ihnen wünschen wir gute Erkenntnisse und hemmungsloses Staunen über unsere sechsbeinigen Mitgeschöpfe.



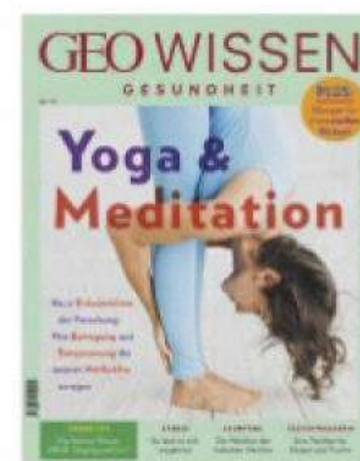
GEO kompakt viermal pro Jahr!
Hier geht's zum Abo:
geo.de/kompakt-im-abo

Herzlich,

Jens Schröder und Markus Wolff



Endlich Frühling –
auf ins Grüne:
mit der neuen
Ausgabe von
**WOHLLEBENS
WELT**



Wie uns Bewe-
gung und Ent-
spannung gesund
machen: jetzt
in **GEO WISSEN
GESUNDHEIT**



[136]

Überlebenskampf

10 000 Tonnen Nahrung vertilgt mancher Heuschreckenschwarm pro Tag. Und kann so ganze Ernten vernichten



[34]

Ameisen

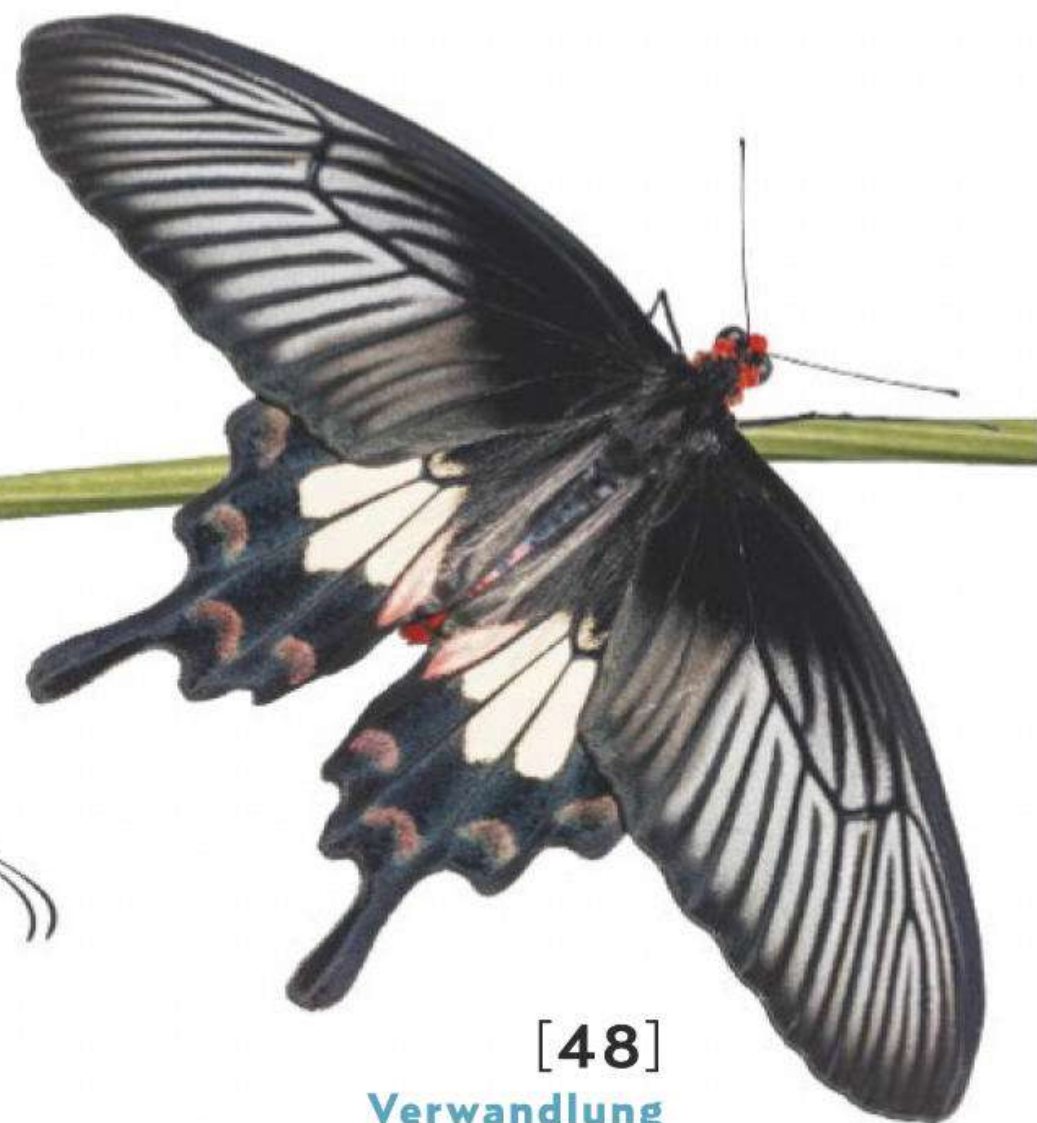
Wie Millionen der kleinen Krabbler es schaffen, hochorganisierte Staaten zu bilden



[06]

Vielfalt

Einzigartige Highend-Porträts offenbaren faszinierende Details



[48]

Verwandlung

Ein Tier, zwei Körper: Durch einen genialen Trick wird eine Raupe zum Falter



[70]

Sinne

Mit seinen gefiederten Fühlern kann der Seidenspinner räumlich riechen



[54]

Sex

Mit vollem Körpereinsatz: der Akt der Rüsselkäfer

INHALT

NR 62



Was sie so erfolgreich macht

Vielfalt	Atemberaubende Schönheit in einzigartigen Bildern	06
Superorganismus	Wie Ameisen einen komplexen Staat aufbauen	34
Anatomie	Ein genialer Bauplan macht Krabbler zum fliegenden Erfolgsmodell	44
Metamorphose	Von einem der verblüffendsten Prozesse der Natur	48
Sex	Die skurrilen Praktiken von Käfer, Libelle und Co.	54
Strategien	Die Finessen außergewöhnlicher Insekten in zehn Geschichten	60
Nachwuchs	Von fürsorglichen Müttern auf sechs Beinen	104
Eintagsfliegen	Sie schlüpfen fast zeitgleich zu Abertausenden. Wozu?	118
Verhalten	Die verblüffenden Tricks von Heuschrecken, Wespen und Leuchtkäfern	136

Was wir von ihnen lernen können

Forschung	Weshalb Insekten biochemische Schatztruhen für die Medizin sind	26
Sinne	Von tausend Augen, Ohren am Knie und Fühlernasen	70
Kriminologie	Wie Insekten dazu beitragen, Morde aufzuklären	82
Genetik	Weshalb eine Fliege hilft, uns Menschen zu verstehen	112
Schaben	Anja Rützel entdeckt die Vorzüge eines ungewöhnlichen Haustiers	126

Was sie bedroht und was ihnen hilft

Bienen	Neue Erkenntnisse über die Intelligenz der Honigsammlerinnen	86
Insektensterben	Was führt zu ihrem Tod?	96
Naturschutz	Was jeder von uns tun kann gegen das Artensterben	132

Die Welt von GEO 154 Impressum, Bildnachweis 155

Alle Fakten und Daten in diesem Heft sind vom GEOkompakt-Verifikationsteam auf Präzision, Relevanz und Richtigkeit überprüft worden. Kürzungen in Zitaten werden nicht kenntlich gemacht. Redaktionsschluss dieser Ausgabe: 7. Februar 2020. Weitere Informationen zum Thema und Kontakt zur Redaktion: www.geokompakt.de. Titelbild: Brad Boland

[60]

Kleine Stars

Kein Tier ist stärker als der Herkuleskäfer. Zehn Porträts außergewöhnlicher Krabbler



[86]

Bienen

Das geheime Leben der fleißigen Arbeiterinnen



Sind sie noch zu retten?

Weshalb immer mehr Insekten von unseren Wiesen verschwinden – und wie wir den Bedrohten helfen können

[96] und [132]

Planet der Sechs

Sie sind die mannigfaltigste Tiergruppe der Welt: Insekten haben eine schier unendliche Farb- und Formenvielfalt hervorgebracht. Mit einer speziell entwickelten Highend-Technik hat der britische Fotograf Levon Biss die atemberaubende Schönheit der Sechsheiner in einzigartigen Porträts festgehalten

Texte: Rainer Harf
Fotos: Levon Biss



beiner

Bockkäfer

Nigeria

Schuppige Schönheit

Käfer stellen mit mehr als 350 000 bekannten Spezies die artenreichste Gruppe innerhalb der Insekten. Allein mehr als 25 000 verschiedene Bockkäfer sind bislang beschrieben. Darunter spektakulär gefärbte Tiere wie dieser afrikanische Bockkäfer, dessen kontrastreiche Musterung von einer Hülle Tausender, extrem feiner, pigmentierter Schuppen hervorgerufen wird. Die Larven vieler Bockkäfer leben in abgestorbenen Stämmen und ernähren sich von totem Holz. Diese sehr nährstoffarme Diät liefert nur wenig Energie, sodass die Larven mitunter sehr langsam heranreifen: Bei manchen Arten soll es daher mehr als 20 Jahre dauern, bis sich die Larve endlich verpuppt. Und sich in einen prächtig gefärbten Käfer verwandelt.





Orchideenbiene

Brasilien

Der Kuckuck unter den Insekten

Die irisierend schillernde Orchideenbiene gehört zur Gruppe der Hautflügler, zu denen auch staatenbildende Insekten wie Honigbienen, Wespen und Ameisen zählen. Doch anders als etwa Honigbienen sammelt die Orchideenbiene keine Pollen, auch eigene Nester baut sie nicht. Stattdessen verfolgt sie eine geschickte Strategie: Die Weibchen der auch Kuckucksbienen genannten Insekten legen ihre Eier in die Nester anderer Bienen. Obwohl es sich um Eindringlinge handelt, bleiben die aus den Eiern schlüpfenden Larven unerkant. Und so wird die fremde Brut von den getäuschten Bienen versorgt und gefüttert. Bis sich die Kuckuckskinder schließlich verpuppen – und dann als erwachsene Orchideenbienen das fremde Nest wieder verlassen.

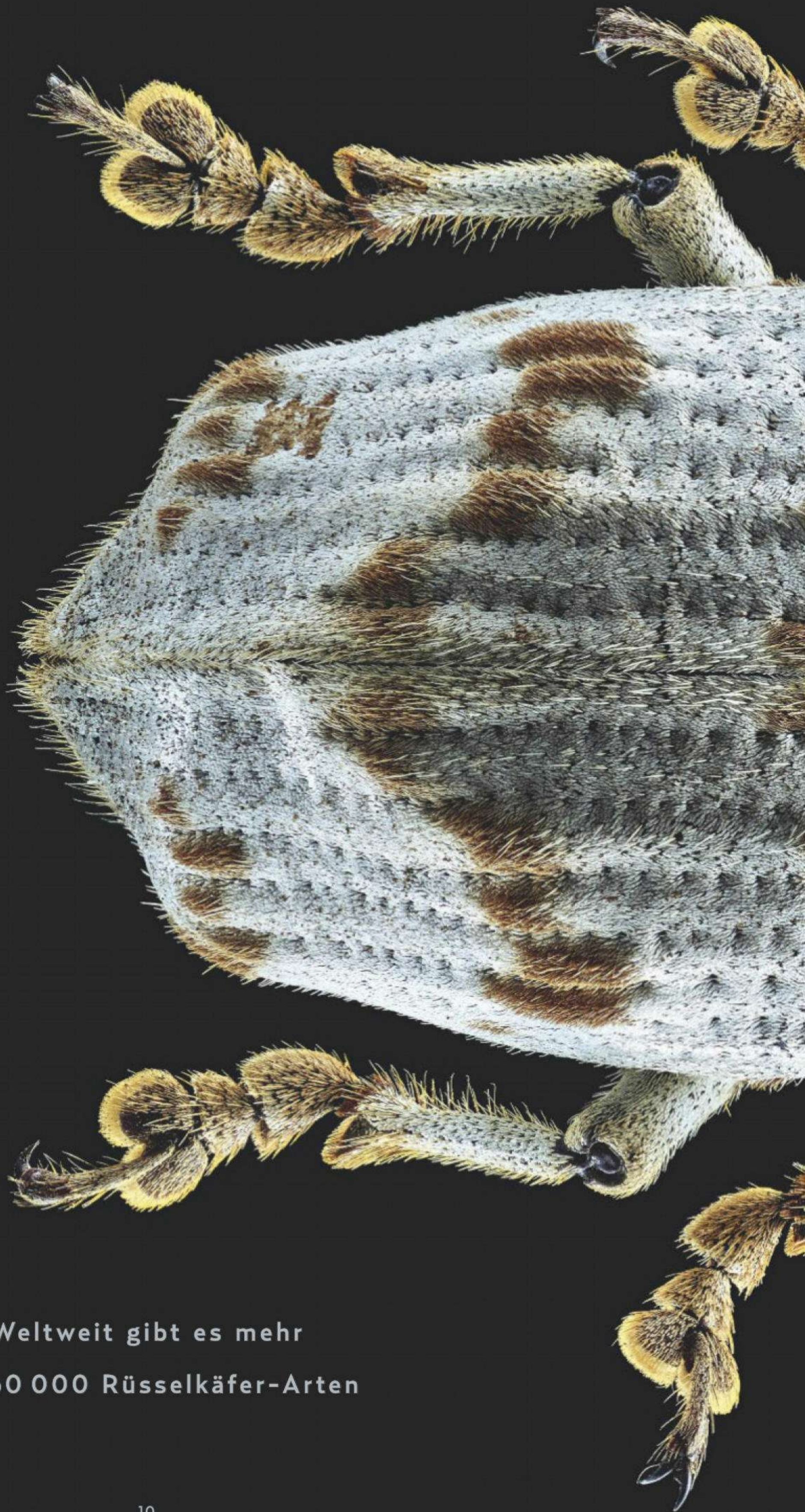


Die Orchideenbiene
verfolgt eine raffinierte
Strategie: Sie
spannt andere Bienen
als Eltern ein

Rüsselkäfer*Brasilien***Unterwegs auf haarigen Füßen**

Bislang haben Insektenforscher weltweit mehr als 60 000 Rüsselkäfer-Arten gefunden, allein in Deutschland sind nahezu 1000 Spezies beschrieben. Und zahlreiche Arten, zum Beispiel aus tropischen Regenwäldern, sind noch völlig unbekannt. Die weitaus meisten Rüsselkäfer ernähren sich von allen möglichen Pflanzen – von Blättern, Knospen oder jungen Trieben. Manche von ihnen wie der Fichtenrüsselkäfer sind gefürchtete Forstschädlinge. Der hier gezeigte in Südamerika heimische Rüsselkäfer ist über und über mit feinen Härchen und Schuppen bedeckt. Etwas längere gelbliche Haarpolster an den Füßen verleihen dem Tier wahrscheinlich sicheren Halt auf glatten Tropenpflanzen-Blättern.

**Weltweit gibt es mehr
als 60 000 Rüsselkäfer-Arten**



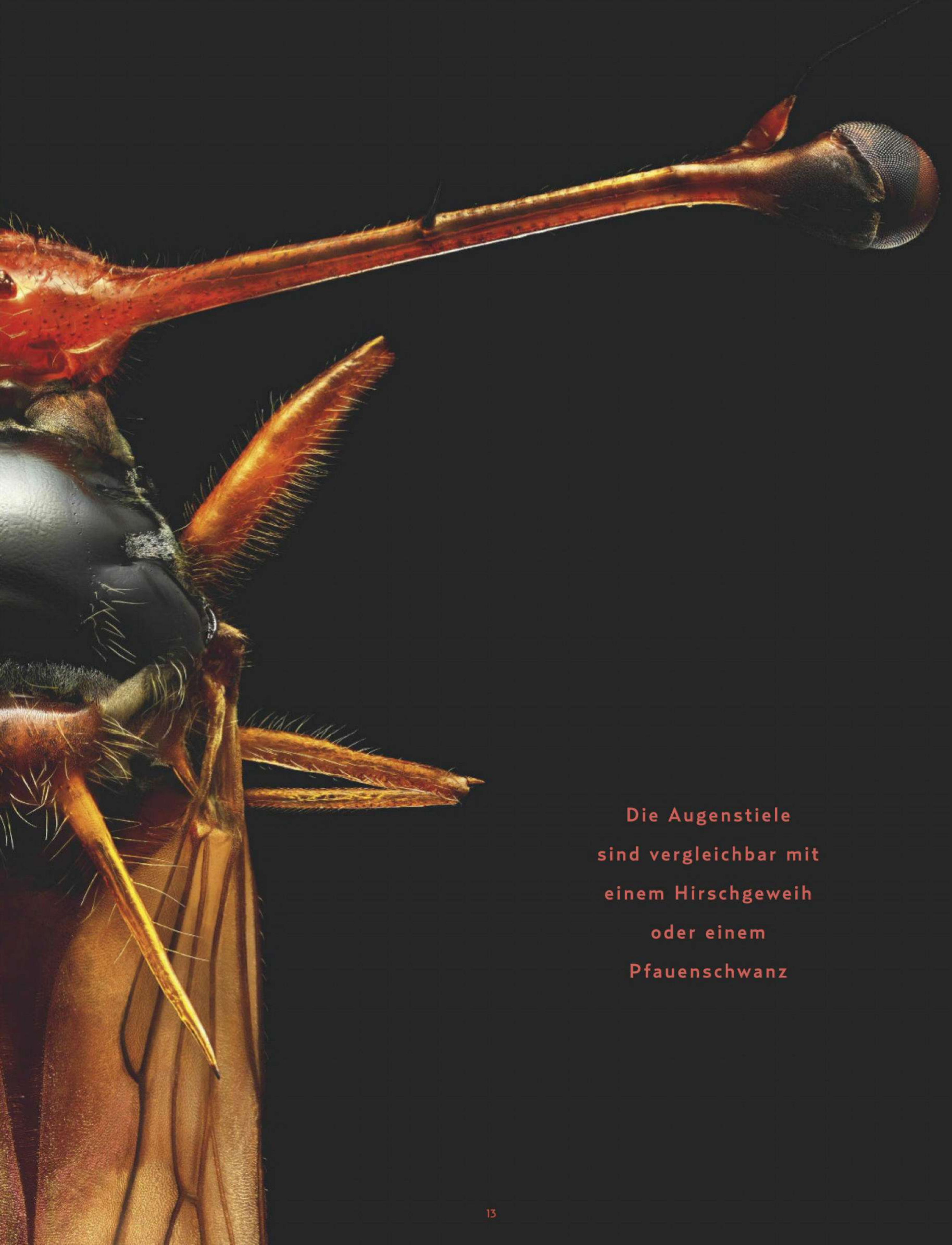


Stielaugenfliege

Gambia

Ungewöhnliches Schönheitsideal

Zu den am seltsamsten anmutenden Insekten überhaupt gehören Stielaugenfliegen, von denen rund 160 Arten bekannt sind. Die beiden Augen der Insekten befinden sich am Ende extrem verlängerter Auswüchse. Zum einen erlauben die derart positionierten Sehorgane einen hervorragenden Rundumblick. Zum anderen hat sich die einzigartige Anatomie evolutionär aufgrund einer speziellen Vorliebe herausgebildet: Weibliche Stielaugenfliegen finden Männchen mit möglichst langen Stielen ganz besonders attraktiv. Ähnlich wie Hirschkühe einen männlichen Hirsch mit gewaltigem Geweih bevorzugen oder Pfauendamen ein Vogelmännchen mit prächtigen Schwanzfedern.



Die Augenstiele
sind vergleichbar mit
einem Hirschgeweih
oder einem
Pfauenschwanz



Töpferwespe

Indien

Geschickte Baumeisterin

Die Weibchen der Töpferwespen bauen aus einem Lehmgemisch kleine vasenförmige Gebilde, die sie auf Holz oder Stein setzen oder an Pflanzenstängel hängen: In diese Brutzellen legen sie zunächst ein Ei, bringen dann zum Beispiel eine mit Gift betäubte Raupe in das tönernerne Gebilde und verschließen es nun vollständig. Die Dreingabe aus Frischfleisch ist eine willkommene Mahlzeit für die hungrige Larve, die kurz darauf aus dem Ei schlüpft. Die hier gezeigte Töpferwespe ist ein Männchen, erkennbar an den zu Haken gebogenen Antennenspitzen: Während der Paarung hält das Männchen damit die Fühler des Weibchens fest.

Buckelzirpe

Brasilien

Bizarre Auswüchse

Kaum eine andere Gruppe von Insekten zeigt eine größere Formenvielfalt als die Buckelzirpen. Der Brustbereich dieser oft bizarr anmutenden Tiere ist zum Teil extrem stark vergrößert und kann ganz unterschiedliche Formen annehmen: Aus dem Körper mancher Arten ragt zur Abschreckung ein überdimensionaler Dorn hervor, andere haben zur Tarnung einen Auswuchs entwickelt, der wie ein Blatt anmutet. Der flach nach oben gebogene Halsschild dieser in Brasilien heimischen Zikade wird gewissermaßen zum natürlichen Warnplakat: Die orangefarben-braune Musterung lässt etwaige Fressfeinde zurückschrecken.



In der abendlichen
Dämmerung
erscheinen die Farbkontraste
besonders stark

Blatthornkäfer

Peru

Zerteiler der Toten

Dieser prächtig schillernde Blatthornkäfer lebt im süd-amerikanischen Amazonasbecken und wird vornehmlich in der Abenddämmerung aktiv. Im Zwielficht zwischen Tag und Nacht wirkt der Farbkontrast zwischen dem dunklen Horn und dem blauen Körper besonders stark, was den Individuen hilft, Artgenossen zu erkennen. Viele Käfer aus der Familie der Blatthornkäfer, zu denen unter anderem auch der berühmte Skarabäus gehört, sind darauf spezialisiert, den Dung von Tieren zu vertilgen. Doch der hier gezeigte Käfer hat sich auf den Verzehr toter Tiere verlegt. Die gezahnte schaufelartige Vorderseite des Kopfes sowie die gezackten Vorderbeine eignen sich hervorragend dazu, zähe Tierkadaver zu zerteilen.





Bei Gefahr
beginnen einige
Arten sogar
spontan zu
bluten

Pilzkäfer

Bolivien

Attraktive Warntracht

Ähnlich wie Marienkäfer, mit denen sie auch verwandt sind, fallen Pilzkäfer oft durch farbige Muster in Form von Punkten, Flecken oder Streifen auf. Die attraktiven Farben warnen mögliche Fressfeinde, denn die Käfer verfügen über ein ausgeklügeltes chemisches Arsenal giftiger Substanzen. Aus speziellen Drüsen sondern die Käfer bei Bedrohung mitunter auch toxische oder widerlich riechende und schmeckende Sekrete ab. Einige Arten greifen bei Gefahr sogar zum Reflexbluten: Dabei setzt das Insekt eine Mischung aus Wehrsekret und Eigenblut aus dem Bauchraum frei – und verjagt damit potenzielle Beutegreifer.





Schwalbenschwanz

Indonesien

Das biologische Wunder

Als Raupe schlüpfen sie aus dem Ei, fressen und fressen, bis sie sich schließlich in einem Kokon verpuppen. Darin vollzieht sich ein biologisches Wunder: Die Raupe verwandelt sich in einen Schmetterling, der sich mit ausgebreiteten Schwingen in die Lüfte erhebt. Flügel und Körper der Schmetterlinge sind mit zahllosen kleinen Schuppen bedeckt. Bei vielen Arten wie zum Beispiel diesem in den tropischen Wäldern Südostasiens heimischen Grünfleckigen Schwalbenschwanz rufen die Schuppen atemberaubend schöne Farbmuster hervor. Anders als die Raupen, die oftmals Grünzeug fressen, ernähren sich die erwachsenen Schmetterlinge von Nektar, den sie mit ihrem langen Rüssel aus Blütenkelchen schlürfen.





Ein Kleid aus
Tausenden Schuppen
bildet kunstvolle
Farbmuster

Schildkäfer

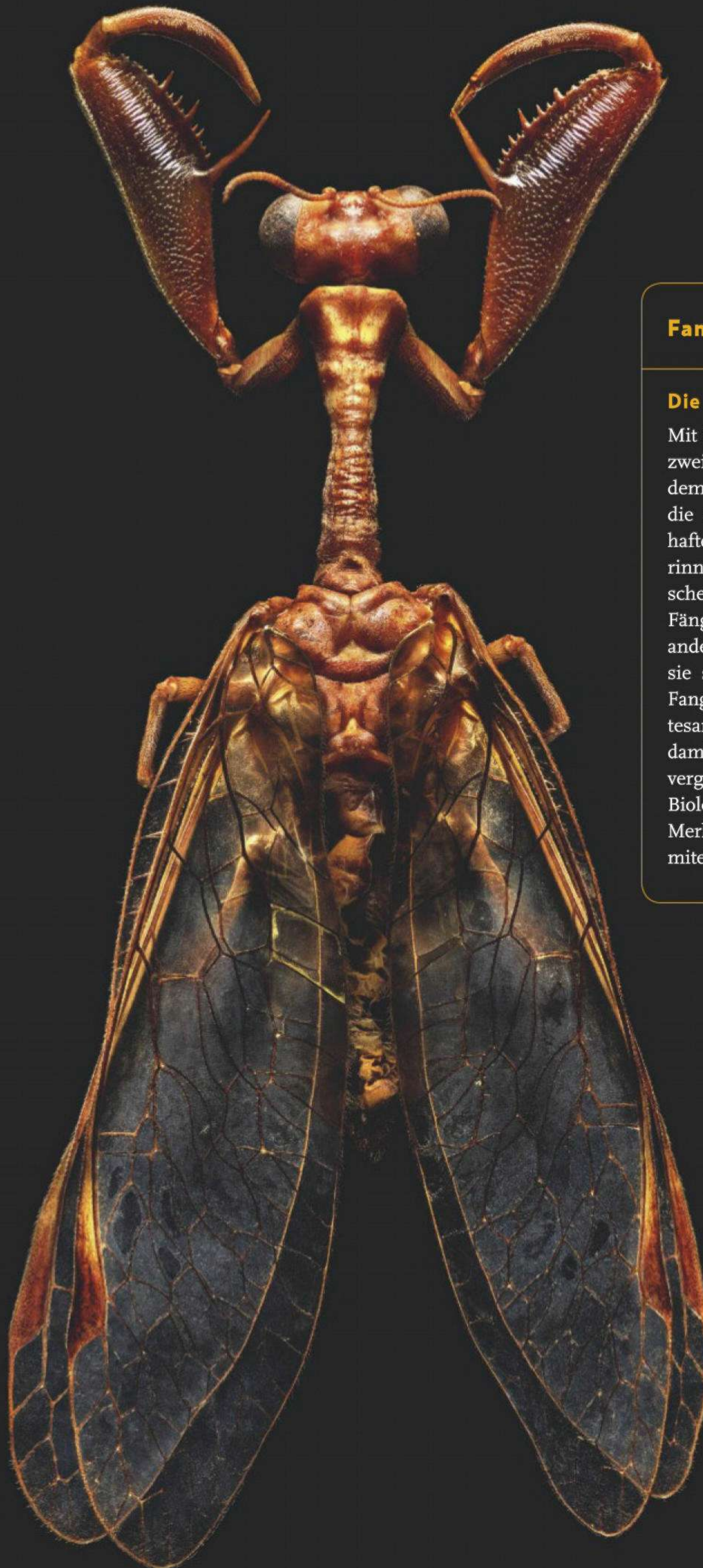
China

Abwehr und Tarnung

Kunstvoll geformte Furchen und Dellen, Falten und Stachelreihen zieren den Panzer dieses Blattkäfers. Die nadelspitzen Auswüchse dienen den Insekten vermutlich zur Abwehr von Fressfeinden, zudem bietet der komplex ornamentierte Körper eine perfekte Tarnung in der natürlichen Vegetation. Wenn sich die Käfer über die Oberfläche eines Blattes schieben, bewegen sie sich wie Miniatur-Panzer. Ihre gewölbte Körperform hat sich wahrscheinlich auch zum Schutz vor Ameisen und anderen kleinen Angreifern herausgebildet. Die weichen Larven der Blattkäfer verwenden einen anderen Trick zur Verteidigung: Auf ihrer Haut bilden sie einen Schutzschild aus ihrem eigenen Kot und abgestreiften alten Larvenhäuten.

**Die Käfer
bewegen sich wie
Miniatur-Panzer
über die Oberfläche
eines Blattes**





Fanghaft

Frankreich

Die parallele Evolution

Mit ihren kräftigen Fangbeinen, dem mit zwei großen Augen versehenen Kopf und dem lang gestreckten Vorderleib erinnern die auch Mantisfliegen genannten Fanghafte auf den ersten Blick an Gottesanbeterinnen: Blitzschnell können die räuberischen Insekten mit den hakenbewehrten Fängen nach Beutetieren – zum Beispiel anderen Insekten – greifen. Doch obwohl sie sich äußerlich so stark ähneln, sind Fanghafte evolutionär unabhängig von Gottesanbeterinnen entstanden. Und sind damit ein hervorragendes Beispiel für „konvergente Evolution“. Darunter verstehen Biologen die Herausbildung ähnlicher Merkmale bei Organismen, die nicht direkt miteinander verwandt sind.



Laufkäfer

China

Räuberische Renner

Mit ihren Rennbeinen und den kräftigen Kiefern sind die meisten Laufkäfer perfekt für ein räuberisches Leben gebaut. Viele Arten erbeuten Insekten, Schnecken und andere wirbellose Tiere. Dieser in China heimische Käfer besticht durch seinen grün-gelblich schillernden Glanz. Die intensiven Farben entstehen jedoch nicht etwa durch Pigmente, sondern dadurch, dass sich das Licht in hauchdünnen Schichten des Chitinpanzers bricht. Bei manchen fossilen Käfern haben sich die Chitinschichten und damit die Farben über Millionen Jahre erhalten. Welche Funktion die prächtigen Farben der hier gezeigten Art haben, ist allerdings ein Rätsel: Die Tiere sind nachtaktiv.

Ein Bild aus Tausend Bildern

Die Insekten für sein Projekt »Microsculpture« hat der 1975 geborene Brite Levon Biss mit einer eigens konstruierten Mikroskop-Optik fotografiert. Jedes Motiv ist aus mehreren Tausend Einzelbildern zusammengefügt und offenbart so ungesehene Details der faszinierenden Wesen



Insekten sind Meister der Anpassung: Je nach Lebensweise haben etwa Schmetterlinge ausladende Flügel entwickelt, Bienen schmalere, häutige, und Flöhe haben ihre Flügel ganz verloren

Interview: **Rainer Harf**
und **Bertram Weiß**

Je mehr Forscher über das **geheime Leben** der Insekten herausfinden, desto erstaunlicher **wirken Schmetterling**, Käfer, Fliege und Co.

Der **Biologe Andreas Vilcinskis** sieht in den Sechsheinern gar eine der reichhaltigsten Schatztruhen der Natur – ja, eine schier unerschöpfliche Quelle **neuer Wirkstoffe** zum Nutzen für uns Menschen

Die fantastischen Überflieger

GEOkompakt: *Herr Professor Vilcinskis, seit Jahrzehnten beschäftigen Sie sich mit sechsbeinigen, zumeist geflügelten Krabbeltieren. Was fasziniert Sie so sehr an Insekten?*

Prof. Andreas Vilcinskis: Mit rund einer Million bekannter Spezies stellen Insekten die artenreichste Tiergruppe auf der Erde dar. Jede zweite bekannte Art ist ein Insekt. Der Formenreichtum, den die Sechsbereiner hervorgebracht haben, ist schier überwältigend.

Je nach Lebensweise haben manche im Laufe der Evolution zum Beispiel riesige Flügel bekommen – so etwa viele Schmetterlinge. Andere, wie Bienen, besitzen schmalere, rasch schlagende Flügel. Bei Fliegen wiederum ist das zweite Flügelpaar umgebaut zu winzigen Sensoren, die hochpräzise Flugmanöver erlauben. Und Flöhe dagegen können gar nicht fliegen, sie haben ihre Flügel in der Evolution wieder verloren.

Dafür springen sie ziemlich gut.

Genau. Die Extremitäten sind ein weiteres Beispiel für den extremen Formenreichtum vieler Insekten. Heuschrecken besitzen kräftige Sprungbeine, Lauf-

tenreich. Da gibt es mächtige Kieferklauen, Stechapparate oder alle möglichen Formen von Rüsseln.

Wie kommt es zu dieser spektakulären Fülle verschiedener Formen?

Eine Ursache liegt in dem speziellen Bauplan der Insekten, der bei allen Arten – ob Gottesanbeterin, Ameise oder Schmetterling – vergleichbar ist. Die erwachsenen Tiere sind in drei Teile gegliedert. Vorn sitzt der Kopf. An den schließt sich der Brustkorb an. Und an dem wiederum hängt der Hinterleib.

Wie Module können die einzelnen Einheiten je nach Lebensweise abgewandelt werden. Und dadurch eine immense Vielfalt hervorrufen. Dieses ebenso schlichte wie geniale Bauprinzip ermöglichte es den Insekten, nahezu jede Nische auf unserem Planeten zu erobern. Heute siedeln sie in jeder Wüste, in Steppen, Gebirgen, sämtlichen Wäldern und auch in Flüssen und Seen. Ja, selbst bis in die Polarregionen sind einige Insekten vorgedrungen. So gibt es zum Beispiel eine Zuckmückenart, die sich in der Antarktis wohlfühlt. Nur in Meeren findet man kaum Insekten.

nach war diese Konkurrenzsituation zu hart.

An Land hingegen konnten sie sich optimal entfalten. Und regelrechte Prachtexemplare hervorbringen. Zum Beispiel *Thysania agrippina* – auch als Weiße Hexe bezeichnet – ein nachtaktiver südamerikanischer Falter mit einer Flügelspannweite von mehr als 30 Zentimetern: eines der größten Insekten weltweit.

Ebenfalls beeindruckend und in Südamerika heimisch ist der faustgroße Herkuleskäfer, der trotz seines bulligen Körpers fliegen kann. Es ist schon sehr imposant, wenn solch ein Insektengigant mit einem durchdringenden Knattern durch den Dschungel fliegt.

Aus welchem Grund werden Insekten nicht noch größer?

Die Größe ist limitiert durch das Atmungssystem der Insekten, das weniger effektiv ist als bei Tieren, die eine Lunge besitzen. Die Sechsbereiner atmen durch Tracheen. Das sind feine Röhren, durch die Luft von außen strömt und die sich im Körper der Insekten immer weiter verzweigen. Vor Jahrmillionen, als der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre deutlich

»Der Darm von Termiten gleicht einem winzigen Bioreaktor: Darin leben ganz bestimmte Mikroorganismen«

käfer und Ameisen haben Rennbeine, Gottesanbeterinnen können in Sekundenbruchteilen andere Insekten mit ihren Fangbeinen erbeuten, Läuse halten sich mit ihren Klammerbeinen an Haaren fest.

Und auch die kompliziert aufgebauten Mundwerkzeuge sind äußerst varian-

Weshalb?

Als die Insekten vor etwa 480 Millionen Jahren entstanden, waren die marinen Lebensräume bereits von anderen höchst erfolgreichen Gliedertieren besetzt: von Krebstieren, Verwandten der Insekten. Aller Wahrscheinlichkeit

höher lag, entwickelten sich auch größere Insekten – etwa Libellen mit einer Flügelspannweite von 70 Zentimetern.

Solche Exemplare finden Forscher heute als fossile Abdrücke in Steinablagerungen. Aber vielleicht noch spannender: Ständig entdecken sie auch neue, lebende Spezies. Denn längst nicht alle Arten sind beschrieben.

Auf wie viele neue Arten stoßen Forscher im Jahr?

Einige Tausend! Selbst bei uns in Deutschland werden noch neue Arten entdeckt.

Es kommt eben immer darauf an, welchen Lebensraum sich Forscher genau anschauen. Und hierzulande ist etwa die Fauna der Baumkronen noch gar nicht vollständig erfasst.



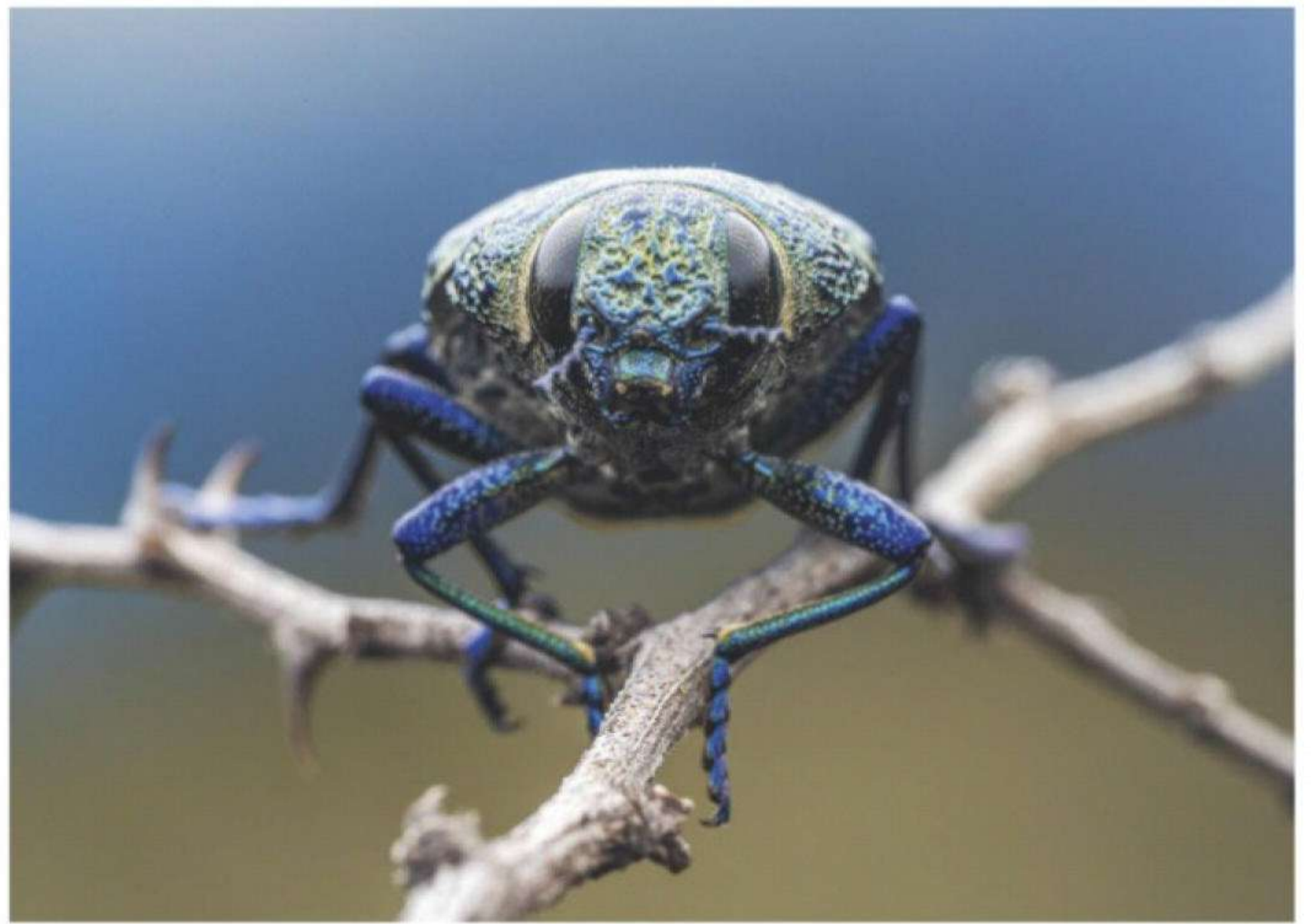
Prof. Andreas Vilcinskis, Jg. 1964, ist einer der führenden Insektenforscher Deutschlands und hat in Gießen das weltweit erste Institut für Insektenbiotechnologie gegründet.

Manchmal stellen Wissenschaftler, zum Beispiel mittels genetischer Analysen, auch fest, dass hinter einer bereits beschriebenen Spezies gleich mehrere Arten stecken. Die lassen sich schlichtweg äußerlich kaum voneinander unterscheiden.

Und doch spielt jede einzelne Spezies eine bestimmte Rolle im Ökosystem. Insekten sind zu einer so bedeutsamen Gruppe von Tieren aufgestiegen, dass man sie ohne Zweifel als systemrelevant bezeichnen kann.

Wie meinen Sie das?

Alle Landlebensräume sind von Insekten abhängig. Denken Sie zum Beispiel an die Blütenpflanzen, die mit mehr als 200 000 Spezies das Gros der Flora stellen. Ohne Insekten würde es sie gar nicht geben. Schließlich haben sich die beiden Gruppen in einem gemeinsamen evolutionären Prozess entwickelt: Insekten wie Bienen oder Schmetterlinge bestäuben die Pflanzen, helfen den Gewächsen also beim Sex. Dafür bekommen sie in der Regel nahrhaften Nektar.



Insekten (hier ein Prachtkäfer) haben alle Landlebensräume erobert: Sie krabbeln durch Wüsten, Savannen, Wälder, Gebirge. Selbst in der Antarktis gedeihen manche Spezies

Erst Raupe, dann Schmetterling: Larven und erwachsene Insekten verfolgen oft ganz andere Lebensweisen. Das ist ein Geheimnis ihres Erfolgs: Jung und Alt konkurrieren nicht





Insekten sind biochemische Schatztruhen, sagt Vilcinskas. Im Speichel von Totengräberkäfern hat der Forscher schon mehr als 30 konservierende Stoffe entdeckt

Darüber hinaus spielen Insekten eine extrem wichtige Rolle bei der Biokonversion, also der Zersetzung von organischem Material, etwa Laub und Totholz im Wald.

Welche Insekten haben sich darauf spezialisiert?

Zum Beispiel Springschwänze, das sind womöglich die am meisten unterschätzten Insekten, denn dem Laien sind sie kaum bekannt.

Diese winzig kleinen, flügellosen Urinsekten kommen millionenfach in jedem Kubikmeter Waldstreu vor – und verdauen abgestorbene Pflanzenreste. Aber auch viele Larven von Käfern leben in toten Stämmen und zersetzen dort Holz.

Dass die Larven von Insekten oft eine vollkommen andere Lebensweise verfolgen als die erwachsenen Tiere, ist ein weiteres Geheimnis ihres Erfolgs. Denn

damit gehen sich Erwachsene und Nachwuchs aus dem Weg, konkurrieren nicht um Nahrung. Raupen fressen Pflanzen, Schmetterlinge schlürfen Nektar. Mückenlarven leben im Wasser, die Erwachsenen an Land.

Und noch etwas trägt maßgeblich zum Erfolg bei: Insekten sind Meister darin, mit Mikroorganismen zusammenzuarbeiten. Fast alle Insekten nutzen in ihrem Darm Bakterien und andere Mikroben, um sich an bestimmte Lebens- und Ernährungsweisen anzupassen.

Können Sie ein Beispiel nennen?

Kleidermotten sind sehr erfolgreiche Insekten, ihre Larven vertilgen Textilien.

Doch haben die Insektenlarven selbst das Arsenal an Enzymen entwickelt, um die Textilien zu verdauen? Nein, sie beherbergen in ihrem Darm spezielle Mikroorganismen, die dafür nötige Substanzen bilden.

Bei Termiten ist es ähnlich. Sie haben Holz als Nahrungsquelle erschlossen, eine praktisch unbegrenzte Ressource. Das ist ihnen aber nur deshalb gelungen, weil der Termitendarm einem winzigen Bioreaktor gleicht. Darin gedeiht eine ganz bestimmte Flora von Mikroorganismen, die hochwirksame, Holz zersetzende Stoffe produzieren.

Sie haben das weltweit erste Institut für Insektenbiotechnologie gegründet. Woran arbeiten Sie?

Eines unserer Forschungsobjekte ist der Totengräberkäfer – ein Insekt, das eine hochfaszinierende Lebensweise verfolgt! Die Käfer können über Kilometer hinweg riechen, ob ein Kadaver im Wald liegt – zum Beispiel eine tote Maus. Meist werden gleich mehrere Käfer angelockt. Sobald die Insekten auf dem Aas landen, springen von ihrem Rücken kleine Mitreisende ab: Milben, die sofort über die

Maus krabbeln und Eier von Aasfliegen – Konkurrenten des Totengräbers – fressen.

Die Käfer beginnen nun, die Maus im Waldboden einzubuddeln. Normalerweise verwest vergrabenes Aas. Doch die Käfer benetzen die ganze Maus mit einem speziellen Sekret und konservieren sie somit. Der Grund: Sie brauchen etwas Zeit, denn sie paaren sich jetzt – und legen schließlich Eier auf der Maus ab. Sobald nun aus den Eiern Larven schlüpfen, speicheln sie die Maus erneut ein. Woraufhin sich das tote Fleisch verflüssigt. Ein Festmahl für Eltern und den hungrigen Nachwuchs.

Das Ganze ist eine einzigartige Meisterleistung und eine biochemische Schatztruhe, von der wir Menschen profitieren könnten.

Von einem Käfer, der Mäuse verflüssigt?

Ja! Nirgendwo sonst in der Natur verdaut ein Tier ein so viel größeres Tier direkt vor seinem Maul.

Es ist so, als würde ich Sie anspucken – und Sie würden sich vor meinen Augen auflösen.

Mit modernen Laboranalysen untersuchen wir, wie genau der Käfer die Konservierung und Verflüssigung bewerkstelligt. Allein die Formel eines organischen Konservierungsmittels, das Fleisch über eine so lange Zeit haltbar macht, wäre Millionen wert. Und mit Stoffen, die Fleisch verflüssigen, ließen sich Reste in der Lebensmittelindustrie aufarbeiten. Im Speichel des Käfers haben wir schon mehr als 30 konservierende Substanzen entdeckt.

Spiele bei der Produktion der Stoffe auch Mikroorganismen eine Rolle?

In der Tat, zum Beispiel verschiedene Bakterien. Oder auch Hefepilze. Die haben wir im Hintern des Totengräbers gefunden. Die Pilze breiten sich über dem Aas aus, sie wirken ebenfalls konservierend und tilgen zudem jedweden Verwesungsgeruch. Für den Käfer eine weitere, trickreiche Strategie gegen Nahrungskonkurrenten. Und auch für die Industrie von Interesse: Mit diesen Mikroben könnte man biologische Filtersysteme konstruieren, mit denen sich zum

Beispiel der üble Geruch von Schlachtabfällen ausmerzen ließe.

Kennen Sie bereits die gesamte Biochemie des Totengräbers?

Wir werden noch Jahre brauchen, um all die Stoffe zu analysieren, die der Totengräberkäfer produziert. Und die uns in vielfacher Hinsicht nützen könnten. So muss ein solcher Kadaverbewohner ein hervorragendes Immunsystem besitzen. Vermutlich finden wir im Käfer völlig neuartige antibiotisch wirksame Stoffe.

In unserem Institut fahnden wir nach Molekülen, die noch keiner kennt. Wir untersuchen, welche Substanzen ein Tier produziert und zu welchem Zweck es die Stoffe herstellt. Denn in der Natur wird ja kein Stoff umsonst produziert, das wäre Energieverschwendung.

Und nicht selten entdeckt man Stoffe mit überraschender Funktion.

Können Sie ein Beispiel nennen?

Im Amerikanischen Bürgerkrieg hat man eine uralte, doch in Vergessenheit geratene Therapieform wiederentdeckt:

»Der Erfolg der Insekten zeigt sich auch in einer dunklen Seite: Keine Tiergruppe ist für mehr Todesfälle verantwortlich«



Dass Insekten verhältnismäßig klein sind, liegt an ihrem Atmungssystem. Als vor Jahrtausenden der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre höher war, gab es Libellen mit rund 70 Zentimeter Flügelspannweite

Oft lagen verwundete Soldaten längere Zeit zwischen den Frontlinien. Konnte man die Verwundeten nach Tagen retten, stellte man fest: Sie überlebten mit höherer Wahrscheinlichkeit als diejenigen, die sofort ins Lazarett gekommen waren.

Weswegen?

Die offenen Wunden waren über und über mit Maden von Goldfliegen bedeckt, die offenbar bakterielle Infektionen verhinderten. Diese Maden wurden in der Folge medizinisch gezielt zur Wundheilung eingesetzt. Als die Antibiotika auf den Markt kamen, geriet die Madentherapie wieder in Vergessenheit. Doch heute erlebt sie eine Renaissance.

Denn es existieren Krankheiten, bei denen alle gängigen Medikamente versagen. Zum Beispiel das diabetische Fußsyndrom, infolgedessen es zu sehr schlecht heilenden Wunden am Fuß

kommt. Werden aber Wundmaden mit den offenen Stellen in Kontakt gebracht, gibt es Heilungschancen.

Untersuchungen zeigen: Träufelt man Madenspeichel in eine offene Wunde, heilt diese bis zu 18-mal schneller. Daher haben wir die Madenspucke genau untersucht. Und haben darin 47 teils hochwirksame antimikrobielle Eiweißstoffe gefunden.

Lassen sich diese Eiweiße in der Medizin nutzen?

Wir arbeiten gerade daran, einige der antimikrobiellen Substanzen in größeren Mengen herzustellen – und diese in Cremes zu verarbeiten: Wundsalben mit Madenspeichel-Eiweißen.

Zudem haben wir im Speichel Enzyme entdeckt, die ausschließlich nekrotisches, also abgestorbenes Gewebe auflösen. Mit einem geeigneten Präparat aus diesen Enzymen ließen sich zum Beispiel sehr gut vereiterte Wunden reinigen.

Und so ist es häufiger: Je näher wir uns ein bestimmtes Insekt und dessen Biococtail anschauen, desto mehr und

Gifte vieler Insekten – zum Beispiel von Stechwanzen. Moderne Methoden erlauben es uns, sämtliche Stoffe in einer einzelnen Giftdrüse zu analysieren. Dann stellen wir besonders interessant erscheinende Substanzen – zum Beispiel solche, die in einer Drüse auffallend oft gebildet werden – synthetisch her. Und untersuchen dann, was diese Stoffe können. Zum Beispiel, ob sie schmerzlindernd, antiseptisch oder gar krebstherapeutisch wirken.

So sehr die Insekten eine biochemische Schatztruhe für den Menschen darstellen, so sehr sind sie auch seine größten Feinde: Mücken etwa übertragen tödliche Krankheiten.

Richtig. Der Erfolg der Insekten zeigt sich auch in dieser für uns dunklen Seite: Keine andere Tiergruppe ist für mehr Todesfälle verantwortlich. Jährlich sterben Millionen Menschen an Malaria, Denguefieber oder Zika.

Zwar gibt es in Deutschland diese Krankheiten noch nicht. Aber infolge des Klimawandels kommen immer mehr Mückenarten nordwärts, die alle möglichen

Tropenkrankheiten übertragen könnten. In Frankreich gibt es inzwischen erste Fälle von Denguefieber.

Wird es irgendwann auch in Deutschland solche Krankheiten geben?

Da bin ich leider sehr sicher. Mich würde nicht wundern, wenn es in wenigen Jahren zu einer ähnlichen Situation wie in Frankreich käme.

Und die Frage, die wir uns stellen müssen, ist: Was machen wir, wenn sich zum Beispiel am Oberrhein in ein paar Jahren Mücken ausbreiten, die tödliche Krankheitserreger übertragen? Wollen wir dann flächendeckend Insektizide in die Gewässer schütten – und damit nicht nur die Mücken, sondern sämtliche darin lebende Insekten töten?

Das wäre ein Desaster für den Artenschutz. Es gibt zwei Verpflichtungen: den Menschen zu schützen und die Biodiversität zu schützen.

Als erstes und bislang einziges Institut in Deutschland forschen wir daher nach alternativen Wegen, die Mücken zu bekämpfen.

»Mein Traum ist es, Zuchtprogramme für Insekten zu entwickeln: um bedrohte Sechsheiner wieder auszuwildern«

oftmals überraschende Ideen kommen für die Anwendung.

Es gibt in der Natur noch eine Unmenge an unbekannten, aber potenziell hochwirksamen Stoffen. Was uns sehr interessiert sind Gifte von Insekten, die eventuell für uns Menschen nutzbar gemacht werden können.

Wie viele verschiedene Gifte gibt es in der Welt der Insekten?

200 000 Tierarten – die meisten davon Insekten – sind giftig. Jede Giftdrüse produziert teils mehrere Hundert verschiedene Stoffe. Das heißt: Konservativ geschätzt existieren rund 20 Millionen solcher Substanzen. Allerdings sind bislang nur 5000 untersucht worden, von denen haben es 18 als Medikamente auf den Markt geschafft.

An unserem Institut erforschen wir nun systematisch die noch unbekannten



Auch Insekten (hier Kleinlibellen) haben ein Immunsystem, um sich gegen Krankheitserreger zu wehren. Bei manchen Sechsheinern hat man neuartige antibiotisch wirksame Stoffe gefunden



Sechsbeiner – hier ein Fadenhaft – bergen Millionen unbekannter Substanzen, die auch für uns Menschen nützlich sein können. Erst einige Tausend haben Forscher wie Vilcinskis ausgewertet

Was sind das für Ansätze?

Ein Ansatz ist die Suche nach biologischen Waffen gegen Insekten. Das sind zum Beispiel geeignete Viren, die die Schadinsekten befallen und töten. Der Vorteil: Viren sind sehr artspezifisch und könnten daher gezielt eingesetzt werden – ohne verheerende Kollateralschäden für die restliche Insektenfauna.

Genau danach suchen wir hinsichtlich eines neuen Topschädling in Deutschland: der Kirschessigfliege. Das Insekt, das durch den Handel von Obst bei uns eingeschleppt wurde, legt seine Eier in reife Früchte, die dadurch rasch verderben. 2012 ist die Fliege zum ersten Mal in Hessen nachgewiesen worden, schon 2014 erlitt ein Drittel der hiesigen Obstbauern Totalschaden.

Was machen Sie, wenn Sie ein geeignetes Virus gefunden haben?

Trickreich ist es, das Virus dann in ausreichender Menge zu produzieren. Denn das Virus vermehrt sich ja nur in den Zellen des Wirtes. Daher stellen wir eine Art Bioreaktor her: Darin züchten wir millionenfach Zellen des Schädling – also der Mücke oder eben der Kirschessigfliege. In dieser Zellsuppe vermehren sich die Viren, die dann angereichert, formuliert und ausgebracht werden können, wie herkömmliche Insektizide, ohne so genannte Nichtzielorganismen wie die Biene zu gefährden.

Gibt es Vergleichbares schon?

Alle biologisch angebauten Äpfel werden mit einem Virusgranulat gegen den Apfelwickler – einen Schmetterling, der Äpfel befällt – behandelt. Die Viren werden nach dem erwähnten Verfahren hergestellt. Es mag zunächst paradox klingen. Aber dadurch, dass man ganz gezielt eine bestimmte Insektenart tötet, aber eben nicht alle Sechsbeiner, betreibt man effektiv Insektenschutz.

Und der ist wichtiger denn je. Wir beobachten ja einen verheerenden Schwund der Insektenfauna, nicht nur in Deutschland, sondern weltweit.

Und der Rückgang der Insekten liegt unter anderem am großflächigen Einsatz von Pestiziden.

Sicher spielen die industrielle Landwirtschaft und der Einsatz von Insektiziden eine wichtige Rolle. Dennoch sind die Ursachen für den Insektenschwund noch nicht vollends verstanden.

Wir erforschen einen Faktor, der bislang kaum erwähnt wird, aber in meinen Augen eine wichtige Rolle spielen könnte: den Verkehr. 47 Millionen Autos und 10 000 Züge fahren in Deutschland umher. Außerdem stehen 25 000 Windkraftträder in der Landschaft. Sie alle fischen ohne Zweifel ständig Insekten ab. Und möglicherweise gibt es wie bei der industriellen Seefischerei irgendwann einen Punkt, ab dem Bestände zusammenbrechen.

Gibt es einen weiteren Faktor?

In unserer globalisierten Welt werden immer mehr Arten von einem Ort zum nächsten transportiert. Diese eingeschleppten Spezies bringen auch Krankheiten mit sich. Und die könnten unter den heimischen Insekten in einem noch unbekannten Ausmaß grassieren.

Man denke an die Zeit, als die Europäer nach Amerika kamen und 95 Prozent der indigenen Bevölkerung dahingerafft haben. Nicht etwa durch Waffen, sondern durch Krankheiten wie Grippe oder Masern.

Ebenfalls völlig unbekannt: Wie wirkt sich die Feinstaubbelastung auf Insekten aus? Das Atmungssystem der Insekten funktioniert wie gesagt ganz anders als das des Menschen. Das Tracheensystem verzweigt sich in Form feinsten Röhrchen im ganzen Insektenkörper.

Es kann eben sein, dass mehrere Faktoren zusammenkommen und erst in dem Zusammenspiel die Insekten massiv sterben lassen. Ein Beispiel: Ein Insekt ist durch neue Krankheiten bereits geschwächt. Dann wird womöglich eine eigentlich nicht tödliche Dosis eines Insektizids dem Insekt den Garaus machen.

Was kann man tun?

Ich möchte auf keinen Fall nur beobachten und herausfinden, was die Gründe des Sterbens sind. Sondern hege bereits Pläne, wie man Naturlandschaften, in denen manche Arten schon nicht mehr vorkommen, renaturiert. Denn von allein kommen verschwundene Insekten im Zweifel nicht wieder.

Manche seltenen Säugetiere werden in Wildgehegen gezüchtet und dann wieder ausgewildert. Bei Insekten gibt es nichts Vergleichbares.

Das möchte ich ändern. Mein Traum ist es, Zuchtprogramme für bedrohte Insekten zu entwickeln. Gewächshäuser zum Beispiel, in denen die erwachsenen Sechsbeiner und ihr Nachwuchs ideale Bedingungen vorfinden. In denen sie sich so gut vermehren, dass man sie irgendwann auch auswildern kann.

Dafür bedarf es der genauen Kenntnis der Biologie dieser wunderbaren Lebewesen, die mich seit Kindesbeinen an faszinieren. Und die für die Ökosysteme der Welt und auch für uns Menschen so immens wichtig sind.

Die Macht der GEMEIN

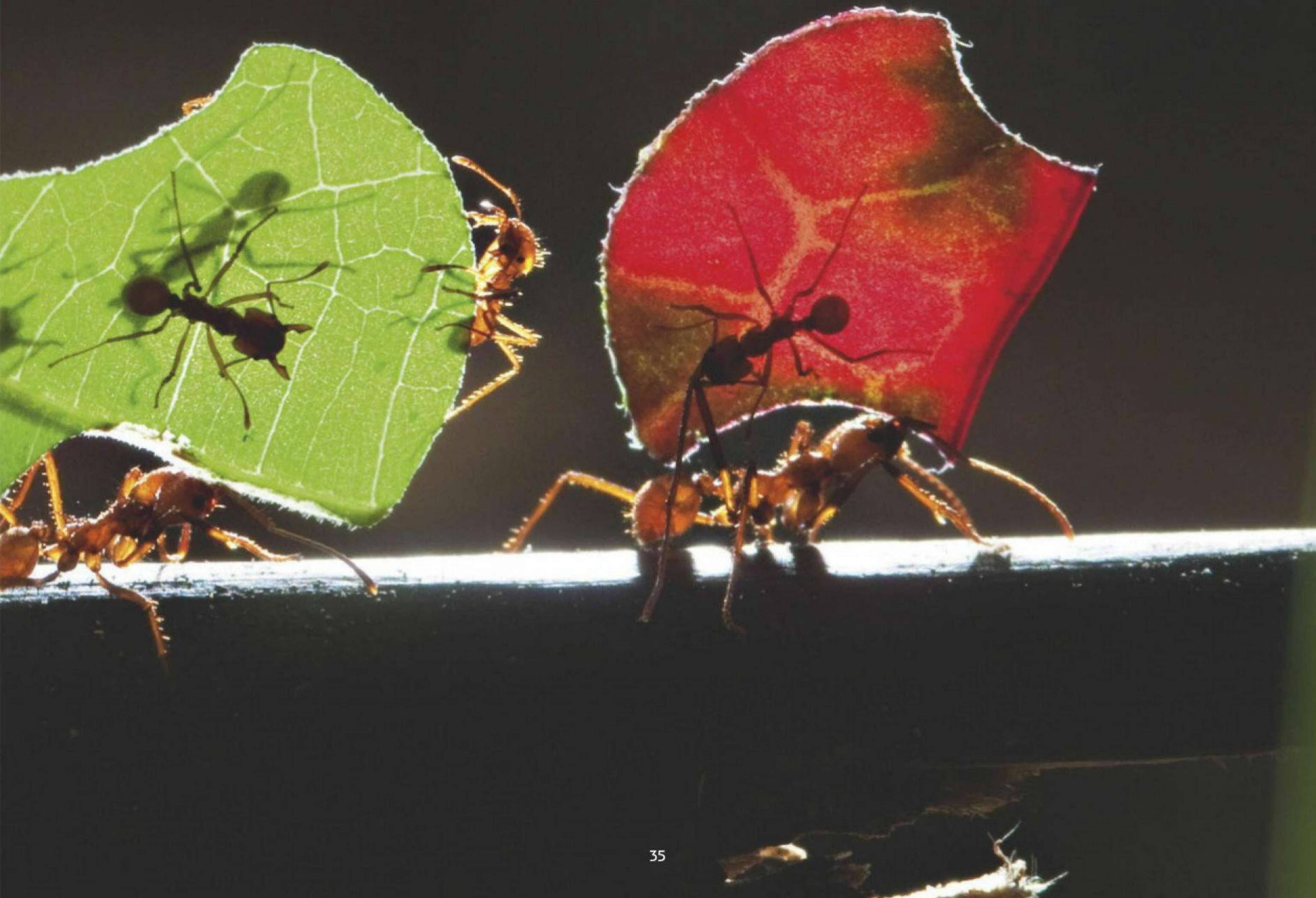


Ameisen binden auch andere Lebensformen in ihre Staaten ein: Diese **Blattschneiderameisen** etwa schleppen Pflanzenteile in ihren Bau und ernähren damit spezielle Pilze. Die Insekten selber nutzen dann die Produkte der Pilze als Nahrung

Text: Rainer Harf

SCHAF T

Biologen betrachten sie als **Superorganismus**: Allein für sich sind Ameisen schwach, doch im Kollektiv sind sie zu erstaunlichen Leistungen fähig. Sie errichten komplexe Hügelbauten, beherrschen riesige Territorien – und organisieren effizient das Leben in einem Millionenstaat





ie meisten von ihnen sind nicht mal einen Zentimeter lang. Zierliche Tiere, man könnte sagen: unauffällig. Und doch haben die Winzlinge die Erde erobert.

Ameisen bewohnen das abgefallene Laub nordamerikanischer Wälder ebenso wie die Böden asiatischer Steppen; sie nisten im heißen Wüstensand der Sahara und besetzen die Baumkronen tropischer Regenwaldriesen. Die Hügelnester einiger europäischer Waldameisen können

mehrere Hunderttausend Tiere beherbergen; manches Volk südamerikanischer Blattschneiderameisen zählt bis zu acht Millionen Mitglieder.

Und in Südeuropa haben Biologen eine wahre Superkolonie der Argentinischen Ameise entdeckt: In Millionen miteinander verbundenen Nestern, die sich auf einer Länge von 6000 Kilometern an der Küste Portugals, Spaniens, Südfrankreichs und Norditaliens erstrecken, leben



Manche Treiberameisen bauen keine Nester. Sie umgeben Königin und Brut mit einem Bau aus ihren Körpern

mehrere Milliarden Ameisen. Sie bilden eine der größten Gemeinschaften im gesamten Tierreich.

Weltweit bevölkern schätzungsweise zehn Billiarden Ameisen die Kontinente – gemeinsam wiegen sie so viel wie die ganze



Damit die Arbeiterinnen dieser **Wanderameisen** ungestört ihre Aufgaben verrichten können, patrouillieren Soldatinnen an ihrem Weg

Menschheit. Bemerkenswerter noch als ihre schiere Masse ist jedoch die Fähigkeit, im Kollektiv zu arbeiten: Waldameisen überwältigen Tiere, die 100-mal schwerer sind; benachbarte Stämme liefern sich Gefechte um die Grenzen ihrer Territorien; und mancherorts rücken millionenstarke Ameisenheere zu regelrechten Raubzügen aus.

Zu welchen Großtaten die Winzlinge in der Lage sind, zeigt sich auch an ihren Bauten: Südamerikanische Blattschneiderameisen konstruieren riesige, unterirdische Nester mit Hunderten von Kammern, die durch unzählige Gänge verbunden sind.

Doch wie stimmen die Sechsheiner all dieses Treiben ab? Was befähigt sie, ihre Handlungen zu koordinieren? Immer wieder werden die Biologen im Freiland Zeugen der verblüffenden Fertigkeiten: Stürzen etwa in einem unterirdischen Nest von Blattschneiderameisen Kammern ein, sind binnen kürzester Zeit Arbeiterinnen zur Stelle und graben ihre verschütteten Nestgenossen aus.

Auch auf der Suche nach Beute agieren viele Spezies mit überraschender Präzision: Bei Versuchen mit markierten Waldameisen haben Forscher herausgefunden, dass Kundschafter eines Volkes ausschwärmen und sich dabei mehr als 100 Meter vom Bau entfernen. Wenn sie ein totes Tier entdeckt haben, folgen ihnen schon bald wie auf ein ge-



Die **Soldatinnen**, bewaffnet mit starken Kiefern, sind weitaus größer als die kleinen Arbeiterinnen

heimes Signal etliche Nestgenossen, um die Kost zu zerstückeln und in den Bau zu tragen. Und meist finden sie die kürzeste Route zwischen Nahrungsquelle und Nest.

Dieser hohe Grad an Organisationskunst und Effizienz nahm vor etwa 100 Millionen Jahren seinen Anfang, als sich die Vorfahren der Ameisen aus wespenähnlichen Insekten entwickelten. Vermutlich lebten in dieser Frühzeit mehrere Ameisenweibchen zusammen und bauten ein gemeinsames Nest, in dem jede Mutter ihren eigenen Nachwuchs umsorgte. Bald darauf entstanden Arten, bei denen sich alle Elterntiere gemeinschaftlich der Brut annahmen.

Der entscheidende Schritt zum Kollektiv erfolgte, als schließlich nur noch wenige Weibchen innerhalb eines Nestes Eier legten, aus denen nun Larven

schlüpfen, die sich in der Regel zu unfruchtbaren Arbeiterinnen entwickelten.

Nur von Zeit zu Zeit wuchsen aus einigen Eiern Geschlechtstiere mit Flügeln heran. Diese männlichen und weiblichen Tiere stiegen dann zu Hochzeitsflügen auf, um sich zu paaren und anschließend anderswo neue Staaten zu gründen.

Das Gros der Nachkommen jedoch stellten die meist sterilen, stets weiblichen Tiere. Sie übernahmen von nun an die Futterbeschaffung, die Verteidigung des Baus und die Aufzucht ihrer Geschwister. Im Lauf der Zeit entstanden

hochwertigen Nahrung aus Sekreten bestimmter Drüsen ihrer Ammen gefüttert worden waren. Da die Töchter als Pfleger, Soldaten oder Kundschafter eingesetzt wurden, konnten sich die Königinnen ganz der Eiablage widmen.

Diese Arbeitsteilung versetzte Ameisen in die Lage, sich in den unterschiedlichsten Lebensräumen zu behaupten. Sie konnten massenweise Nachwuchs aufziehen und zugleich Nahrungsquellen weitaus effektiver nutzen als die Solisten; sie vermochten ihre Feinde wirkungsvoller zu bekämpfen und ihre Nester vor

tiv schwach und kann wenig ausrichten. Erst der organisierte Zusammenschluss einer Vielzahl von Individuen formt einen Organismus, der gestalterische Kraft entfaltet.

Irgendwann im Verlauf der Erdgeschichte entwickelten die Ameisen zudem eine Fähigkeit, die als wichtigste Voraussetzung für den Erfolg dieses Superorganismus gilt: Sie lernten, miteinander zu kommunizieren.

Dabei machten sie sich vor allem drei Möglichkeiten zunutze, Informationen auszutauschen:

Rund zehn Billionen Ameisen bevölkern die

zudem bei vielen Spezies unterschiedliche Formen für unterschiedliche Aufgaben – etwa wehrhafte Soldatinnen oder kleinere Arbeiterinnen.

In einem komplexen Zusammenspiel aus Erbanlagen und äußeren Einflüssen entschied sich, zu welcher dieser Kasten ein Tier heranreife. Zu einer Königin etwa, einem fruchtbaren Muttertier, wurden bei manchen Arten jene Larven, die mit einer

Angriffen zu schützen. Allesamt Vorteile, die vermutlich den evolutionären Schritt zum Kollektiv begünstigten.

Die organisatorischen Leistungen, die so ermöglicht wurden, zählen zu den komplexesten im Tierreich. Viele Forscher begreifen daher ein Ameisenvolk auch als einen Superorganismus, dessen Mitglieder wie Zellen in Organen zusammenarbeiten. Eine einzelne Zelle ist rela-

• **Berührungen.** Zwei Individuen nehmen direkten Körperkontakt zueinander auf und geben Botschaften weiter;

• **Vibrationen.** Die Tiere reiben ihre Taille gegen den Hinterleib und erzeugen dadurch Schwingungen, die sich etwa

Aus Blättern und Seidenfäden, die die Larven herstellen, fertigen **Weberameisen** Nester für ihren Nachwuchs



über den Boden ausbreiten und von Artgenossen wahrgenommen werden;

- Duftstoffe. Über Drüsen scheiden sie chemische Stoffe aus, die unterschiedliche Bedeutungen haben.

Die Verständigung beginnt schon im Kleinen: Wenn sich zwei Ameisen begegnen, kommt es meist zu einem erstaunlichen Ritual – mal tippen sie sich mit den Fühlern an, mal streicheln sie ihre Körper. Ein hungriges Tier kann eine andere Nestbewohnerin beispielsweise um Futter

rufen so um Hilfe. Arbeiterinnen strömen dann herbei und graben sie frei.

Mehr noch: Wenn Kundschafter der Blattschneiderameisen auf einer Pflanze eine ergiebige Futterquelle gefunden haben, müssen sie möglichst schnell Arbeiterinnen rekrutieren, um das Grün vor der Konkurrenz zu sichern. Deshalb lassen die Scouts ihre Hinterleiber vibrieren. Die feinen Schwingungen breiten sich über die Blätter und Stängel der Pflanze aus und werden von anderen Ameisen erfasst. So alarmiert, finden sie die Futterquelle und beginnen mit der Sägearbeit.

scheidet sie geringe Mengen einer Spursubstanz aus. So hinterlässt sie einen unsichtbaren Duftpfad, der andere Kolonienmitglieder wie ein Leuchtfeuer zur Futterquelle führt.

Solche Duftstraßen legen die meisten Arten zu neu entdeckten Futterquellen an. Oft sind es winzige Mengen einer Spursubstanz, die Kolonienmitglieder den Weg weisen. Bei der Feuerameise *Solenopsis richteri* etwa ließe sich mit einem Gramm des entsprechenden Lockstoffes eine Fährte von einer Milliarde Kilometer Länge legen.

Erde: **Sie wiegen so viel wie die Menschheit**

bitten, indem es deren Kopf mit den Antennen betrommelt und gleichzeitig die Mundregion mit den Vorderbeinen berührt. Daraufhin würgt die Gefährtin flüssigen Nahrungsbrei hervor, den das bettelnde Tier aufschleckt.

Auch über größere Distanzen vermögen Ameisen Botschaften zu übermitteln. Etwa indem sie Teile ihres Körpers vibrieren lassen: Werden etwa Blattschneiderameisen in ihrem Bau verschüttet, versetzen sie ihren Leib in Schwingung und

Die bei Weitem wichtigste Rolle bei der Kommunikation spielen jedoch Gerüche. Eine Ameise besitzt bis zu 20 Drüsen, die eine Vielzahl von Duftstoffen herstellen, wie eine chemische Fabrik. Immer wenn eine Sammlerin auf dem Rückweg zur Kolonie den Boden berührt,

Dass gerade die Gerüche für die Organisation des Kollektivs maßgeblich sind, hat der US-Biologe Edward O. Wilson bereits in den 1960er Jahren nachgewiesen. Er extrahierte die Inhaltsstoffe unterschiedlicher Drüsen, fabrizierte dann künstliche Spuren und beobachtete, welchem Duft die Ameisen folgten und auf welchen sie nicht reagierten.

Dabei fand er Hinweise für ein erstaunliches Prinzip: Werden andere Tiere über eine solche Spur zu einer Futterquelle gelotst, geben sie ihrerseits Duft-



Nur gemeinsam kommen die Weberinnen zum Ziel: Mit Beinen und Kiefern ziehen die einen die Blätter zueinander, während andere die Kanten mit Seide vernähen





Jede Ameise erfüllt eine ganz bestimmte

stoffe ab und intensivieren den Geruch des Pfades. Kurz darauf macht sich dann eine ganze Kolonne von Arbeiterinnen auf den aromatisierten Weg.

Doch halten sich nicht alle Ameisen eines Volkes an die vorgegebene Route – manche krabbeln durch Zufall auf einem kürzeren Weg zur Futterquelle. Diese Tiere können schneller zwischen dem Nest und der Nahrung hin- und herlaufen und den Weg dadurch häufiger markieren. Angezogen von dem nun dort stärkeren Geruch, folgen bald fast alle anderen Ameisen dieser Route. Sobald aber die Nahrung vertilgt ist, setzen die Tiere keine Duftstoffe mehr frei und die Markierung der Futterstraße verflüchtigt sich.

Das System funktioniert so gut, dass Ameisen zu den effizientesten Räufern gehören. Und mehr als 90 Prozent aller verwendeten Schnecken, Spinnen und Insekten rund um ihre Bauten werden von

Ameisen abtransportiert, noch ehe irgend-ein anderer Fleischfresser die Chance hat, ihnen die Nahrung streitig zu machen.

Manche Wissenschaftler gehen angesichts solcher Phänomene deshalb sogar so weit, Ameisenvölkern eine „kollektive Intelligenz“ zuzusprechen. Zwar ist demnach die einzelne Ameise recht dumm, doch im Kollektiv stehen Tausende Miniaturgehirne durch ihre Duftkommunikation miteinander in Verbindung – im Zusammenschluss wachsen die Winzlinge über sich selbst hinaus und können komplexe Aufgaben meistern.

Auch am Eingang vieler Ameisenester ist der Geruch entscheidend: Ankommende Arbeiterinnen werden von anderen Kolonienmitgliedern beschnuppert, und nur Tiere, die den typischen Nestduft verströmen, dürfen passieren. Das spezifische Bukett, das jedes Kolonie-

mitglied umhüllt, verschafft ihm wie ein Passwort Zugang zur Gemeinschaft.

Ameisen mit fremdem Geruch werden dagegen sofort angegriffen und vertrieben – wie sämtliche Eindringlinge. Wenn sich ein Feind dem Nest nähert, sprühen ihm Waldameisen einen Schuss Säure entgegen. Der beißende Geruch der ätzenden Substanz alarmiert andere Arbeiterinnen und bringt sie dazu, in einer Kettenreaktion ebenfalls Gift zu verspritzen.

Das Abwehrsystem ist wirkungsvoll: Wenn etwa Soldatinnen auf einem Waldameisenhügel Gefahr orten, sprühen binnen weniger Sekunden Hunderte Tiere die Säure gezielt auf ihren Gegner. So

Nicht nur Nahrung schleppen die **Schwarzen Wegameisen** in ihren Bau, auch nach Wasser suchen sie



Unter **Honigameisen** gibt es Individuen, die ihrem Volk als Reservoir dienen: Sie speichern energie-reiche Säfte wie Honigtau in ihren Hinterleiben – bis andere ihn langsam absaugen

können die kleinen Krabbler selbst Bären in die Flucht schlagen.

Manche Ameisenvölker haben ihre Kommunikation derart perfektioniert, dass sie ihnen sogar hilft, Kriege zu führen. Sie verteidigen ständig ihre Territorialgrenzen und versuchen, ihre Nachbarkolonien zu berauben oder gleich ganz zu vernichten.

Die europäische Diebsameise etwa hat sich darauf spezialisiert, die Nester fremder Völker auszuplündern. Diebsameisen sind ausgezeichnete Bauarbeiter. Von ihrem eigenen Nest aus graben sie ein Tunnelsystem zu einer anderen Kolonie. Brechen die ersten Tiere zum gegnerischen Bau durch, hasten sie zu ihrem Nest zurück und holen mithilfe von Duftstoffen Verstärkung herbei. Dann ver-

sprühen die Eindringlinge ein giftiges Sekret, das ihre Opfer betäubt. Nun können sie den Bau nach Eiern, Larven und Puppen durchstöbern, die sie in ihr eigenes Nest tragen und vertilgen.

Bei solchen Kriegen kommt es häufig zu längeren Gefechten – so zwischen den giftigen Feuerameisen und ihren kleineren Verwandten, den Pheidole-Ameisen, die im Süden der USA siedeln. Die Völker der Feuerameisen sind 100-mal größer als die von Pheidole. Hält man Kolonien beider Spezies in der Enge eines Labors, hat Pheidole keine Chance: Die stärkeren Feuerameisen finden ihre kleineren Vettern rasch und töten sie.

Doch in der freien Natur haben Pheidole-Ameisen eine besondere Taktik, in Nachbarschaft zu dem Feind zu überleben. Sie verfügen über eine Armee: Zu ihnen gehören großköpfige Soldatinnen, die ihre scharfen Kiefer wie Drahtscheren einsetzen und damit feindlichen Insekten Kopf oder Beine abtrennen.

Solange keine Gefahr droht, warten diese Soldatinnen meist in Nestnähe, während die kleineren Arbeiterinnen auf Fut-

tersuche gehen. Begegnet eine Pheidole-Kundschafterin einer patrouillierenden Feuerameise, wagt sie einen Vorstoß, berührt den Feind und überträgt etwas vom gegnerischen Geruch auf ihren eigenen Körper. Dann rennt sie zum Nest zurück und zieht eine Alarmspur hinter sich her.

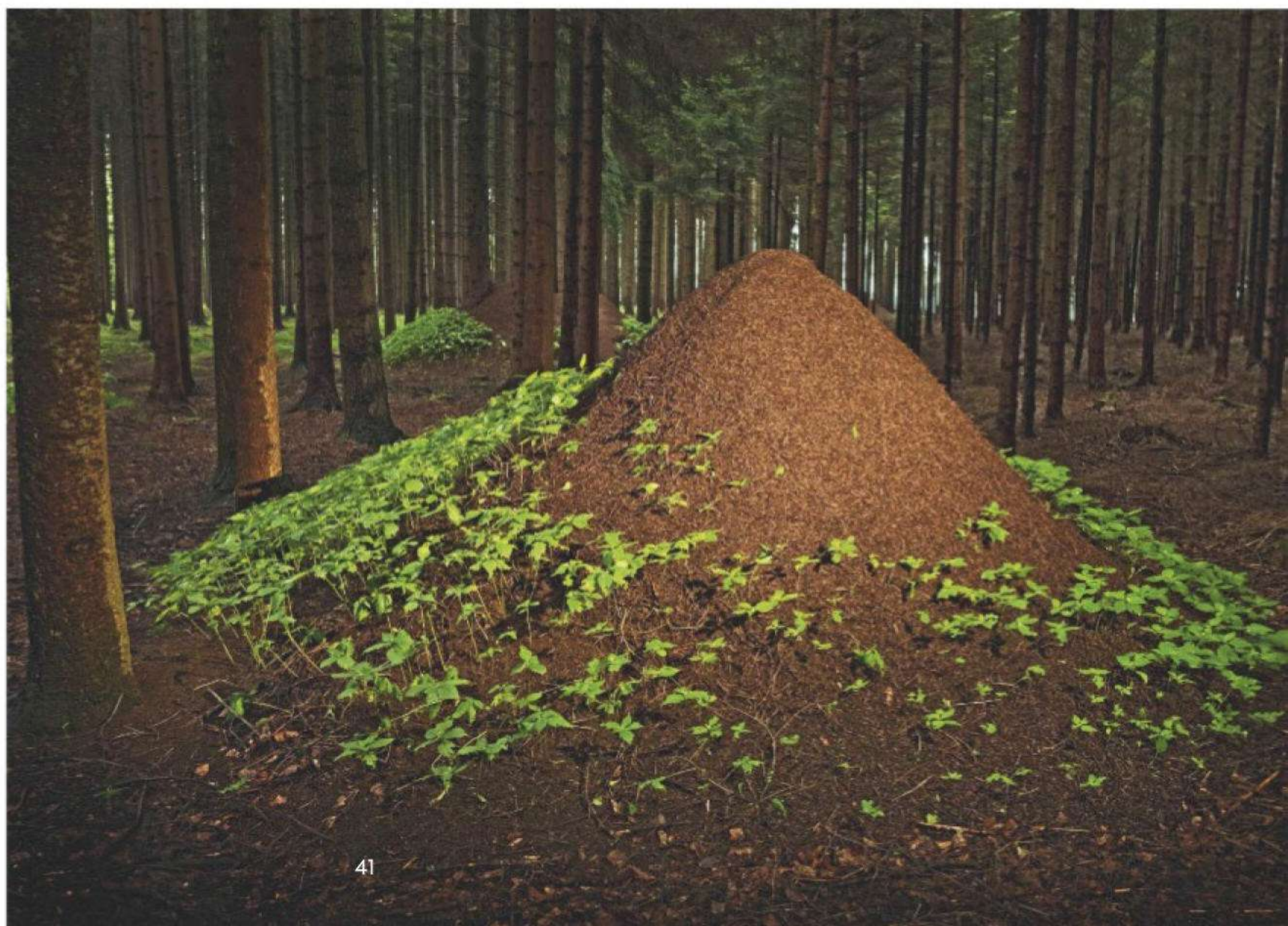
Der spezielle Mix aus Feind- und Alarमारoma lässt nun Gruppen von Soldatinnen ausschwärmen, die den Gegner suchen, um ihn in Stücke zu schneiden. Noch ein bis zwei Stunden später fahnden die Pheidole-Soldatinnen in der Umgebung des Nestes nach Eindringlingen.

Denn kehrt auch nur eine der feindlichen Späherinnen in die eigene Kolonie zurück, droht die Gefahr, dass die Feuerameisen einen Feldzug beginnen. In einem solchen Fall bleibt dann nur noch eines: Die zahlenmäßig unterlegenen Pheidole-Soldatinnen müssen versuchen, die anrückenden Feuerameisen möglichst lange aufzuhalten.

Währenddessen ziehen sich die kleinen Pheidole-Arbeiterinnen in das Nest zurück, laufen durch sämtliche Kammern und Gänge und versprühen Alarmduftstoffe.

Aufgabe, **gewissermaßen einen Beruf**

Waldameisen leben in Kolonien von oft mehreren Hunderttausend Tieren. Im weiten Umkreis prägen sie das Ökosystem



Zusammen sind sie stark

In einer Kolonie herrscht eine ausgeklügelte Arbeitsteilung. Mithilfe etwa von Duftstoffen gelingt es den Sechsheinern, komplexe Abläufe zu ordnen



Weltweit gibt es rund 12 000 Arten von Ameisen. Allen gemeinsam ist, dass nur die männlichen und weiblichen Geschlechtstiere Flügel tragen. Arbeiterinnen wie diese sind flügellos

Arbeitsteilung ist das Grundprinzip eines Ameisenstaats: Jüngere Arbeiterinnen verrichten alle Aufgaben, die im Nest anfallen. Hierzu gehört die Pflege der Brut – etwa die Versorgung und Säuberung der Larven. Die jungen Ameisen schaffen zudem Abfall aus dem Nest. Und sie kümmern sich um die fruchtbare Königin, die gefüttert werden muss, damit sie fortwährend neue Eier legt.

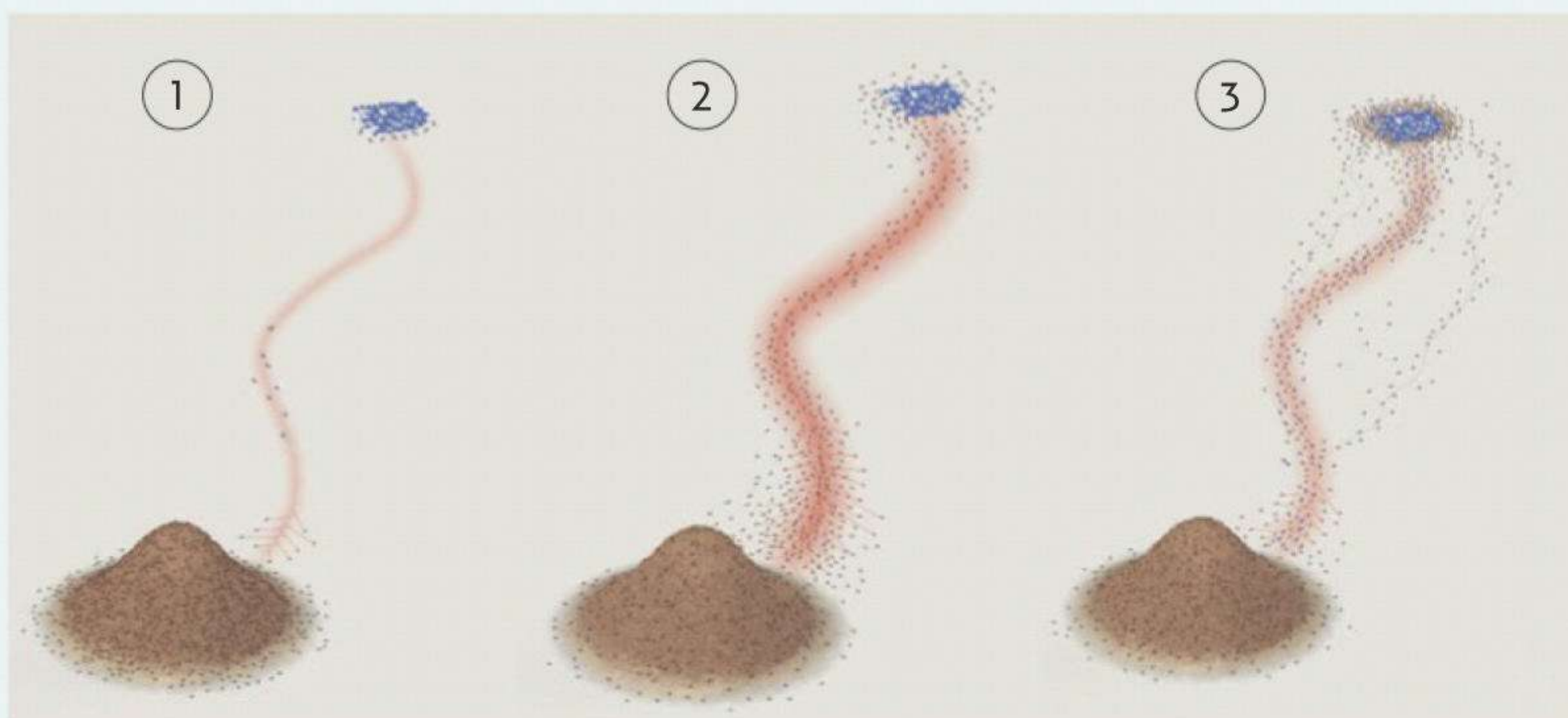
Älteren Arbeiterinnen dagegen fallen vielfältige Aufgaben außerhalb des Nests zu. Sie machen sich auf die Suche nach

Baumaterial wie Nadeln und Zweigen, sie verteidigen das Nest erbittert gegen Feinde und schaffen Nahrung herbei, etwa Beeren oder Insekten. Dabei gehen sie äußerst planmäßig vor.

Wenn eine Ameise im Wald eine lohnende Futterquelle gefunden hat (etwa Blaubeeren), kehrt sie zum Nest zurück und legt dabei eine spezielle Duftspur (in der Illustration rötlich dargestellt). Diesem unsichtbaren Pfad folgen andere Arbeiterinnen (1). Sie ziehen ihrerseits eine Duftspur hinter sich her, sodass sich

der Geruch auf dem Pfad allmählich verstärkt. So werden immer mehr Arbeiterinnen aus dem Nest zur Futterquelle gelockt (2).

Sobald genügend Ameisen damit beschäftigt sind, das Futter zu plündern und ins Nest zu schaffen, werden keine neuen Duftspuren mehr gelegt. Der unsichtbare Pfad verflüchtigt sich wieder. Ganz allmählich verliert sich die Ameisenstraße (3). Und die Arbeiterinnen schließen sich einer anderen Pionierin an, die irgendwo eine erste Spur gelegt hat.



Entdeckt eine Ameise in der Nähe des Hügelbaus Futter (1), beginnt sie eine Duftspur zu legen (rötlich). Sofort eilen Arbeiterinnen herbei, verstärken die Spur (2). Wenn das Futter abnimmt, löst sich die Ameisenstraße wieder auf (3).

Ortet eine **Waldameise** eine Gefahr, versprühen binnen Sekunden Hunderte Soldatinnen Säure aus ihren Hinterleiben – und schlagen Störenfriede in die Flucht

Immer panischer werden die Kolonienmitglieder, bis die zunehmende Erregung sich explosionsartig entlädt: Dann packen Hunderte Arbeiterinnen die Puppen, Larven und Eier, quellen aus dem Nest heraus und versuchen, sich durch die Reihen der Gegner zu schlagen. Auch die Königin läuft schließlich davon.

Die Pheidole-Soldatinnen hingegen kämpfen weiter, bis sie nach und nach von ihren Feinden zu Tode gestochen werden. Erst wenn die Feuerameisen das Schlachtfeld geräumt haben, weil alles ausgeräubert ist, kehren die Überlebenden Pheidole in den Bau zurück, um eine neue Generation von Kriegerinnen großzuziehen.

Die Bereitschaft, sich töten zu lassen, ist das größte Opfer, das ein Tier für das Gemeinwohl seiner Kolonie erbringen kann – und wichtig für die Überlebensstrategie eines Ameisenvolkes. Von den weltweit rund 12 000 Arten geben sich die meisten für das Kollektiv hin.

Denn: Für das Fortbestehen einer Kolonie ist das Schicksal einzelner Tiere kaum von Bedeutung. Das Wichtigste ist, dass die fruchtbaren Königinnen überleben und gedeihen können.

Die Völker tropischer Treiberameisen etwa bilden lebende Nester aus Abertausenden von Leibern. In ihnen beherbergen sie das Herzstück des Superorganismus: die Königin und ihre Brut. Um den Nachwuchs zu versorgen, wälzen sich diese Nomaden wie gigantische, mobile Teppiche durch den Regenwald und schicken ihre Armeen aus.

Sie sind so gut organisiert, dass sie beinahe jedes Hindernis überwinden. So bilden zahlreiche ineinander verhakte Arbeiterinnen Hängebrücken über kleinere Felsspalten oder formen bei Überschwemmungen Flöße aus Leibern, die auf der Wasseroberfläche treiben – dabei stürzen etliche zum Wohl der Gemeinschaft in den Tod, damit das Kollektiv fortbeste-



AUF EINEN BLICK

Superorganismus

Bis zu acht Millionen Tiere können bei manchen Arten einen Bau bevölkern. Gemeinsam bilden sie im Fachjargon einen »Superorganismus«.

Organisationskunst

Ameisen haben verblüffende Systeme entwickelt, um sich zu verständigen. Am wichtigsten sind dabei Gerüche, Vibrationen oder Berührungen.

Königinnenstaat

Die fruchtbaren Königinnen sind das Herz einer jeden Kolonie: Sie sorgen mit ihrer Brut für den Fortbestand der Gemeinschaft.

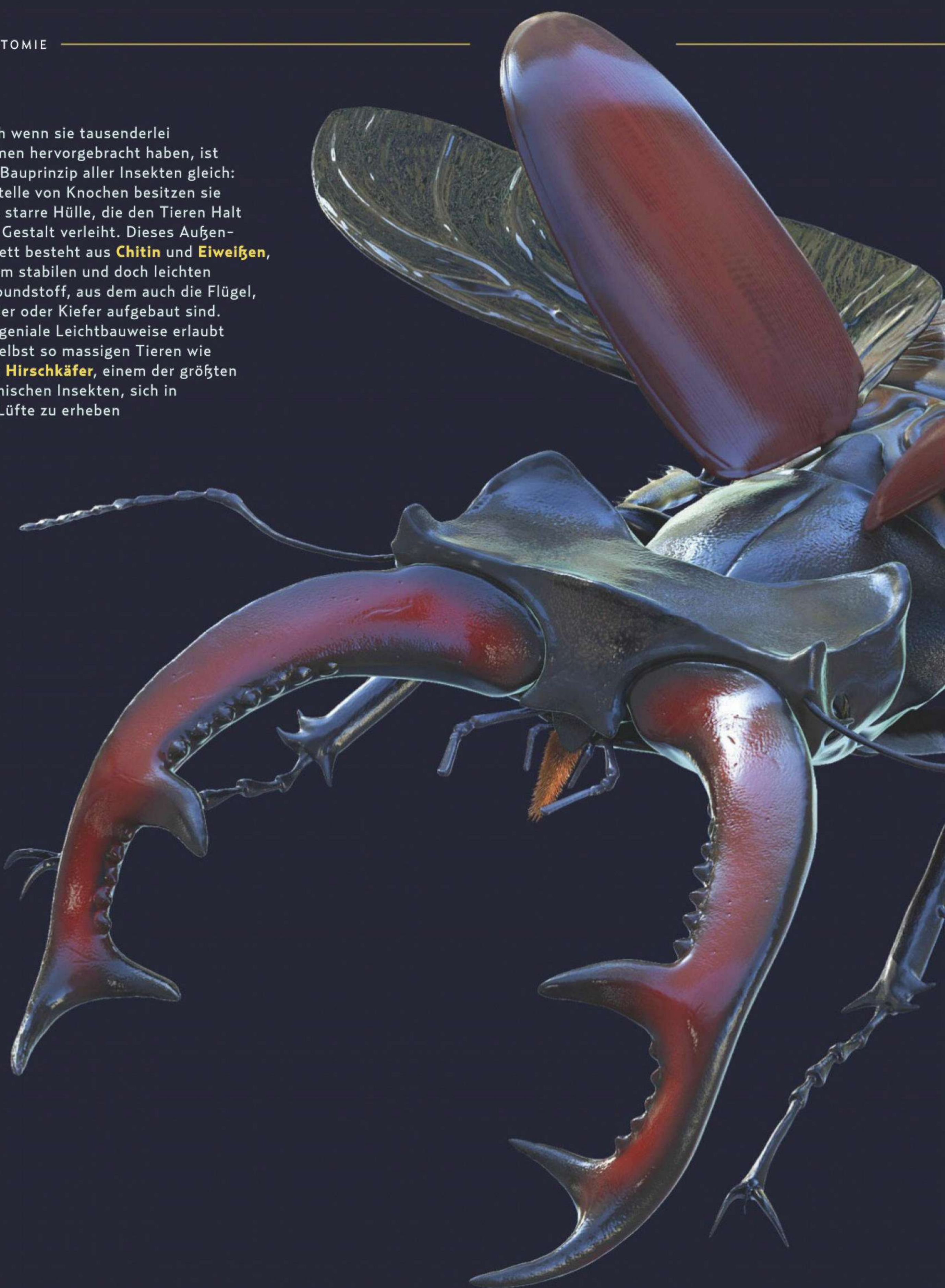
hen kann. Wie wenig das Individuum zählt, zeigt sich gerade dann, wenn eine Ameise in ihrem Bau stirbt. Denn davon nimmt die rastlose Gemeinschaft zunächst keine Notiz.


Doch Ameisen sind reinliche Tiere, die sich bemühen, ihre Bauten von Bakterien und Verwesungsgiften freizuhalten. Verfliegt nach ein paar Tagen der kolonietypische Duft um die Tote, schaffen Arbeiterinnen den Kadaver aus dem Nest. Und entsorgen ihn – ganz pragmatisch – auf dem hauseigenen Abfallhaufen.

Auch hier stimmt das Bild des Superorganismus. Stirbt eine Zelle in unserem Körper – etwa in der Haut oder im Darm, wird sie nicht mehr gebraucht und ausgeschieden. Neue Zellen wachsen nach und übernehmen die Rolle der Gestorbenen.

Und ebenso schlüpfen beständig aus den Eiern, die die Königinnen eines Ameisenvolkes legen, neue Larven. Aus ihnen wachsen schon bald frische Arbeiterinnen heran. Tiere, die sich ganz dem Dienst des Kollektivs verschreiben •

Auch wenn sie tausenderlei Formen hervorgebracht haben, ist das Bauprinzip aller Insekten gleich: Anstelle von Knochen besitzen sie eine starre Hülle, die den Tieren Halt und Gestalt verleiht. Dieses Außenskelett besteht aus **Chitin** und **Eiweißen**, einem stabilen und doch leichten Verbundstoff, aus dem auch die Flügel, Fühler oder Kiefer aufgebaut sind. Die geniale Leichtbauweise erlaubt es selbst so massigen Tieren wie dem **Hirschkäfer**, einem der größten heimischen Insekten, sich in die Lüfte zu erheben





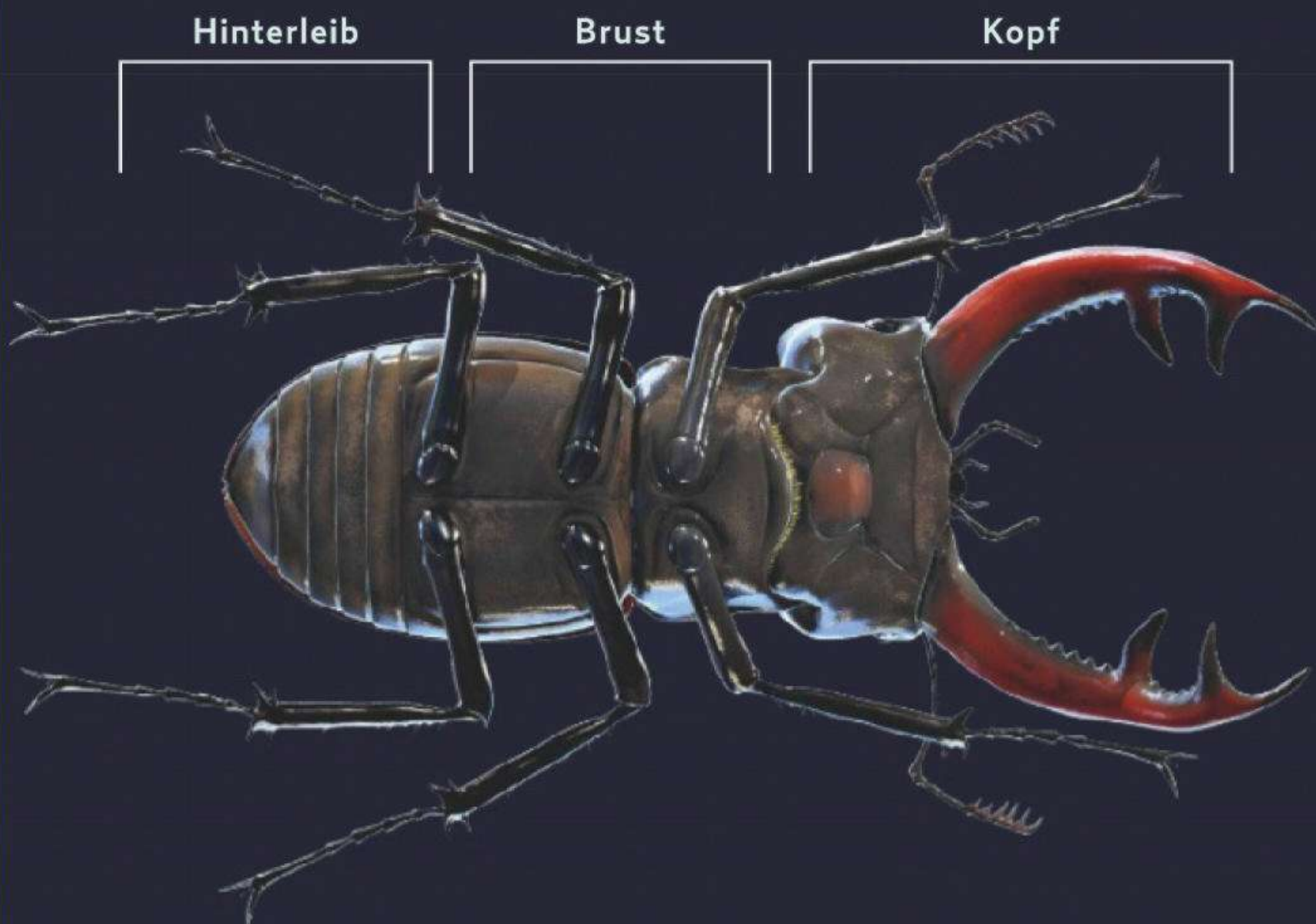
Illustrationen und Texte: Rainer Harf

Das **fliegende** **Erfolgsmodell**

Eine feste Hülle aus Chitin, ein dreigeteilter Körper, sechs Beine und meist zwei Paar Flügel: Das sind die typischen Merkmale der Insekten – und das anatomische Geheimnis für ihren überragenden Erfolg als vielfältigste Tiergruppe überhaupt



Bei Käfern geben vor allem die hinteren Flügel Auftrieb. Dank spezieller Gelenke lassen sich diese Schwingen, die beim Hirschkäfer eine Spannweite von bis zu zehn Zentimetern haben, so zusammenfalten, dass sie perfekt unter die gut **gepanzten Deckflügel** passen. Das verleiht Käfern die Fähigkeit, im Erdreich oder in morschem Holz zu wühlen, ohne dabei die zarten Hautflügel zu verletzen



Der Insektenleib ist dreigeteilt, wobei jeder Abschnitt eine Funktionseinheit bildet. Der Kopf dient der **Nahrungsaufnahme** und trägt Sinnesorgane wie Augen und Fühler. Die Brust, an der Beine und Flügel ansetzen, ist für die Fortbewegung verantwortlich. Im Hinterleib befinden sich Organe zur Fortpflanzung und Verdauung



An den **Antennen** der Insekten befinden sich oft hochempfindliche Riechensensoren, mit denen sie zum Beispiel den Duft potenzieller Partner erschnüffeln können

Eine Besonderheit der männlichen Hirschkäfer sind ihre geweihartig vergrößerten **Oberkiefer**. Damit liefern sich Rivalen erbitterte Kämpfe um die Weibchen

Aus zahlreichen kleinen Einzelaugen zusammengesetzt sind die **Facettenaugen** der Insekten, die ihnen ein farbiges Bild der Umwelt vermitteln

Insekten haben kompliziert aufgebaute **Mundwerkzeuge**. Der Hirschkäfer zum Beispiel besitzt kleine Taster sowie eine behaarte Zunge, mit der er süße Pflanzensäfte aufschleckt

Die g e n i a W i e d e r g e



FRESSEN UND WACHSEN

Im Larvenstadium sind Schmetterlinge wie dieser asiatische Schwalbenschwanz für die Nahrungsaufnahme optimiert. Haben sie genug an Gewicht zugelegt, beginnt die Verpuppung

Z

um immensen Erfolg der Insekten hat eine besondere Strategie beigetragen, die einem Wunder gleichkommt. Es ist eine Verwandlung, die das Leben der kleinen Tiere in zwei Hälften teilt: die Metamorphose. Die meisten Insekten schlüpfen als Larven aus dem Ei und verändern danach radikal ihren Körper, bis sie ein erwachsenes Tier geworden sind. Bei der großen Mehrheit verpuppen sich die Larven und bauen ihren Körper komplett um: Käfer, Fliegen, Ameisen und Schmetterlinge kommen geradezu ein zweites Mal auf die Welt.*

Die Taktik „ein Lebewesen, zwei Körper“ verschafft Insekten einen gigantischen Vorteil. Denn Larven und erwachsene Insekten können vollkommen unterschiedliche Lebensräume besiedeln – und müssen nicht um Nahrung konkurrieren. Bei manchen Spezies, etwa bei Schmetterlingen, unterscheiden sich Larve und erwachsenes Tier so radikal, dass man – ökologisch gesehen – sogar von zwei Arten sprechen könnte. Zwei Arten, die jeweils ganz eigene Nischen ihrer Umwelt besetzen.

* Manche – etwa Libellen oder Heuschrecken – machen eine allmähliche Verwandlung durch. Sie wachsen über eine Reihe von Häutungen zur vollen Größe heran.

Le burt



Text: Jörn Auf dem Kampe

Ein **Verwandlungstrick**
verschafft den meisten Insekten
immense Vorteile gegenüber
vielen anderen Lebewesen: Als **Larve**
sind sie reine Fressmaschinen,
als **ausgereifte Tiere** aufs Fort-
pflanzen spezialisiert

VERPUPPEN UND ENTFALTEN

Eine Woche bis mehrere Jahre dauert bei manchen Spezies das Puppenstadium. Platzt die Hülle auf, kommt ein Schmetterling mit knittrig feuchten Flügeln zum Vorschein

Dazu haben die Insekten unterschiedliche Strategien entwickelt. So fressen sich die Larven des Hirschkäfers durch vermoderndes Eichenholz – das fertige Insekt aber saugt Säfte aus Wunden der Bäume. Die Larve mancher Ameisenjungfern lauert in einer trichterförmigen Fanggrube Ameisen auf – die Fluginsekten, die nach der Verpuppung schlüpfen, machen dagegen Jagd auf kleinere Krabbler.

Die Rattenschwanzlarven der Schwebfliege *Eristalis tenax* sind auf Abwasserkanäle oder Jauchegruben spezialisiert – die erwachsene „Mistbiene“ versorgt sich mit Nektar und Pollen. Und die Alkalifliege *Ephydrhians* hat sich mit einem noch extremeren Biotop arrangiert: Sie legt ihre Eier in Sodaseen im Nordwesten der USA ab, in deren salziger Lauge kaum ein anderes Tier überdauert. Unter Wasser entwickeln sich daraus die Larven, die sich nach mehreren Wochen verpuppen und schließlich in luftgefüllten Säcken an die Oberfläche steigen, um fortan als Fliegen am Seeufer zu leben.

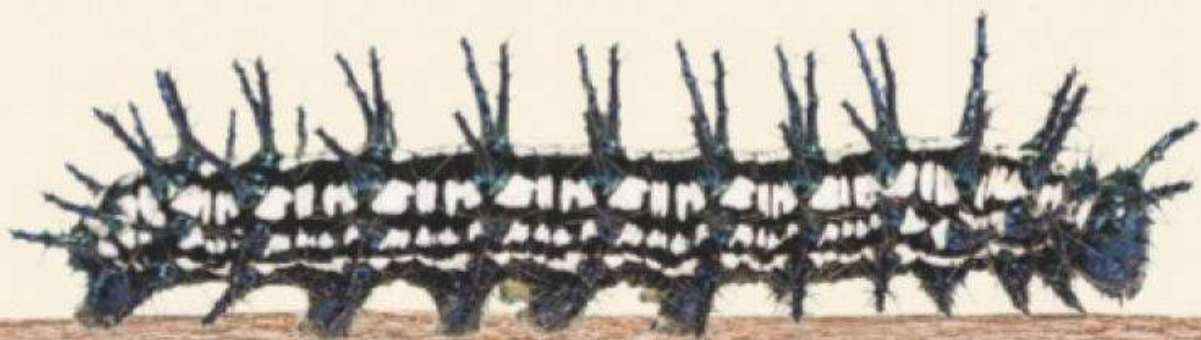
Bis es aber so weit ist, müssen all jene Insekten, die eine vollständige Umwandlung ihres Körpers vornehmen, einen komplexen Prozess überstehen. Bei Schmetterlingen etwa verwandelt sich die Larve (die Raupe) innerhalb weniger Monate in ein Fluginsekt. Die Raupen, die sich aus den Eiern der vorigen Schmetterlingsgeneration entwickelt haben, sind als Fressmaschinen konstruiert: Das Verdauungssystem macht bei vielen rund

die Hälfte der Masse aus. Geschlechtsorgane fehlen, die Sinnesorgane sind einfach gebaut. Die Larven haben nur eine Aufgabe: zu fressen.

Eine Schwalbenschwanz-Raupe etwa nimmt in den ersten vier bis fünf Wochen um das 1000-Fache an Gewicht zu. Im schlauchförmigen Körper tragen die Larven schon Anlagen für das erwachsene Tier: zum Beispiel die Urkeimzellen, aus denen sich später Eier und Spermien bilden.

In dem Raupenkörper sind bereits die Segmente des späteren Schmetterlings in der typischen Dreiteilung angelegt. Aus dem Kopf der Larve entwickelt sich der Kopf mit Mundwerkzeugen und Antennen, aus der Brust die mittlere Körperregion, die für die Fortbewegung zuständig ist, aus dem hinteren Teil der Larven der Hinterleib des Schmetterlings, der die wichtigsten inneren Organe umschließt.

Der fertige Falter ist dann für ein ganz anderes Leben ausgestattet. Die vier Flügel mit ihren dachziegelartig übereinander liegenden Schuppen erlauben vielen Arten einen taumelnden, spielerisch erscheinenden Flug. Die Antennen am Kopf, die aus bis zu 100 Gliedern bestehen, erfassen in der Luft Duftmoleküle eines Partners. Mit dem zum Teil mehrere Zentimeter langen Rüssel saugen Schmetterlinge Nektar aus Blüten, manche zapfen sogar Schweiß oder Blut bei Säugetieren ab. Die wichtigsten Körperteile sind jedoch die Geschlechtsorgane im



BEWEHRTE RAUPE

Als Larve sind Falter kaum in der Lage zu flüchten. Daher setzen nicht wenige von ihnen auf Verteidigung – wie die Raupe des Herbstblatt-Schmetterlings, die ihren Körper mit zahlreichen stachelartigen Fortsätzen schützt



Sein Dasein
als **erwachsenes**
Tier dauert meist
nur ein paar **Wochen**.
Die widmet der
Schmetterling der
Partnersuche

Hinterleib – denn die Fortpflanzung ist der Hauptzweck ihres Daseins.

Wann und wie die Umwandlung von der Raupe zum Schmetterling abläuft, steuern Hormone, Botenstoffe des Körpers. Sie werden über Drüsen im Gehirn und Körper der Larve ausgeschüttet und lösen zum Beispiel zunächst die Häutung der Larve aus. Dafür aktivieren die Hormone Gene, die dafür sorgen, dass neue Zellen heranwachsen. Sie bilden eine faltige neue Haut, die unter der alten entsteht. Die platzt schließlich auf und wird von der rasch wachsenden Larve abgestreift.

Damit die Larven nicht zu früh Organe des erwachsenen Insekts ausbilden, etwa die Flügel, verhindern andere Hormone, dass sie vorzeitig reifen. In Experimenten, bei denen die Drüsen für die Hormonproduktion entfernt wurden, bildeten sich bei den Häutungen schon Körperteile des erwachsenen Insekts – die Larven verwendeten. Je weiter die Larve wächst, desto weniger der hemmenden Hormone werden ausgeschüttet.

Schließlich beginnt die Raupe mit der Verpuppung. Dafür baut sie, je nach Art, eine schützende Hülle oder eine einfache Aufhängevorrichtung: Eine Spinndrüse an ihrem Kopf sondert ein Sekret ab, das an der Luft zu einem Seidenfaden aushärtet. Damit umwickelt und verankert sich die Raupe – etwa an einem Pflanzenstängel –, oder sie beginnt, sich vollständig in einen Puppenkokon ein-

FILIGRANE FLÜGEL

Seine schillernden Schwingen entfaltet das zum Schmetterling verwandelte Tier, indem es nach dem Schlüpfen kurzzeitig Hämolymphe – das Blut der Insekten – in die Adern der Flügel pumpt



ÜBERWINTERN IM KOKON

In der Puppe zersetzen sich die Organe der Raupe, neue wachsen heran. Der Europäische Schwalbenschwanz verbringt diese Phase teils winters, um dann im Frühjahr als Falter zu schlüpfen



zuspinnen. Während der „Puppenruhe“, die eine Woche bis mehrere Jahre dauert, bewegt sich das Tier nicht und nimmt auch keine Nahrung auf.

Nun setzt ein kompliziertes Wechselspiel von Genen, Hormonen und anderen Stoffen ein, das Forscher noch nicht in jeder Einzelheit verstehen. Das innere Gewebe der Raupe löst sich dabei größtenteils auf. Die Larve zerstört sich gewissermaßen selbst.

Die meisten Stoffe aber verwendet das Tier wieder, die Energie für sämtliche Umbauprozesse stammt aus seinen Fettdepots.

So teilen sich bestimmte von der Zerstörung verschonte Zellen und wachsen zu neuen Organen und Extremitäten sowie Geschlechtszellen heran.

Für einen Flügel etwa bilden Zellen der Haut zunächst zwei Schichten, welche sich eng aneinanderlegen. Nur an einigen Stellen bleiben Hohlräume frei, die mit Körperflüssigkeit gefüllt werden. Von der Flügelbasis her wachsen dann Nerven und Atmungsgefäße (Tracheen) in diese Adern ein. Am Ende der Entwicklung scheiden die Hautzellen in den aufeinanderliegenden Schichten Substanzen wie Chitin und verschiedene Eiweiße aus. Dadurch bildet sich eine dünne, aber robuste Membran. Die Zellen selbst sterben schließlich ab.

Die heranreifenden Flügel werden schon bei der Entstehung in der Puppe auf komplexe Weise gefaltet, sodass sie möglichst wenig Platz einnehmen. Schon ein einzelnes defektes Gen, das etwa die Pläne für den genauen Bauort einer Extremität enthält, kann bei der Entwicklung fatale Wirkung haben: Fruchtfliegen etwa wuchsen bei Versuchen doppelte Flügel oder Beine anstelle der Antennen.

Wenn alles nach Plan verläuft, platzt die Puppe auf, und ein Schmetterling mit knittrig-feuchten Flügeln kommt zum Vorschein. Der erwachsene Falter scheidet kurz danach die wenigen nicht benötigten Sub-

stanzen mit ein paar Tropfen Flüssigkeit aus, dem „Puppenharn“.

Um die Flügel entfalten zu können, pumpt er Hämolymphe, das Blut der Insekten, in die Flügeladern; nach etwa 20 bis 30 Minuten sind die Röhren ausgehärtet, und der Schmetterling ist bereit für den ersten Flug. Sein Dasein als erwachsenes Tier dauert meist

nur ein paar Wochen, und die widmet er vor allem der Partnersuche. Mit der Paarung und Eiablage schließt sich der Zyklus.

In Mitteleuropa überwintern die meisten Schmetterlinge – je nach Art im Ei-, Raupen- oder Puppenstadium – an geschützten Orten, im Unterholz, unter Laub oder in Bäumen. So können sie in der nächsten Saison ihre erfolgreiche Strategie fortsetzen.

Zu dieser Zeit schlüpfen auch die Larven einer ganz besonderen Gruppe von Insekten: Diese Spezies verändern nach dem Schlüpfen gleich viermal ihre Gestalt.

Die gut zwei Millimeter große, mit Klauen bewehrte Larve des Ölkäfers beispielsweise klettert im Frühjahr auf Blüten, klammert sich dort an eine Wildbiene und lässt sich in deren Nest befördern, wo sie das Ei der Biene vertilgt. Danach häutet sie sich zu einer augenlosen Larve und verzehrt Nektar und Pollen, welche die Biene heranschafft. Nachdem der ungebetene Gast das Nest verlassen hat, gräbt er sich in der Nähe in den Erdboden und häutet sich dort nach einem Ruhestadium zu einer neuen madenartigen Larve, die gar nicht mehr frisst. Die verpuppt sich schließlich und baut ihren Körper komplett um. Und zwar zu einem glänzenden Käfer, der Pflanzen vertilgt und sich damit den vierten Lebensraum erschließt.

Doch diese Taktik kann gründlich scheitern: Denn die nicht allzu wählerischen Larven besteigen häufig den falschen Transporteur: statt der Wildbiene etwa Käfer oder Fliegen.

Dann ist schon nach dem ersten Leben alles vorbei.

AUF EINEN BLICK

Überlegene Strategie

Die Unterschiede im Körperbau von Larve und fertigem Insekt ermöglichen es einer Art, völlig unterschiedliche Lebensräume zu besiedeln.

Rasches Wachstum

Weil ihr Verdauungssystem einen großen Teil der Körpermasse ausmacht, nehmen Larven immens schnell an Gewicht zu.

Zielstrebiges Sex

Geschlechtsreife, fertige Insekten wachsen und häuten sich nicht mehr. Ihre Aufgabe besteht in erster Linie darin, sich zu vermehren.

Schluss. Aus. **Meine Zeit.**

GEO WISSEN

Den Menschen verstehen

Gelassenheit

Strategien für
ein Leben
mit **weniger
Stress**

**10
Wege**
zur inneren
Balance

Jetzt
im Handel.



Auch mit
DVD erhältlich

MEDITATION

Die heilsame Kraft der
tiefen Versenkung

SMARTPHONE

So gelingt die
digitale Diät

PERFEKTIONISMUS

Wie wir uns von
Erwartungen befreien

PHILOSOPHIE

Die Grundlagen der
Lebenskunst

Auch online erhältlich: shop.geo-wissen.de

Damit die Leiber stellungsgerecht in Position bleiben, findet der Sex bei Insekten oft mit vollem Körpereinsatz – und im Klammergriff – statt. Dieses Rüsselkäfer-Männchen etwa fixiert seine schillernde Partnerin während der Kopulation mit den Vorderbeinen

der akt

Im Grunde läuft ihr gesamtes Dasein auf diesen einen, entscheidenden Moment hinaus: Sex. Doch bevor **Sechsbeiner zum Zug kommen**, müssen sie meist lästige Nebenbuhler loswerden – und dafür zuweilen gar ihr Leben riskieren

Text: Patrick Blume





Um seine Partnerin gütlich zu stimmen, hat dieses Tanzfliegen-Männchen ein Balzgeschenk überbracht: Die willkommene Mahlzeit kann sie während des hängenden Akts problemlos aussaugen



Mit vollem Körpereinsatz spielt ein verliebter Musiker für seine Angebetete. Musik, das weiß er, ist der Schlüssel zu ihrem Herzen. Nur: Weil ihm ein Bein fehlt, ist seine Darbietung nicht perfekt. Sie ignoriert den Krüppel. Auch ihre Hoffnung, einen noch besseren Musiker zu finden, erfüllt sich nicht. In Torschlusspanik lässt sie sich mit einem völlig unmusikalischen Mann ein – und bald ist Nachwuchs unterwegs.

Es klingt nach dem Plot einer Seifenoper, ist aber Verhalten, das Forscher bei Feldheuschrecken beobachtet haben: Männchen, die abwechselnd mit zwei Beinen ein durchgängiges Zirp-Geräusch erzeugen, werden von den Weibchen bevorzugt. Doch je näher die Eiablage rückt, desto weniger wählerisch sind die Weibchen – und paaren sich am Ende auch mit vollkommen stummen Männchen, bevor sie sich gar nicht fortpflanzen.

Das Sexleben der Insekten ist ein oft brutaler Konkurrenzkampf. Mit allen Mitteln versuchen die Männchen das eigene Genmaterial weiterzugeben. Sie liefern sich Kämpfe mit Konkurrenten, versuchen sich mit Tricks Vorteile zu verschaffen und buhlen mit aufwendigem Balzverhalten oder Geschenken um die Gunst der Weibchen. Die Insektendamen wiederum spielen ihre Verehrer mit cleveren Strategien gegeneinander aus. Sie wissen genau, was ihnen und ihren Nachkommen nützt – und wie sie es bekommen.

Der Aufwand lohnt sich: Sex ist ein Erfolgsmodell. Die Mehrheit aller Tier- und Pflanzenarten bildet zwei Geschlechter, die sich sexuell fortpflanzen. Da sind Insekten keine Ausnahme. So wird das Erbgut einer Art ständig durchmischt und immer wieder neu kombiniert, es entsteht Vielfalt. Und somit erhöht sich die Chance, dass zumindest ein Teil der Population überlebt, wenn sich die Umwelt ändert.

Dabei sind im Lauf der Evolution tausendfache Umweltsituationen und Sexpraktiken entstanden, beinahe so vielfältig wie die Insektenarten selbst. Manche Spezies haben sogar nach menschlichen Maßstäben moderne Geschlechterrollen entwickelt.

Dating

Verführerische Signale

Bei den wohl meisten Insektenarten machen sich die Männchen auf die Suche, während die Weibchen mehr oder weniger deutlich auf sich aufmerksam machen.



Manche Arten treffen sich zufällig, andere an ganz bestimmten Orten. Um einander zu finden, nutzen paarungswillige Insekten je nach Art Lockrufe, Duftstoffe oder optische Signale.

So haben etwa die Männchen vieler Schmetterlingsarten große federförmige Fühler, mit denen sie den Duft eines mehrere Kilometer entfernten Weibchens wahrnehmen können. Eremit-Männchen, schwere träge Käfer, die selten den Baum verlassen, in dem sie aus dem Ei geschlüpft sind, versuchen Weibchen mit einem intensiven Pfirsichduft anzulocken.

Leuchtkäfer wiederum senden sich gegenseitig Lichtsignale. Heuschrecken- und Zikaden-Männchen machen mit lautem Zirpen auf sich aufmerksam. Und bei vielen Libellenarten bewachen die Männchen Orte, die sich besonders gut zur Eiablage eignen, und warten dort auf Weibchen. Diese Plätze gegen andere Männchen zu verteidigen ist so anstrengend, dass meist mehrmals am Tag die Herrschaft über einen begehrten Ort wechselt.

Flirten

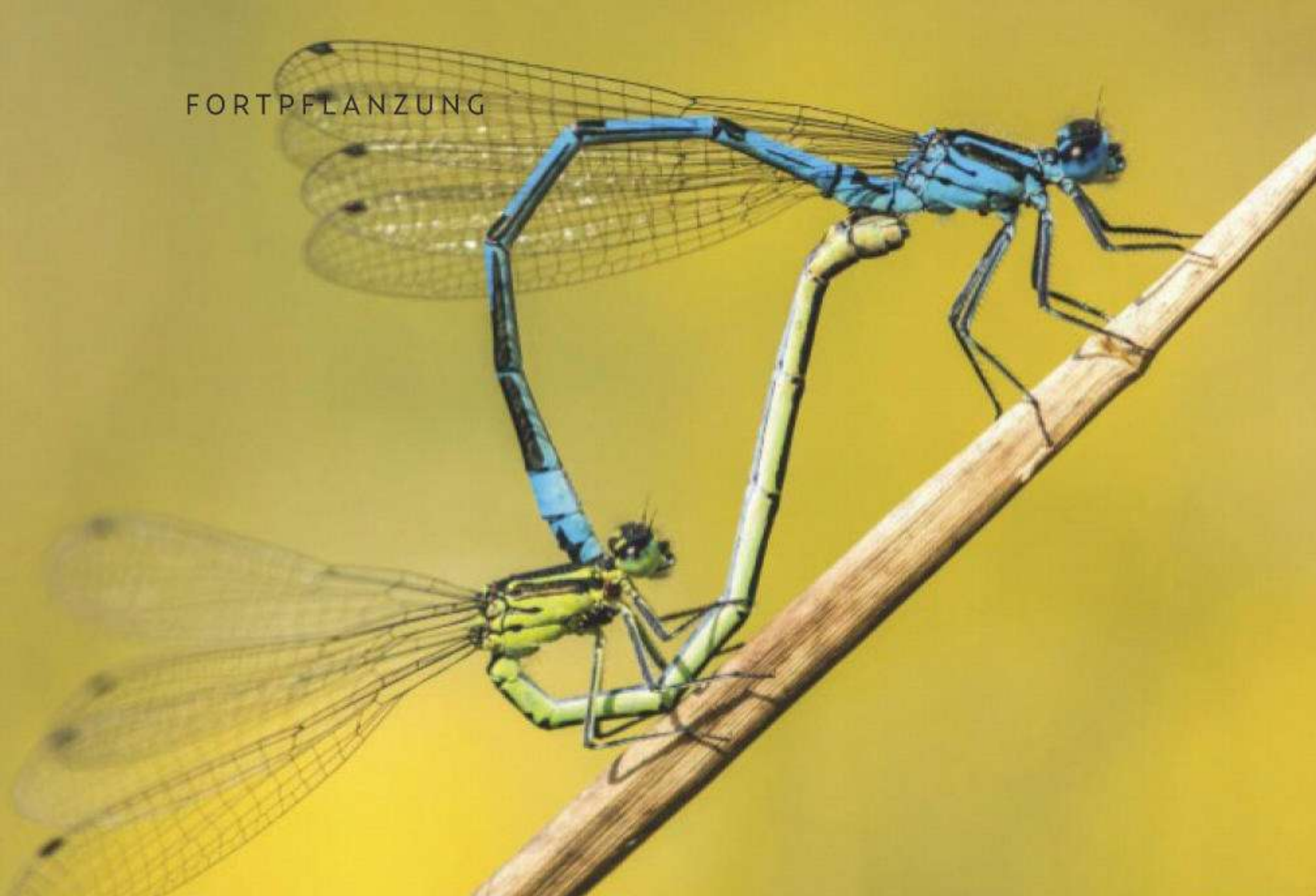
Harte Verhandlungen

Haben sich zwei gefunden, geht es um die Frage: Ist der oder die andere gut genug? Meist sind es die Männchen, die sich beweisen müssen. Etwa, indem sie dem Weibchen ein Geschenk in Form von Nahrung machen.

Manche Männchen bieten sich selbst als Fressgeschenk an

Männchen der zu den Mückenhaften zählenden Schnabelfliegen müssen ihrer Auserwählten Beute mitbringen, die dann während des Akts verzehrt wird. Im Schnitt zieht sich das Liebespiel 30 Minuten hin – vorausgesetzt, die mitgebrachte Nahrung reicht so lange. Wenn nicht, bricht das Weibchen den Sex frühzeitig ab. Je kürzer die Kopulation dauert, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Samen des Männchens die Eizellen erreicht.

Auch bei vielen anderen Arten läuft nichts ohne Geschenke: Männchen der Gemeinen Skorpionsfliege setzen auf Selbstgemachtes und versuchen ihre Auserwählten mit nahrhaften Speicheltröpfchen zu betören.



Libellensex gleicht einem Verrenkungsakt: Während das Weibchen seinen Leib zur Begattung nach vorn biegt, packt das Männchen seine Partnerin hinter dem Kopf

Und die Männchen einiger Grillenarten müssen zur erfolgreichen Fortpflanzung stets zwei Spermaladungen produzieren. Die erste wird vom Weibchen vollständig verzehrt, erst die zweite dient der Befruchtung. Manche Männchen bieten gar sich selbst als Fressgeschenk an: Bei einigen Heuschrecken nagen die Weibchen während des Aktes die überaus nahrhaften Hinterflügel ihrer Liebhaber ab.

Die Opfergaben dienen indes nicht nur der Verführung, sie bieten zumindest manchmal auch einen handfesten Überlebensvorteil für den Nachwuchs. Bei manchen Spezies haben Forscher einen direkten Zusammenhang festgestellt: Je großzügiger die Balzgeschenke, je besser genährt also die Weibchen, desto mehr gesunder Nachwuchs kommt auf die Welt. Und das ist schließlich auch im Interesse der Väter.

Sex

Ein Akt mit Haken und Ösen

So vielfältig wie das Vorspiel ist auch der Sex selbst. Die Kopulationsapparate unterscheiden sich meist von Art zu Art und folgen dem Schlüssel-Schloss-Prinzip. So können sich oft nur Tiere der gleichen Art paaren. Nahezu jede Spezies hat ein eigenes Liebesspiel entwickelt.

Dementsprechend bunt ist auch die Stellungsvielfalt in der Insektenwelt. Was vorstellbar und mechanisch möglich ist, wird höchstwahrscheinlich auch gemacht.

Die Sechsheiner paaren sich nebeneinander oder Hinterleib an Hinterleib stehend, sie besteigen sich von hinten, von vorn oder kopulieren einander zugewandt. Bei der einen Art ist er oben, bei der anderen sie. Manche baumeln dabei an Zweigen, andere treiben während des Akts auf der Wasseroberfläche. Die Männchen einer Schwalbenschwanzart haben sogar zusätzliche Augen



am Penis. So finden die Schmetterlinge sicher die richtige Position.

Vergleichsweise anonym und unverbindlich geht es bei den Springschwänzen zu, Sechsheinern, die im Waldboden leben. Die Männchen setzen kleine Spermatröpfchen auf Stielen auf dem Boden ab und überlassen alles Weitere dem Zufall. Die Weibchen finden das Sperma am Stiel offenbar mithilfe ihres Geruchsinns. Den Vater ihrer Kinder lernen sie wohl nie persönlich kennen.

Andere steigen zum Zwecke der Fortpflanzung in die Luft auf: Holzbienen und Libellen paaren sich im Flug. Um bei dem heißen Ritt nicht den Halt zu verlieren, umklammern Holzbienenmännchen die Weibchen von hinten. Dabei haken sich feine Haarschlaufen an seinen Hinterbeinen in Borsten am Rücken der Partnerin fest, eine Art Nano-Klettverschluss. Für zusätzlichen Halt sorgen feinste Hafthärchen am mittleren Beinpaar, mit denen der Kopf des Weibchens gehalten wird.

Noch kühner wirkt die Luftnummer von Libellen. Mit einer speziellen Zange am Körperende greift das Männchen das Weibchen hinter dem Kopf. Im Tandemflug biegt das Weibchen dann seinen Hinterleib nach vorn zum Kopulationsapparat des Männchens. So verschlungen, sieht ein Libellenpaar fast wie ein fliegendes Herz aus.

Der Morgen danach

Böses Erwachen

Insektenmännchen, die sich erfolgreich gepaart haben, können allerdings noch lange nicht sicher sein, auch der Vater der Nachkommen zu werden. Oft paaren sich die Weibchen mit mehreren Männchen. Das Sperma lagern sie in speziellen Taschen, bis sie es zur Befruchtung zu den Eiern weiterleiten. Mal hat der erste Freier die besseren Chancen, meist der letzte.

Und bei manchen Arten können die Weibchen aktiv entscheiden, wessen Spermien tatsächlich zu den Eiern gelangen. Ein Experiment mit Mehlkäfern hat etwa gezeigt, dass sich die Weibchen bereitwillig sowohl mit gesunden als auch mit geschwächten Männchen paaren. An den Nachwuchs geben sie dann allerdings bevorzugt das Genmaterial der gesunden Freier weiter.

Um den eigenen Genen trotz allem einen Vorsprung zu verschaffen, haben viele Insektenmännchen wiederum eine Reihe von Tricks entwickelt. Oft haben sie Kratzer, Kellen oder Löffel an ihren Geschlechtsorganen, um das Sperma von Vorgängern zu entfernen, bevor sie ihr

Das Genital der Honigbiene trennt sich teils explosionsartig vom Körper

eigenes hinterlassen. Oder aber sie verstopfen die Geschlechtsöffnung des Weibchens, um Nebenbuhlern das Leben zumindest ein bisschen zu erschweren. Zwar sind andere Männchen mit ihren Werkzeugen durchaus in der Lage, den Pfropfen wieder zu entfernen – es dauert aber etwas.

Manche Männchen setzen dennoch alles auf eine Karte und hinterlassen sogar ihre Begattungsorgane im Weibchen. Die Drohnen der Honigbiene etwa, deren Genital sich bei der Kopulation teils explosionsartig vom Körper trennt. Eine Verletzung, die die männlichen Tiere in der Regel nicht überleben. Bei Bettwanzen sind hingegen die Weibchen die Leidtragenden des männlichen Gen-Egoismus. Das Männchen sticht sein spitzes Geschlechtsorgan einfach irgendwo in den Bauch des Weibchens, ejakuliert und zieht weiter. Häufig wird das Weibchen dabei so stark verletzt, dass es sich nicht noch einmal paaren kann.

Andere Arten setzen auf Bewachung und Kontrolle. Die Männchen der Wasserjungfer, einer Libellenart, bleiben nach der Paarung beim Weibchen, bis es die Eier abgelegt hat. Und mitunter ziehen Männchen den Akt selbst derart in die Länge, dass das Weibchen schlicht keine Zeit hat, sich mit anderen einzulassen. Rekordhalter sind indische Stabschrecken, die bis zu 79 Tage lang kopulieren.

Ebenfalls rekordverdächtig ist der Kontrollwahn von Totengräber-Männchen, einem von Aas lebenden Käfer. Um sicherzugehen, dass ein Großteil des Nachwuchses seine Nachkommen sind, kopuliert das Männchen bis zu 100-mal in 48 Stunden mit demselben Weibchen.



Ihre kleine Statur machen Heuschrecken-Männchen durch besondere Knarr- und Klicklaute wett. Zum Sex klettern sie einfach auf den Rücken des Weibchens



Massengeschmack: Feuerwanzen-Weibchen präferieren Sex mit mehreren Männchen. Die sind jedoch auf Exklusivität aus und ziehen den Akt entsprechend in die Länge – zuweilen über Tage

Paarbeziehungen

Von archaisch bis modern

Im Insektenreich finden sich viele Geschichten von kämpfenden Männchen, die sich mit möglichst vielen Partnerinnen paaren wollen, und von wählerischen Weibchen. Diese Rollenverteilung ist oft sinnvoll, da das Weibchen in der Regel viel mehr Energie in den Nachwuchs investiert. Eizellen sind aufwendiger zu produzieren als Sperma. Und: Sind die Eier einmal befruchtet, hat das Weibchen, anders als die meisten Männchen, keine zweite Chance mehr.

Insekten zeigen aber auch, dass dies keineswegs die einzig mögliche Rollenverteilung ist. So sind die Männchen jener Arten, die besonders aufwendige Paarungsgeschenke machen, ziemlich wählerisch.

Sie bevorzugen wenige, möglichst wohlgenährte Weibchen, die hoffentlich keinen allzu großen Appetit mehr haben. Die Weibchen paaren sich hingegen bereitwillig mit jedem neuen Männchen, das ihnen Nahrung bringt.

Und bei Wasserwanzen gibt es sogar Elternzeit für Väter: Allein die Männchen kümmern sich um den Nachwuchs. Die Weibchen legen die Eier auf dem Rücken des Männchens ab und ziehen weiter. Der Vater muss bis zum Schlüpfen an der Wasseroberfläche treiben, damit die Eier weder austrocknen noch untergehen.

Entsprechend ist auch die Rollenverteilung bei der Paarung: Die potenziellen Väter können es sich leisten, wählerisch zu sein.

Und werden daher von den Weibchen umworben.

kleine Stars, die staunen machen



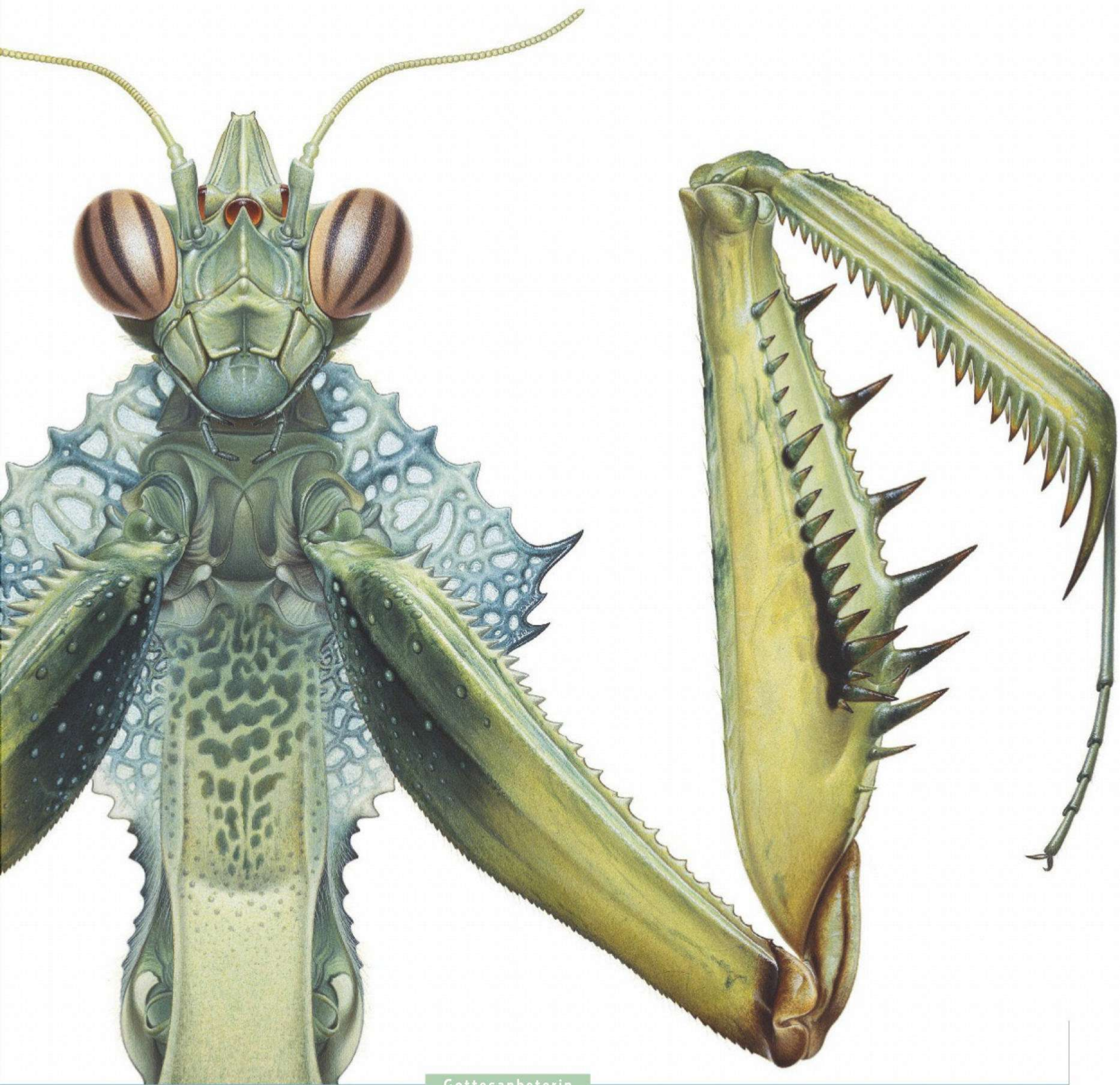
Texte: **Rainer Harf** und **Sebastian Witte**
Illustrationen: **Bernard Durin**

Sie reißen ihrem Partner den Kopf ab,
kämpfen mit ihren Hälsen, sind
umwerfend schön, aber tödlich giftig.

Die Finessen außergewöhnlicher
Sechsheiner in zehn Porträts

Insektensex mit Biss

Nach meist stundenlangem
Akt töten sie bisweilen ihren
Liebhaber. Warum?



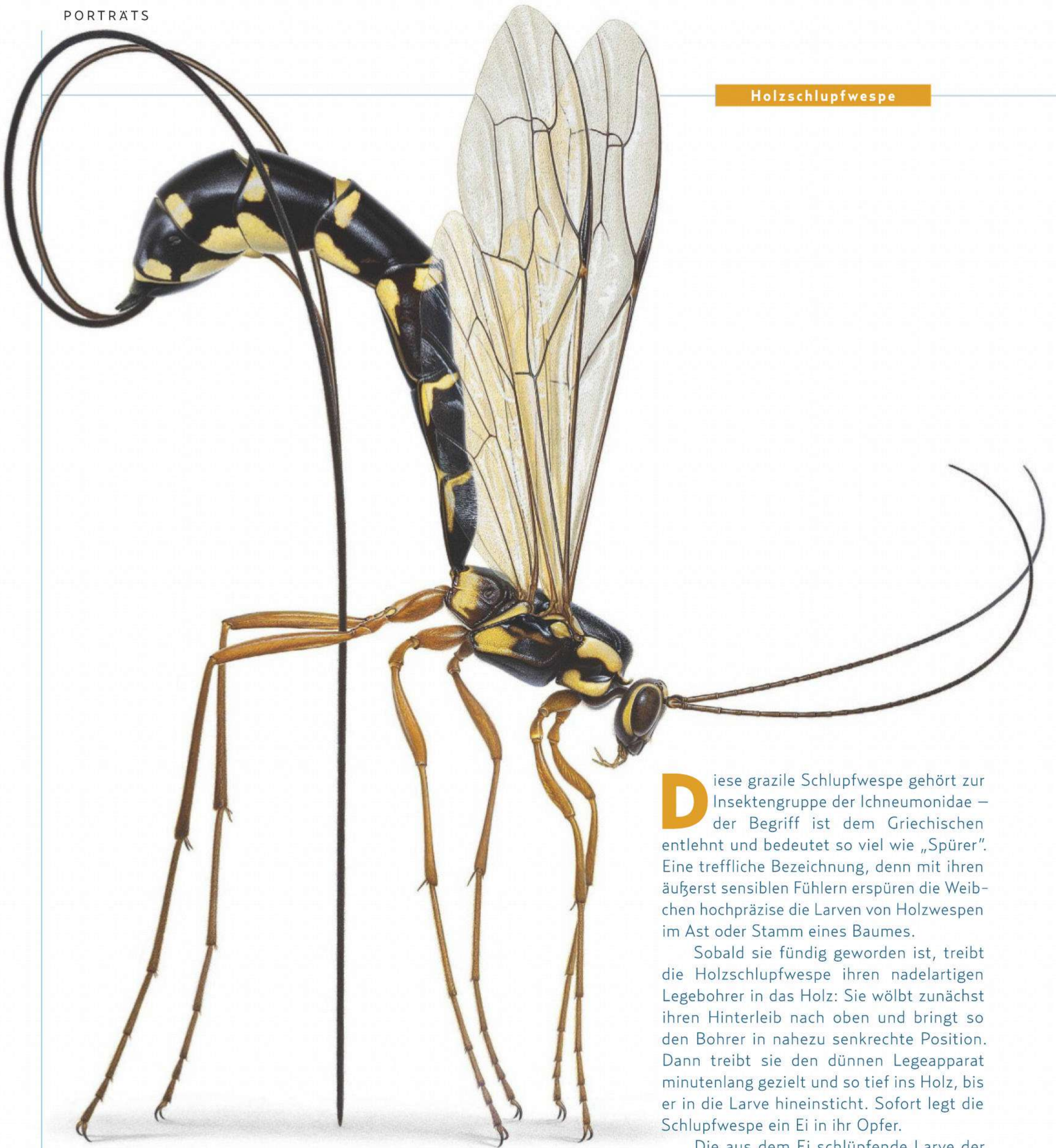
Gottesanbeterin

In Drohgebärde erhebt sich diese unter anderem in Afrika heimische Gottesanbeterin und spreizt dabei ihre mit spitzen Dornen bewehrten Vorderbeine. Die eindrucksvollen Extremitäten sind perfekte Killerinstrumente: Nähert sich ein Beute-Insekt, fahren die Beine in Millisekunden aus und klemmen das Opfer ein. Entkommen: unmöglich.

Die kräftigen Weibchen sind aber auch für Artgenossen nicht ungefährlich: Sehr hungrige Exemplare locken zuweilen die deutlich kleineren Männchen, indem sie sehr viele Duftstoffe produzieren.

Allerdings geht es ihnen nicht um Sex mit den Männchen – sondern darum, sie zu verspeisen. Doch auch der Sex selbst ist für das Männchen höchst riskant. Denn Gottesanbeterinnen gehören zu den wenigen Insekten, die ihren Schädel um 180 Grad drehen können – und das nutzen, um dem Begatter nach dem mehrstündigen Akt mitunter den Kopf abzubeißen.

Die Kopulation kann auch kopflos zu Ende geführt werden. Das hat Vorzüge: Das Haupt des Männchens ist eine eiweißreiche Nahrungsquelle. Und das Weibchen hat einen Nahrungskonkurrenten weniger.



Das Opfer im Holz

Sobald das Weibchen der Schlupfwespe eine bestimmte Larve ausfindig gemacht hat, beginnt ein grausamer Prozess

Diese grazile Schlupfwespe gehört zur Insektengruppe der Ichneumonidae – der Begriff ist dem Griechischen entlehnt und bedeutet so viel wie „Spürer“. Eine treffliche Bezeichnung, denn mit ihren äußerst sensiblen Fühlern erspüren die Weibchen hochpräzise die Larven von Holzwespen im Ast oder Stamm eines Baumes.

Sobald sie fündig geworden ist, treibt die Holzschlupfwespe ihren nadelartigen Legebohrer in das Holz: Sie wölbt zunächst ihren Hinterleib nach oben und bringt so den Bohrer in nahezu senkrechte Position. Dann treibt sie den dünnen Legeapparat minutenlang gezielt und so tief ins Holz, bis er in die Larve hineinsticht. Sofort legt die Schlupfwespe ein Ei in ihr Opfer.

Die aus dem Ei schlüpfende Larve der Schlupfwespe lebt parasitisch im Inneren der Holzwespenlarve und frisst ihren Wirt ganz allmählich auf. Damit ihr Opfer noch lange am Leben bleibt, verschont die gefräßige Larve zunächst alle wichtigen Organe.

Schließlich ist der Parasit fett genug: Er verpuppt sich – und verwandelt sich später in den schönen, aber perfiden Spürer.

Ein **Wettrüsten** um Halslänge

Dass man seinen Nacken auch
als Waffe einsetzen kann, zeigt
dieser skurrile Krabbler

Woher die Namensbezeichnung des Giraffenhalskäfers rührt, lässt sich leicht erraten: Obwohl sie gerade einmal 25 Millimeter lang sind, haben die Männchen dieser Käferart einen zehn Millimeter langen Kopf und einen sieben Millimeter langen Hals. Den benötigen die auf Madagaskar heimischen Krabbler, um ritualisierte Zweikämpfe um die Gunst paarungsbereiter Weibchen auszufechten.

Todesmutig rempeln die Käfer ihre Hälse aneinander, verkeilen sich, nicken. Und oft gewinnt derjenige Buhler mit dem längeren Hals. Während der unterlegene Käfer sich zurückzieht, darf der Gewinner Nachwuchs zeugen. So kommt eine neue Käfergeneration mit ebenfalls langen Hälsen auf die Welt. Im Laufe der Evolution hat sich die Körperlänge der Männchen daher immer weiter vergrößert.

Die Weibchen dagegen haben vergleichsweise kurze Hälse, denn sie müssen für die Brut Nester aus Blättern rollen. Diese Aufgabe lässt sich vermutlich mit einem kompakten Nacken weit einfacher erledigen.

Einen Nachteil hat das anatomische Wettrüsten der Männchen allerdings: Je länger deren Hälse werden, desto schwieriger wird es für die bizarren Tierchen, sich in die Luft zu erheben und elegant durch den Regenwald zu fliegen.





Marienkäfer

Eine **Schönheit** voller Gift

Wir finden den gepunkteten Käfer niedlich, doch wehe dem, der ihn fressen will



V ielfältig sind die Namen, die diesem Käfer schon gegeben wurden: Sonnenkälbchen, Marienwürmchen, Herrgottspferdchen. Manche der weltweit mehr als 4000 Marienkäferarten werden auch nach der Zahl ihrer punktförmigen Verfärbungen benannt: der Zweipunkt-Marienkäfer, der Siebenpunkt-Marienkäfer, der Zweiundzwanzigpunkt-Marienkäfer.

Längst nicht alle sind rot-schwarz gezeichnet, es gibt schwarze mit roten Tupfern, gelbe mit schwarzen Flecken oder auch hellbraun gefärbte mit schwarzen Punkten. Biologen vermuten, die Farben sollen Fressfeinden signalisieren: „Vorsicht, ich bin giftig!“

Das ist alles andere als eine leere Drohung. Wird ein Marienkäfer attackiert, sondert er aus Drüsen an den Beingelenken gelbliche Tröpfchen mit toxischen Substanzen ab. Dieses „Reflexbluten“ schreckt Angreifer durch unangenehmen Geruch und Geschmack ab. Am giftigsten sind die besonders intensiv gefärbten Marienkäfer, wie Forscher erst vor wenigen Jahren festgestellt haben — allerdings nicht für Menschen.



Der **Gigant** mit der Greifzange

Kein Käfer ist größer, keiner stärker: Und die Hörner lehren Rivalen das Fürchten

Mit seinem bis zu 18 Zentimeter langen Körper ist der Herkuleskäfer ein wahrer Gigant. Und gilt als stärkstes Tier der Welt: Ausgewachsene Käfer können das 850-fache ihres Körpergewichts tragen!

Erst abends werden die in Südamerika heimischen Rekordhalter, die sich tagsüber im Laub verbergen, rege. Dann schwärmen sie – weithin hörbar brummend – durch die Tropennacht. Entweder sind sie auf der Suche nach Fressbarem wie faulenden Pflanzen und Obst. Oder sie halten Ausschau nach einem Partner.

Nur die Männchen bilden die extrem langen, nach vorn gerichteten Hörner aus, die sie im Kampf mit Rivalen wie eine pinzettenartige Greifzange nutzen: Damit versuchen sich Kontrahenten zu ergreifen und vom Ast zu schmeißen.

Die Weibchen legen ihre Eier in morsches Holz, von dem sich die Larven ernähren. Und auch der Nachwuchs ist riesenhaft: Zwar wachsen die Larven nur langsam heran, können aber mehr als 15 Zentimeter lang und bis zu 140 Gramm schwer werden. Mitunter brauchen sie mehr als 600 Tage, bis sie sich verpuppen und zu den geflügelten Giganten verwandeln. Den erwachsenen Käfern bleibt weniger Lebenszeit: Nach acht bis zwölf Monaten sterben sie.

Eschenzikade

Je **lauter**, desto attraktiver

Diese Zikade erzeugt ohrenbetäubenden Lärm – und will damit bezirzen



Tagsüber versteckt sich diese Eschenzikade in Büschen und auf Bäumen – durch ihre Färbung oftmals gut getarnt. Umso leichter lässt sie sich (wie alle Singzikaden) akustisch orten, und zwar durch ein Quaken und Ratschen, das in der Minute bis zu 200 Mal ertönt.

Es sind die Männchen, die für die Weibchen trommeln und dazu eine verstärkte Hautplatte am Hinterleib durch einen kräftigen Muskel rhythmisch in Schwingung versetzen. Als Resonanzorgan fungiert ein großer Luftsack im hinteren Teil des Körpers. Er sorgt dafür, dass sich die Geräusche zu rasselndem Lärm steigern: Je lauter, desto höher die Chance, bei Partnerinnen zum Zug zu kommen.

Das Weibchen injiziert die Eier mithilfe eines Bohrers in Pflanzenteile. Die Larven lassen sich zu Boden fallen, verkriechen sich ins Erdreich, wo sie an Wurzeln leben, und klettern rechtzeitig wieder auf einen Strauch oder Baum, um dort zu einem neuen Hüpfer zu schlüpfen.



Der **Trick** mit den roten Flügeln

Seine schmetterlinghafte Schönheit nutzt dieses Insekt nicht etwa zum Verlocken

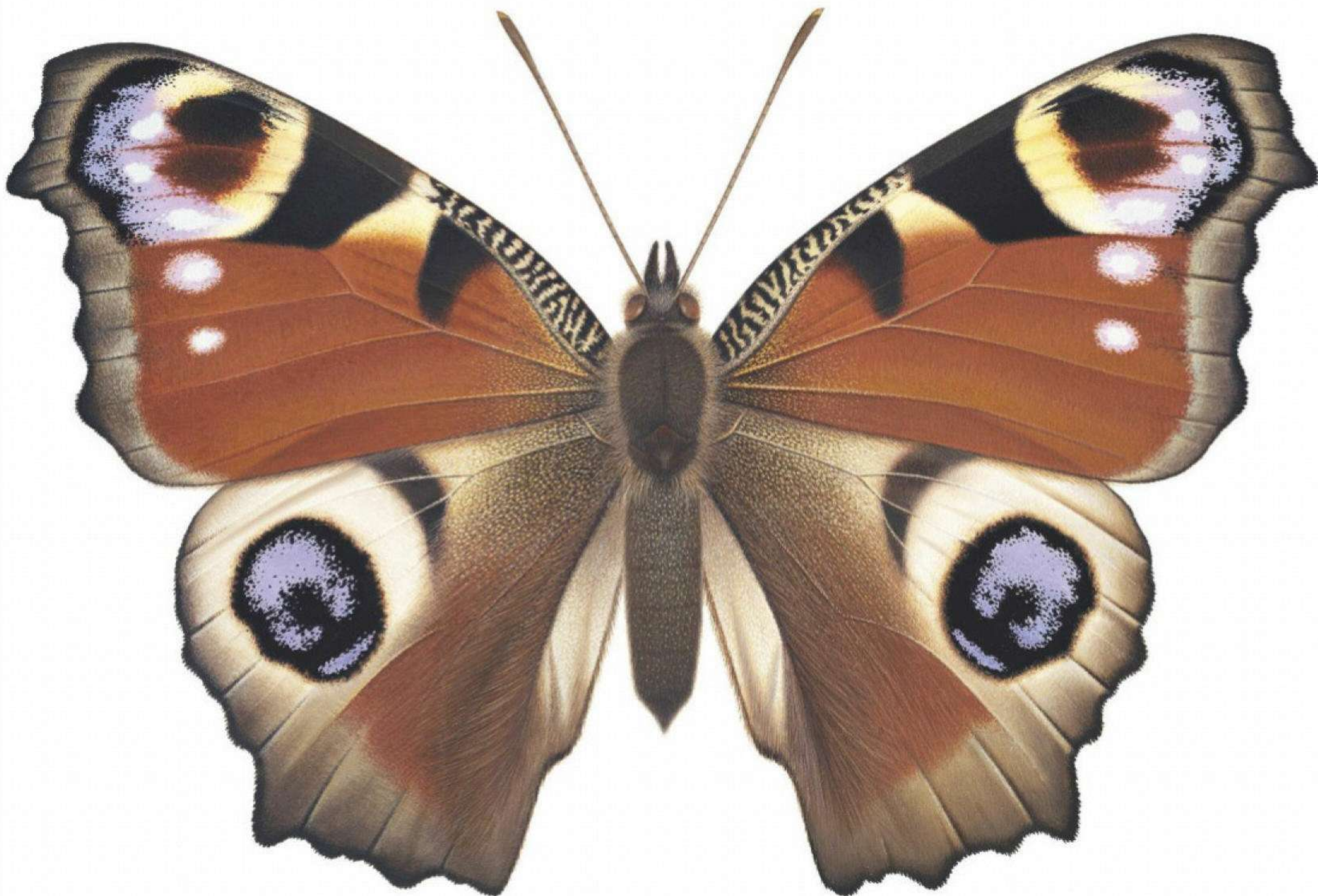
Kaum zu glauben, dass dieses Tier in der Regel wenig auffällt. Doch tagsüber sitzen Kronenlaternenträger meist völlig reglos auf Ästen, die außen bräunlich-grün gescheckten Flügel dachförmig zusammengelegt. Und sind damit perfekt getarnt.

Erst nachts werden die Insekten, die zu den Spitzkopfizikaden gehören, aktiv, heben zum Flug ab. Und spreizen ihre wunderschön gefärbten Hinterflügel.

Oder aber, wenn ihnen tagsüber doch jemand gefährlich nahe kommt. Zum Beispiel ein Fressfeind.

Dann klappen Laternenträger blitzartig ihre leuchtenden Flügel aus. Oftmals mit Erfolg: Denn der grelle Anblick lässt den Störenfried nicht selten derart erschrecken, dass er augenblicklich das Weite sucht.





Falter mit langer Vergangenheit

Seine direkten Ahnen sind wohl schon zu Zeiten der Dinosaurier umhergeflattert

Mit detailversessener Akribie malte der französische **Illustrator Bernard Durin** (1940–1988) Porträts von Insekten. Eine Auswahl seiner Werke ist in dem Buch »Käfer und andere Kerbtiere« zu bewundern (Schirmer/Mosel).

Schon früh im Jahr lassen sich Tagpfauenaugen beim Blütenbesuch beobachten. Die Falter sind wenig wählerisch, fliegen mehr als 200 Nektarpflanzen an. Im Frühjahr suchen sie Weiden, Huflattich, Schlehen und Löwenzahn auf, im Sommer haben sie eine Vorliebe für rote und blauviolette Blüten wie Distel, Klee und Luzerne. Und im Herbst naschen sie neben späten Blüten etwa von A stern und Efeu auch an reifem Obst.

Die auffälligen Augenflecken dienen der abschreckenden Täuschung, sie gaukeln Fressfeinden wie Vögeln vor: Vorsicht, hier blickt dich ein großes Tier an!

Ob so bereits Dinosaurier abgeschreckt wurden? Denn Untersuchungen haben ergeben, dass direkte Ahnen des Tagpfauenauges schon vor Urzeiten umherflatterten. Entstanden ist die Familie der Edelfalter, zu denen der hübsche Schmetterling zählt, wohl vor rund 100 Millionen Jahren. Bezeichnenderweise also zu einer Zeit, als die Pflanzenwelt mehr und mehr einladende Blüten zu bieten begann.

Ein Sommer und ein Ziel

Nur kurz währt sein Erwachsenenleben – da heißt es: Prioritäten setzen

Mit seiner extravaganten Gestalt und der himmelblauen Färbung wirkt der bei uns heimische Alpenbock fast wie ein Exot. Bis zu vier Jahre wächst die Larve des attraktiven Käfers in absterbenden, toten oder frisch geschlagenen Buchenstämmen heran. Dann verwandelt sie sich Anfang Juli in den attraktiven Prachtkerl, der nun nur noch wenige Wochen vor sich hat.

Der Käfer hält sich vorzugsweise auf alten, sonnenbeschienenen Buchen auf, von wo er Ausflüge in die nähere Umgebung startet. Seine überkörperlangen, mit feinen Härchen besetzten Antennen nutzt das seltene Insekt als Taster und Spürnase. Damit lassen sich Nahrung, Rivalen oder auch Partner erschnüffeln.

Und den Erwachsenen ist wohl nichts so wichtig wie schneller Sex: Bis August müssen sie Nachwuchs zeugen, dann ist ihr kurzes Käferleben schon zu Ende.



Wie von Künstlerhand erschaffen

Viele Insektenlarven sind unansehnlich, diese Wanze betört schon von kleinauf

Im Englischen heißen Schildwanzen auch „Jewel bugs“, zu Recht: Die von einem Schildchen bedeckten Krabbler zählen zu den farbenfrohesten Wanzen überhaupt. Mehr als 450 Arten sind bekannt, die meisten leben in tropischen und warmen Regionen.

Die Picasso-Schildwanze, die in Afrika heimisch ist, macht sich häufig in Gruppen an krautigen Pflanzen zu schaffen, deren Säfte sie aufsaugt. Anders als Käfer haben Wanzen einen Stechrüssel, mit dem sie flüssige Nahrung aufnehmen. Ihre Eier befestigen die Wanzenweibchen an der Blattunterseite. Die Larven, die aus den Eiern schlüpfen, verkriechen sich in die Blütenkelche und wachsen dort heran. Ältere Larven ähneln bereits oft ihren farbenfrohen Eltern, denn im Unterschied zu vielen anderen Insekten verpuppen sich Wanzen nicht. So lässt sich ihre Schönheit schon von Kindesbeinen an bestaunen.

Die Welt mit tausend **Augen** sehen

SINNESMEISTER

Facettenaugen, Riechantennen, Tasthärchen: Sechsheiner wie die Blattlauswespe sind oft sehr klein – aber mit äußerst sensiblen Sinnesorganen ausgestattet

Sie tragen Brandmelder in ihrem Panzer, schmecken mit den Füßen oder nehmen die Umgebung im **Weitwinkelformat** wahr: Insekten haben die wohl ungewöhnlichsten Sinnesorgane im ganzen Tierreich entwickelt – und die feinsten



Text: Rainer Harf

Fotos: Oliver Meckes und Nicole Ottawa

RÄUMLICHES RIECHEN

Die Antennen des Seidenspinnermännchens sind mit je 17 000 Sinneshärchen bestückt und können Düfte aus unterschiedlichen Richtungen detektieren



Das Feuer mag außer Sichtweite sein. Doch fast scheint es, als könne der Kiefernprachtkäfer es knistern und knacken hören. Denn zuverlässig spürt er den Waldbrand auf – um sich dann in dessen unmittelbarer Umgebung zu paaren und Nachwuchs zu zeugen. Der nämlich ernährt sich ausschließlich von frisch verkohltem Holz.

Tatsächlich verfügen die Käfer über einen einzigartigen Feuersensor an der Körperunterseite.

Dabei handelt es sich um mikroskopisch kleine Druckbehälter, die winzige Mengen Flüssigkeit enthalten und in die Panzerhülle eingebettet sind. Trifft Wärmestrahlung, wie sie zum Beispiel bei Bränden entsteht, auf die Gebilde, dehnt sich die Flüssigkeit leicht aus und verformt dabei einen extrem empfindlichen Messfühler.

Das Gespür der Käfer für Wärme ist so sensibel, dass sie einen Flammenherd selbst in zehn oder zwölf Kilometer Entfernung – womöglich sogar über noch größere Distanzen – registrieren können. Kein technischer Infrarotsensor ist dazu in der Lage.

Der ungewöhnliche Sinn der Kiefernprachtkäfer für Feuer ist jedoch bei Weitem nicht der erstaunlichste im Riesenreich der Insekten.

Um überleben zu können und Beute zu jagen, um vor Feinden zu flüchten, Sexpartner zu orten und geeignete Brutplätze aufzuspüren, haben die meisten der krabbelnden und fliegenden Sechsbener feine Sinnesorgane entwickelt, mit denen sie Licht, Schall, Gerüche oder Erschütterungen auch in allerschwächster Form wahrzunehmen vermögen.

Die Insekten standen dabei jedoch vor einer großen Herausforderung: Anders als Wirbeltiere, die ein stützendes Knochengerüst im Körperinneren tragen und von einer elastischen, empfindsamen Haut überzogen sind, werden die Kerbtiere von einem starren Panzer um-

hüllt, einem Außenskelett. Die feste Hülle schottet die Sechsbener wie ein Schutzmantel vor der Welt ab. Wie also können sie in ihrer harten Schale fühlen, riechen oder hören?

Die Lösung des Problems: Im Laufe der Evolution nutzten die Insekten eben diese Festigkeit des Außenskeletts unter anderem für die Ausbildung ihrer Sinnesorgane.

Die Techniken, die dabei entstanden sind, verblüffen selbst Wissenschaftler: Manche Insekten hören mit der Brust, andere schmecken mit den Füßen oder nehmen Licht wahr, das für Menschen unsichtbar ist.

Und sie haben ihre Sinne oft derart geschärft, dass sie denen vieler anderer Tiere überlegen sind: Teichläufer erfassen mit ihren Beinen Wellenbewegungen im Mikrometerbereich; Libellenaugen registrieren 250 Bilder pro Sekunde; Ameisen können Dutzende von Duftstoffen unterscheiden und finden ihren Weg wie von einem Satellitennavigationsgerät geleitet.

I. Fühlen

Von Härchen, die sensibel sind

Während in der weichen Haut der Fingerkuppe eines Menschen bis zu 200 Tastsinneszellen pro Quadratzentimeter jede Berührung registrieren, haben Insekten ihre starre Hülle mit einer raffinierten Mechanik ausgerüstet: Sie ist am ganzen Körper mal mehr, mal weniger dicht mit mehreren Arten feiner Sinneshaare besetzt.

Wie kleine Hebel sind diese Haare gelenkig mit der Außenhaut verbunden. Am Fuß jeder Einzelnen dieser winzigen Borsten endet der Ausläufer einer Nervenzelle; bewegt sich ein Fadenhaar durch einen Windstoß, registriert dessen Nervenfortsatz Richtung und Stärke und leitet den Reiz ans Gehirn weiter. Andere Sinneshaare erfassen nur die Stärke des Windstoßes.

Von diesen Härchen übersät sind auch die beiden beweglichen Antennen, die Insekten am Kopf tragen. Mit ihnen

AUTOMATISCHE KOSTPROBE

Geschmackssinneszellen an den Füßen melden der Goldfliege, ob sie auf nahrhaftem Untergrund sitzt. Sodann saugt der sensible Rüssel Flüssiges auf



WEITWINKELKAMERA

Aus bis zu 7000 Einzelaugen setzt sich ein Facettenauge dieser Libelle, der Frühen Adonisjungfer, zusammen. Jedes einzelne ist anders ausgerichtet, so entsteht ein 360-Grad-Blick

tasten sie ihre Umgebung ab – manche können so Gefahren bereits aus sicherer Distanz erkennen.

Die in Höhlen lebenden Buckelschrecken etwa setzen in völliger Dunkelheit ihre mehr als fünf Körperlängen messenden Fühler ein und katapultieren sich mit einem Sprung in Sicherheit, wenn sich ein Räuber nähert.

Auch Haare auf Beinen, Rücken oder der Brust sind für die Feindaufklärung justiert. Manche Borsten weisen eine derart feine Lagerung auf, dass sie noch die geringsten Bewegungen erfassen. So bemerken Schaben den Anmarsch einer Kröte bereits an deren Atem – und ergreifen binnen Millisekunden die Flucht.

Honigbienen messen gar ihre Geschwindigkeit mithilfe der Haare auf ihren Augen: Je schneller sie fliegen, desto stärker werden die Härchen vom selbst erzeugten Gegenwind gekrümmt.

Spezialisierte Borsten sorgen auch dafür, dass Insekten das Gleichgewicht halten. Beim Menschen wacht ein komplex gebautes, flüssigkeitsgefülltes Organ im Innenohr über die Balance – Kerbtiere registrieren dagegen, wie stark die Schwerkraft an ihren Körperteilen zieht.

Läuft ein Käfer einen Baumstamm empor, wird der Kopf durch die Gravitation in einem bestimmten Winkel auf die Brust gedrückt. Dabei verbiegen sich die Haare und übermitteln einen Reiz an das Gehirn; daraus errechnet das Nervenzentrum die Lage im Raum. Eine Waldameise schafft es so, geradewegs eine senkrechte Mauer zu erklimmen.

Tiere, bei denen Wissenschaftler diese Härchen ausschalteten, mussten sich auf die weniger genauen Borsten an ihren Hüften verlassen – und liefen die Wand prompt in Schlangenlinien hinauf. Innerhalb der Insektenkörper überprüfen Tausende Messeinheiten, ob der Panzer gedehnt wird oder sich die Gelenke beugen.



Nachtfalter nehmen Laute im Ultra- schall-Bereich wahr

Und in den gegliederten Antennen vieler Sechsheiner bilden Hunderte dieser Sensoren hochempfindliche Organe.

Die in Seen lebenden Taumelkäfer vermögen dank dieser Organe zu navigieren: Während die Käfer wie kleine Schnellboote mit bis zu 50 Zentimetern pro Sekunde über den Teich schießen, erzeugen sie Wellen, die sich in hohem Tempo ausbreiten. Sobald die gegen ein Hindernis prallen, werden die Schwingungen zurückgeworfen und erreichen die sensiblen Fühler der Taumelkäfer. Wie mit einem Echolot können sie daher selbst bei Finsternis rechtzeitig Gegenstände ausmachen und umschiffen.

II. Hören

Wenn die Ohren in den Beinen sitzen

Eine in der Natur weit verbreitete Technik hilft auch den Insekten, Geräusche wahr-



MIT EXTRA-AUGEN

Zwischen den Facettenaugen verfügen viele Köcherfliegen auf der Stirn über drei zusätzliche Punktaugen, die der Wahrnehmung von Helligkeitsunterschieden dienen

SENSIBLER SAUGER

Mit ihrem Rüssel, den sie ein- und ausrollen können, schlürfen Schmetterlinge wie der dämmerungsaktive Seerosenzünsler Nektar aus Blütenkelchen



FEINE FÜHLER

Die stark behaarten Antennen der Büschelmücke können selbst geringste Konzentrationen von Duftmolekülen in der Luft wahrnehmen



zunehmen: Sie sind, ähnlich wie der Mensch und die allermeisten anderen Säugetiere, mit Trommelfellen ausgestattet, die im Rhythmus von Schallwellen vibrieren. Doch kaum ein Sechsheiner trägt diese Ohren am Kopf.

So hören Laubheuschrecken mit den Vorderbeinen, Zikaden mit dem Hinterleib, Florfliegen mit den Adern der Flügel und Gottesanbeterinnen mit der Brust. Diese Vielseitigkeit ermöglicht der feste Panzer: An den Hörorganen verjüngt sich die dicke Außenhaut einfach zu einer dünnen Membran, einem straff aufgespannten Trommelfell – dadurch lässt sich das Gehör bis in die Extremitäten verlagern. Unter der Membran liegt eine luftgefüllte Blase; winzige Messfühler registrieren jede Bewegung des Trommelfells und leiten Nervenimpulse an das Insektenhirn weiter.

Trotz dieser recht einfachen Bauweise ist das Gehör vieler Sechsheiner äußerst sensibel: So erfassen viele Nachtfalter die für Menschen nicht wahrnehmbaren Ultraschallrufe von Fledermäusen. Andere Insekten verständigen sich über akustische Signale und können ihre Sexualpartner selbst über große Entfernungen orten.

Männliche Klopfkäfer etwa schlagen ihren Kopf wohl auch deshalb rhythmisch gegen Holz, um Weibchen anzulocken.

Einige Tiere nutzen zudem ihre Fühler, um allerfeinste Schallschwingungen zu erfassen: Männliche Stechmücken nehmen mit ihren Antennen jene charakteristischen Schallwellen auf, die ein Weibchen im Flug verursacht. Ihre Fühler sind mit rund 30 000 Sinneszellen fast so aufwendig ausgerüstet wie das Innenohr des Menschen – und die Tiere registrieren damit noch Schwingungen, bei denen sich die Antennen der Männchen nur um wenige Millionstel Millimeter bewegen.

III.

Riechen und Schmecken

Zungen an Füßen und Nasen in Fühlern

Landet eine Fliege in einem Topf Marmelade, muss sie nicht erst ihre Mundwerkzeuge zur Qualitätsprüfung ausfahren – an ihren Füßen sind Borsten angebracht, die in Millisekunden den Zuckerhalt der Speise erfassen. Mit einem solchen Werkzeug sind viele Insek-



SCHARFGESTELLT

ten gerüstet, die auf diese Weise ununterbrochen und an mehreren Stellen zugleich die Qualität einer Nahrungsquelle überprüfen können.

Weit wichtiger als der Geschmacksinn ist für Insekten aber ihr Riechorgan.

Denn Düfte beherrschen ihre Welt: Als chemische Botenstoffe überbrücken sie große Entfernungen, markieren Territorien, können auch im Dunkel eines Insektenbaus oder unterirdischer Gänge wahrgenommen werden und sogar verschlüsselte Botschaften transportieren.

Ameisen und Bienen beispielsweise riechen, ob ein anderes Tier mit ihnen verwandt ist, teilen über Düfte mit, ob ihr

Eine Hornisse nimmt dank ihrer hochfeinen Riechfühler sofort wahr, ob sich eine nestfremde Artgenossin nähert – die kräftigen Kieferklauen schrecken Eindringlinge ab

Bau verteidigt werden muss, und legen Geruchsspuren zu reichhaltigen Futterquellen. Wissenschaftler haben bei den staatenbildenden Insekten Dutzende unterschiedliche Drüsen entdeckt, deren Sekrete komplexe Signale übermitteln.

Bei fast allen Insekten sind die Fühler auch als Geruchsorgane ausgebildet;

auf diesen Multifunktionsinstrumenten sitzen neben all den anderen Sensoren röhrenförmige Borsten, deren Wände perforiert sind. Durch die feinen Löcher gelangen Duftstoffe ins Innere des Haares, wo sie auf den Ausläufer einer Nervenzelle treffen und einen Reiz auslösen können.

Während der Mensch beim Ein- und Ausatmen stets Luft an den Riechschleimhäuten vorbeistreichen lässt, müssen Insekten ihre Fühler hin und her bewegen, um möglichst viele Duftmoleküle aufnehmen zu können.

Mit diesem Werkzeug registrieren Fleischfliegen oder Aaskäfer vor der Ei-



TASTEN UND STECHEN

Das Stechwerkzeug der Bartmücke ist mit feinen Borsten versehen, die teils auf mechanische Reize reagieren. So spüren die Blutsauger, ob ihr Rüssel die Haut eines Opfers berührt

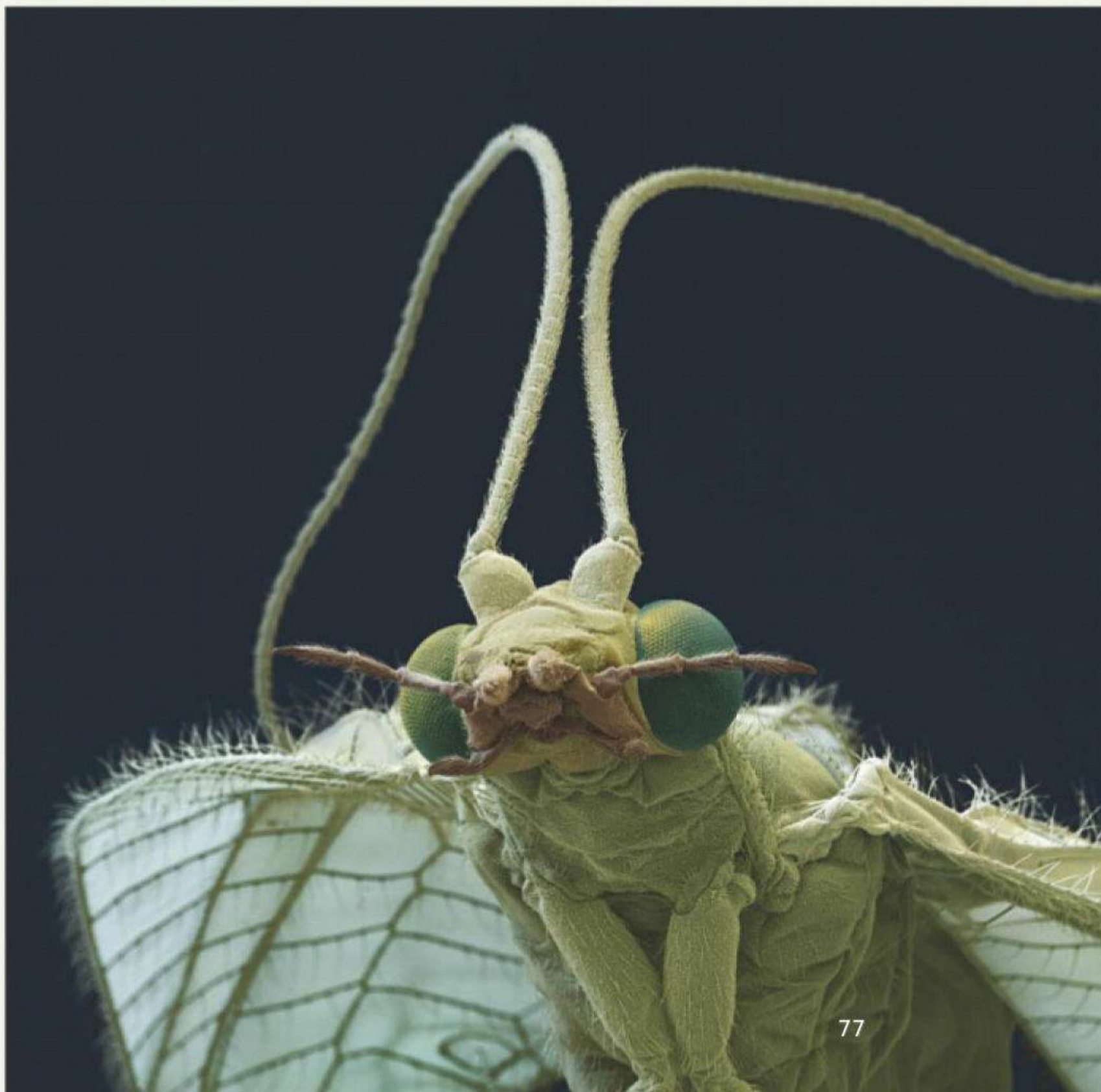
DIE BEUTE IM BLICK

Die Punktaugen von Schwimmkäfer-Larven sind perfekte Detektoren beim Beutefang: Sie nehmen polarisiertes Licht, UV-Licht und Entfernungen wahr



TROMMELFELL IM FLÜGEL

Florfliegen spüren mit einem ausgezeichneten Gehör, das am Ansatz der Vorderflügel sitzt, Ortungslaute von Fledermäusen auf – ihren Fressfeinden



ablage sehr genau, ob ein Stück Gammelfleisch den richtigen Verwesungsgrad aufweist – nur dann ist es für ihre Larven ein Festschmaus. Mistkäfer erfassen über mehrere Hundert Meter den Zustand eines Kothaufens und nähern sich der potenziellen Kinderstube für ihre Brut zielstrebig über die ausströmende Duftfahne.

Stechmücken werden bereits bei der geringsten Konzentration von Kohlendioxid unruhig – denn das Gas verspricht die Anwesenheit eines atmenden Blutspenders. Auch das Ausdünsten weiblicher Hormone zieht die Flieger an – deshalb werden Frauen häufiger gestochen als Männer.

Manche der männlichen Kerbtiere sind zudem höchst empfindsam für die Sexualduftstoffe (Pheromone) ihrer Partnerinnen.

Das Männchen des Seidenspinners etwa vermag ein Weibchen noch aus einer Distanz von mehreren Kilometern zu riechen. Die beiden fächerförmigen Antennen des Falters fangen kleinste Mengen des Pheromons Bombykol ein: Auf jedem Fühler befinden sich 17 000 auf diesen Lockstoff geeichte Riechhaare, die ein Weibchen schon bei weniger als einem Billiardstel Gramm Bombykol je



BUNTE VIELFALT

Seidenspinner riechen ein Weibchen aus kilometerweiter Distanz

Kubikzentimeter Luft wahrnehmen können. Diese Verdünnung entspricht ungefähr einem Esslöffel des Lockstoffes, aufgelöst im Bodensee.

In der Riechdisziplin haben es auch Erzwespen zur Perfektion gebracht. Eine Art injiziert mit einem Stachel Eier in Kornkäferlarven, die im Inneren von Getreidekörnern heranwachsen. Dort schlüpft der Wespennachwuchs und ernährt sich von den Organen der Käferbrut.

Zwar gleichen sich die von Kornkäfern befallenen und die gesunden Getreidekörner äußerlich, doch kann die Erzwespe die Käferlarven über deren spezifischen Geruch aufspüren.

Insekten sehen die Welt in Farbe, die Kolorierung mancher Sechsheiner wie des Hauhechel-Bläulings dient etwa der Erkennung von Artgenossen

Wie fein ihr Riechorgan arbeitet, haben Wissenschaftler in einem mit Weizen gefüllten Silo getestet: Sie versenkten 200 von Larven befallene Körner in vier Meter Tiefe und ließen dann Erzwespen ausschwärmen. Binnen kurzer Zeit hatten die Räuber alle geeigneten Orte zur Eiablage gefunden – und sich dabei durch 600 Millionen Körner gewühlt.

IV. Sehen

Die Welt in Zeitlupe

Vögel, Fische und Säugetiere betrachten (wenn sie nicht blind sind) die Welt durch gerade einmal zwei Linsen – Insekten hingegen haben bis zu 30 000 winzige Seheinheiten, die sich am Kopf zu kugelförmigen Organen ballen: den Facettenaugen.

Darin stehen die einzelnen Sehelemente dicht nebeneinander, jedes in einem etwas anderen Winkel ausgerichtet. Viele Insekten können daher gleichzeitig nach vorn und nach hinten blicken, ohne den Kopf zu drehen.

Allerdings liegen die Insektenaugen nicht frei: Die Hülle des Körperpanzers überzieht auch die Augen, ist dort aber im Verlauf der Evolution zu einer transparenten Hornhaut geworden, die zumeist das einfallende Licht bündelt und ins Innere jeder einzelnen Seheinheit weiterleitet. Das Insektenhirn verarbeitet dann das Mosaik der Lichtreize zu einem einheitlichen Bild.

Anders als der Mensch können viele Insekten kein Rot sehen. Dafür reicht das von ihnen wahrgenommene Farbspektrum bis in den ultravioletten Bereich.

Darauf haben sich nahezu alle Pflanzen in unseren Breiten eingestellt und locken Insekten mit kontrastreichen Mustern aus UV-Licht. Die für Menschenaugen einheitlich weiß gefärbten Blütenblätter von Buschwindröschen etwa werben mit attraktiven Zeichnungen, die Nektar und Pollen verheißen.

Doch so bunt ihnen eine Blumenwiese auch erscheint: Insekten sehen ihre Umwelt bei Weitem nicht so scharf wie Menschen. Denn die Linse im menschlichen Auge wirft das Abbild der Umgebung auf eine Netzhaut, auf der mehr als 125 Millionen Lichtsinneszellen liegen.

Facettenaugen nehmen mit ihren höchstens 30 000 Seheinheiten entsprechend weniger Details wahr.

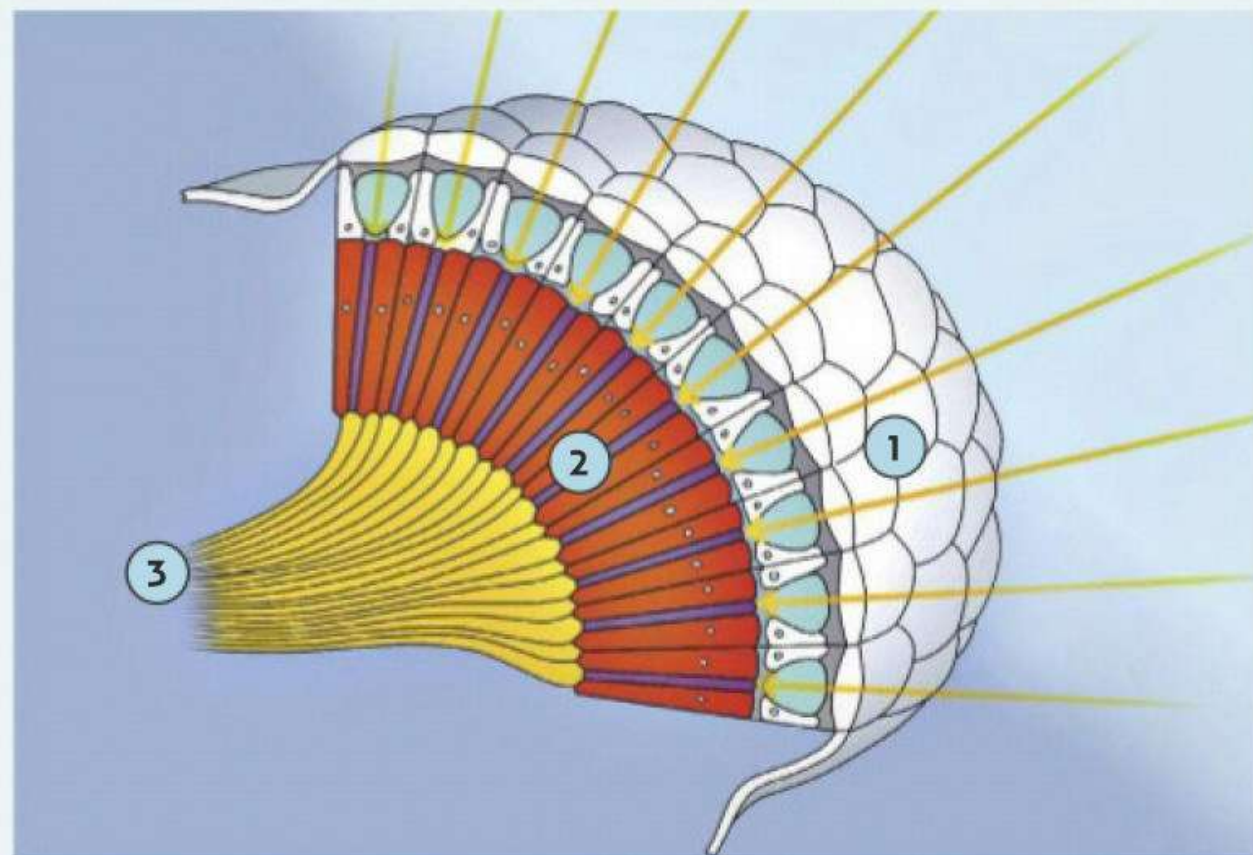
Erstaunlicherweise sind Raubfliegen oder Libellen dennoch hervorragende Jäger, die andere Insekten in der Luft verfolgen und sie in rasantem Flug ergreifen können.

Das verdanken sie vor allem einem hohen zeitlichen Auflösungsvermögen: Sie erkennen bis zu 250 voneinander

Komplexaugen

Der facettenreiche Blick

Anders als etwa Weich- und Wirbeltiere haben Insekten zusammengesetzte Augen hervorgebracht – mit verblüffenden Merkmalen



Die Sehorgane der meisten Insekten sind aus bis zu 30 000 winzigen sechseckigen Elementen aufgebaut. Jedes Element trägt an der Spitze eine Linse (1). Sie bündelt das Licht und lenkt es auf bestimmte Nervenzellen im Inneren (2). Der Sehnerv (3) leitet die Signale schließlich ans Gehirn weiter, das aus den Informationen ein einheitliches Bild errechnet. Da jedes Sehelement nur einen kleinen Teil der Umgebung abbildet, ähnelt der Eindruck, den ein Insekt von der Welt gewinnt, eher einem Mosaik oder einem grobkörnigen Foto. Durch die große Oberfläche haben manche Tiere jedoch eine fast 100-prozentige Rundumsicht. Und: Das zeitliche Auflösungsvermögen der Facettenaugen ist enorm. So vermögen etwa Fliegen Ereignisse im Vergleich zum Menschen quasi in Zeitlupe wahrzunehmen.

getrennte Bilder in der Sekunde. Das menschliche Auge ist dagegen gerade einmal in der Lage, 24 Bilder pro Sekunde zu unterscheiden.

Deshalb sehen Fliegen selbst die schnelle Bewegung einer zuschlagenden Hand wie in Zeitlupe – und können rechtzeitig entweichen.

*

Härchen, die feinste Schwingungen registrieren; Beine mit integriertem Trommelfell; Füße, die schmecken, und Augen, die Bilder wie in Zeitlupe vermitteln: Die Sinnesorgane der Insekten sind geniale

Konstruktionen, die zum Erfolg der Sechsbereiner maßgeblich beitragen.

Und vielleicht am erstaunlichsten: Die so gesammelten Reize werden von Gehirnen verarbeitet, die teils nicht größer als ein Stecknadelkopf sind – und doch befähigen sie die Tiere dazu, ihre Umgebung präzise zu erfassen und sich zu orientieren.

Zu welcher spektakulären Leistungen Insektenhirne imstande sind, zeigt sich kaum irgendwo so eindrucksvoll wie in der Sahara. Dort leben Wüstenameisen, die ein ausgeklügeltes Navigationssystem entwickelt haben, das sogar mit satellitengestützten GPS-Geräten mithalten kann.



SEHENDE BEULEN

Manche Eintagsfliegen haben außer ihren Facettenaugen ein Paar »Turbanaugen«, die ihnen beim Aufspüren von Partnerinnen in der Dämmerung helfen

jedem Zeitpunkt die Himmelsrichtungen erkennen können.

Sobald sie ihren Bau verlassen haben, speichern die Tiere darüber hinaus Bilder ihrer Umgebung: Wie mit einer Weitwinkelkamera fotografieren sie unterwegs die Landschaft. Und weil sie zudem noch ihre Schritte zählen, ermitteln die Winzlinge auch noch die zurückgelegte Entfernung.

Aus diesen Informationen berechnen die Wüstenameisen schließlich die kürzeste Strecke zurück zum Bau – und das mit einem Gehirn, das nur 15 Millionstel des menschlichen wiegt.

Ingenieure, IT-Techniker, Biologen und Robotik-Spezialisten verschiedener Universitäten versuchen derzeit, das Navigationssystem der kleinen Wüstenbewohner – unter anderem anhand von Computersimulationen – noch genauer nachzuvollziehen und möglichst bald in den Dienst der Menschheit zu stellen.

Ein Ziel besteht darin, Roboter zu konstruieren, die sich nach dem Vorbild der Ameisen nur anhand visueller Stimuli in unerforshtem Gelände orientieren können – ganz ohne GPS.

Erste Prototypen existieren bereits. So haben französische Wissenschaftler ein Gefährt entwickelt, das in der Lage ist, sich in einem Testgelände von sechs mal sechs Metern autonom zurechtzufinden. Ein UV-Licht-empfindlicher Kompass, der wie die navigierenden Wüstenameisen die Polarisierung des Himmelslichts wahrnimmt, Sensoren, die die Geschwindigkeit registrieren, mit welcher der Boden unter dem Roboter vorbeizieht, sowie ein Entfernungsmesser genügen „AntBot“, immer wieder zu seinem Ausgangspunkt zurückzufinden.

Wer weiß: Vielleicht werden sich der-einst zu der schier unüberschaubaren Vielfalt an Insekten mit ihren raffinierten Sinnen noch etliche künstliche Sechsbener hinzugesellen.

Auf ihren Beutezügen in den tunesischen Sanddünen unternehmen die Ameisen weite Ausflüge – und hasten dabei mit rund einem Meter in der Sekunde über den glühend heißen Wüstensand.

Auf menschliche Maße übertragen, entspräche das einem Tempo von mehr als 800 km/h.

Zur Überraschung von Forschern finden sie dabei stets den kürzesten Weg zurück zu ihrem Bau – obwohl sie sich auf ihren Expeditionen zum Teil mehr als 100 Meter vom Eingang ihres unterirdischen Nestes entfernen.

Dafür müssen die Ameisen permanent Daten über die Richtung und die Länge der zurückgelegten Strecke sammeln und daraus den kürzesten Heimweg errechnen.

Als Kompass benutzen die blitzschnellen Krabbler eine für Menschen unsichtbare Erscheinung am Himmel, das polarisierte Licht. Dessen charakteristisches Muster verändert sich mit dem Lauf der Sonne, sodass die Ameisen zu

AUF EINEN BLICK

Evolution

Um in ihrer harten Schale hören, riechen, fühlen, schmecken zu können, haben Insekten ihre Panzer raffiniert umgebaut.

Präzision

So empfindsam sind die Wahrnehmungsapparate der Sechsbener, dass sie denen vieler anderer Lebewesen weit überlegen sind.

Forschung

Die Sinnesleistungen mancher Insekten dienen als Vorbild für technische Anwendungen – etwa in der Robotik.

ENTDECKEN SIE DIE VIELFALT DER GEO-WELT.

Reportage-
magazin Nr. 1



GEO Die Welt mit anderen Augen sehen. 6x zzt. nur 49,80€*

Reise-
magazin



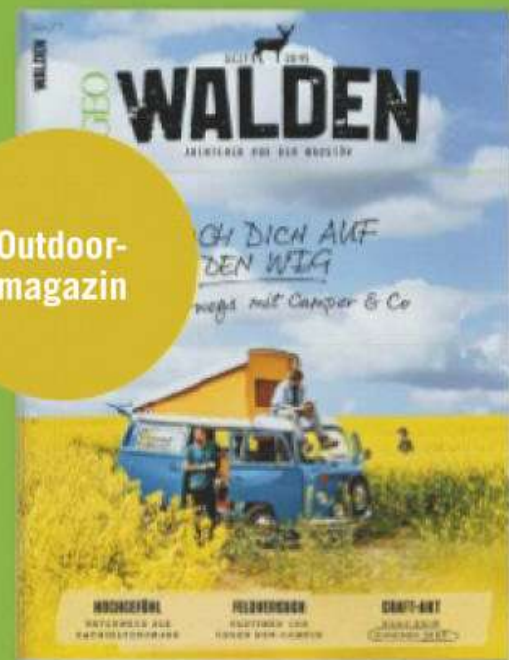
GEO SAISON Die Nr. 1 unter den Reise-
magazinen. 6x zzt. nur 42,-€*

Geschichts-
magazin



GEO EPOCHE Die spannendsten Seiten
unserer Geschichte. 3x nur zzt. 36,-€*

Outdoor-
magazin



WALDEN Das Abenteuer direkt vor der
Haustür. 4x zzt. nur 36,-€*

Wissens-
magazin



GEO kompakt Das spannende Wissens-
magazin. 4x zzt. nur 40,-€*

Kinder-
magazin



GEOlino Lesespaß für Kinder ab
9 Jahren. 7x zzt. nur 31,50€*

+

amazon.de
geschenkkarte

a

€ 10

Prämie
gratis dazu!

GLEICH BESTELLEN UND PORTOFREI LESEN:

www.geo.de/vielfalt

+49 (0) 40/55 55 89 90

Bei telefonischer Bestellung bitte immer die Bestellnummer angeben.

GEO Selbst lesen: 186 4490 | Verschenken: 186 4491
WALDEN Selbst lesen: 186 4496 | Verschenken: 186 4497

GEO SAISON Selbst lesen: 186 4493 | Verschenken: 186 4492
GEO KOMPAKT Selbst lesen: 186 9312 | Verschenken: 186 9313

GEO EPOCHE Selbst lesen: 186 4494 | Verschenken: 186 4495
GEOlino Selbst lesen: 186 4498 | Verschenken: 186 4499

*Alle Preisangaben inklusive MwSt. und Versand. Es besteht ein 14-tägiges Widerrufsrecht. Zahlungsziel: 14 Tage nach Rechnungserhalt. Anbieter des Abonnements ist Gruner + Jahr GmbH. Belieferung, Betreuung und Abrechnung erfolgen durch DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH als leistenden Unternehmer.

Wenn **Fliegen** einen Täter über- führen

Text: **Alexandra Rigos**

Illustrationen: **Medy Oberendorff**

BESTIMMTE INSEKTEN

wie Schmeißfliegen legen ihre Eier auf tote Körper. Je nach Entwicklungsstadium der Larven lässt sich auf den Todeszeitpunkt eines Opfers schließen

Um Mörder zu ermitteln, versuchen Kriminologen den Zeitpunkt und die Umstände einer Tat möglichst präzise aufzuklären. Besonders wertvolle Indizien liefern ihnen dabei ausgerechnet lebende Spuren:

Insekten



a

m Abend des 9. Juni 1959 radelte der 14-jährige Schüler Steven Truscott durch den Ort Clinton in der kanadischen Provinz Ontario. Auf der Lenkstange saß seine zwölfjährige Schulkameradin Lynne Harper. Es war das letzte Mal, dass Zeugen das Mädchen lebend sahen.

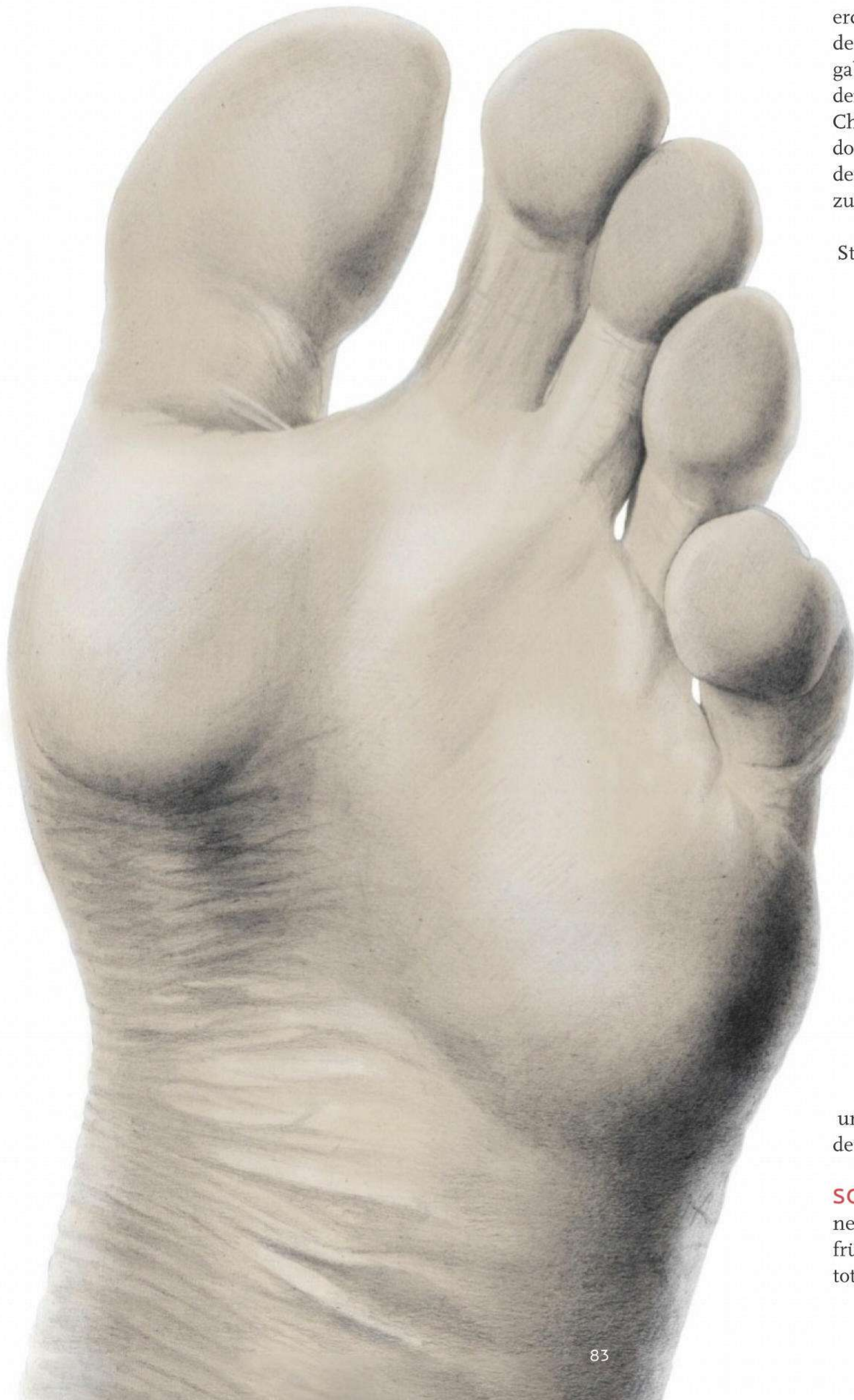
Zwei Tage später fand man Lynne erdrosselt an einem Feldweg in der Nähe des Ortes. Als Polizisten ihn verhörten, gab Truscott an, er habe das Mädchen an der Landstraße abgesetzt, wo sie in einen Chevrolet eingestiegen sei. Da er sich jedoch in Widersprüche verwickelte, wurde der Teenager des Mordes angeklagt und zum Tode verurteilt.

Angesichts seiner Jugend wurde die Strafe in lebenslängliche Haft umgewandelt. Truscott selbst beteuerte stets seine Unschuld. Der Fall erregte großes Aufsehen und trug entscheidend zur Abschaffung der Todesstrafe in Kanada bei. 1969 wurde der junge Mann begnadigt, lebte aber mit dem Stigma weiter, ein verurteilter Mörder zu sein.

Erst 48 Jahre nach Lynne Harpers Tod wurde er für „nicht schuldig“ erklärt. Seine Rehabilitierung verdankt Truscott einigen winzigen, weißen Larven, die Gerichtsmediziner auf Lynnes totem Körper gefunden und genau dokumentiert hatten: Maden einer Schmeißfliege.

Diese oft sehr hübschen, metallisch schimmernden Insekten kommen weltweit in mehr als 1000 Arten vor. Während die erwachsenen Fliegen sich von Blütenpollen und -nektar, zuckerhaltigen Lebensmitteln und diversen Ausscheidungen ernähren, benötigen ihre Larven eiweißreiche Kost. Die finden Schmeißfliegen im abgestorbenen Körpergewebe anderer Lebewesen. Sie gehören zu den wichtigsten Organismen, die in der Natur Aas zersetzen und tote Leiber so in den Stoffkreislauf der Erde zurückführen.

SCHMEISSFLIEGEN verfügen über einen so guten Geruchssinn, dass sie die frühesten Zersetzungsvorgänge in einem toten Körper wahrnehmen. Deshalb sind





>>> Weniger als eine Stunde

Schmeißfliegen sind die ersten Insekten, die eine Leiche aufsuchen.

Ihr Geruchssinn ist so präzise, dass sie schon Minuten nach dem Tod Zersetzungs Vorgänge wittern und Eier auf der Leiche ablegen

sie gewöhnlich die ersten Insekten, die frische Kadaver besiedeln. Bei günstiger Witterung können die Tiere schon Minuten nach dem Tod ihre Eier auf einer Leiche ablegen.

Abhängig von Temperatur und Luftfeuchtigkeit wachsen aus diesen Eiern mit der Präzision eines Uhrwerks Larven heran, die man bei Fliegen als Maden bezeichnet. Jede Art folgt dabei ihrem eigenen, charakteristischen Entwicklungszyklus. So schlüpft die Made der Blauen Schmeißfliege bei einer Temperatur von 27 Grad Celsius 24 Stunden nach der Eiablage. Am folgenden Tag misst sie sechs Millimeter, nach einem weiteren Tag 13 Millimeter Länge. Noch einmal zwei bis drei Tage später verpuppt sie sich, um rund vier Wochen nach der Eiablage als fertige Fliege zu schlüpfen. Dann beginnt der Zyklus von Neuem.

ALS FORENSIKER IM JAHR 2007 die Beweismittel im Fall Harper erneut prüften, stellten sie fest, dass die auf dem Körper des Mädchens sichergestellten Maden nicht zu dem angenommenen Todeszeitpunkt passten: Wäre Lynne wirklich am Abend des 9. Juni gestorben, als sie mit Truscott gesehen wurde, hätten die weißen Larven einige Millimeter länger sein müssen. Die Experten folgerten, dass das Kind erst am Morgen des 10. Juni ermordet worden war. Damit kam Steven Truscott nicht mehr als Täter infrage. Er erhielt später eine Entschädigung von 6,5 Millionen Dollar.

Truscott hatte das Pech, dass Insekten als Indizien in den 1950er Jahren vor Gericht noch nicht üblich waren. Erst seit den 1970er Jahren entwickelte sich die „forensische Entomologie“, also die gerichtsmedizinisch-kriminalistische Insektenkunde zu einer anerkannten Disziplin.

Dabei wurde Überlieferungen zufolge schon im 13. Jahrhundert ein Mörder mithilfe von Insekten entlarvt: Bewohner eines chinesischen Dorfes hatten einen Toten aufgefunden, der mit mehreren Hieben einer Sichel umgebracht worden war. Daraufhin ließ der Rechtsgelehrte Sòng Cí alle Bauern der Umgebung mit ihren Erntemessern antreten. Nach kurzer Wartezeit ließen sich auf der Klinge eines Mannes Fliegen nieder – für das bloße Auge unsichtbare Blutspuren lockten sie an. So überführt, brach der Täter zusammen und gestand den Mord.

Und bereits im 19. Jahrhundert studierten europäische Wissenschaftler genauestens die Insektenfauna auf Leichen und dokumentierten die entdeckten Spezies. Heute gibt es in den USA sogar so-



>>> Mindestens einen Tag

Je nach Witterung schlüpfen aus den Eiern der Schmeißfliegen nach einem Tag Maden, die sich vom toten Fleisch ernähren. Jede Art hat einen typischen Entwicklungszyklus

genannte „Body Farms“, wo Forscher Tote verwesen lassen, um den Verfallsprozess und eben auch die Insektenbesiedlung der Leichen unter wechselnden Umweltbedingungen zu untersuchen.

Denn Schmeißfliegen sind zwar die ersten, mitnichten aber die einzigen Kostgänger, die sich an Aas gütlich tun. Ein toter Körper, gleich ob Tierkadaver oder

menschliches Mordopfer, ist ein regelrechtes Ökosystem, das sich im Laufe der Zeit verändert und Dutzenden Arten Nahrung und Lebensraum bietet.

Kurz nach den Schmeißfliegen stellen sich Stuben- und Fleischfliegen ein, später die Buckelfliegen. Vertreter dieser Gruppe sind besonders aufschlussreich,



>>> Zwei bis drei Tage

Kurzflügelkäfer treten nach zwei bis drei Tagen in Erscheinung. Sie ernähren sich vom verwesenden Gewebe und haben es vor allem auf die bereits vorhandenen Insekten abgesehen

weil sie graben können und damit auch zu verscharrten Leichen vordringen.

In späteren Stadien der Fäulnis treten Käsefliegen sowie Aas- und Mistkäfer auf, darunter der Gemeine Totengräber, ein auffällig schwarz-orangefarben gemustertes Tierchen. Wenn der Kadaver nach Wochen allmählich austrocknet und die Schmeißfliegen sich nach frischerer Kost umsehen, schlägt die Stunde der Speckkäfer. Sie bevorzugen ledrig-zähes organisches Material und sind als Museumsschädlinge berüchtigt, da sie auch gern an uralten Mumien und Tierpräparaten knabbern.

Zu all diesen Arten gesellen sich nach gewisser Zeit Raubinsekten, die weniger am verwesenden Fleisch als an den Aasfressern selbst interessiert sind. So sammeln Ameisen Fliegeneier ein, während flinke, oft nur wenige Millimeter

kleine Kurzflügelkäfer im Kadaver auf Madenjagd gehen.

Diese typische Abfolge von Insekten, die auf Leichen in verschiedenen Zerfallsstadien vorkommen, ermöglicht es zu ermitteln, wie lange der Körper schon verwest. Oft ist die entomologische Datierung selbst nach langer Zeit, wenn ein Arzt längst passen muss, noch verblüffend genau. Die Bestimmung des Todeszeitpunkts ist somit der wichtigste Einsatzbereich der forensischen Entomologie.

ABER DAS WIMMELNDE LEBEN auf einem Toten kann noch weitere Hinweise geben: Anhand der Madenspezies lässt sich zum Beispiel feststellen, ob ein Mordopfer nach der Tat an einen anderen Ort geschafft wurde. Findet der Gerichtsmediziner etwa Larven der Stubenfliege auf einer Leiche, die im Wald lag, kann er davon ausgehen, dass das Opfer nicht dort, sondern in einem Haus zu Tode kam. Denn Stubenfliegen leben gewöhnlich in Gebäuden oder deren Umgebung.

Manche Fliegenarten, wie die Blaue Schmeißfliege *Calliphora vicina*, sind Stadtbewohner, während die nahe verwandte Art *Calliphora vomitoria* meist auf dem Land zu finden ist. Einige Fliegen tummeln sich im Sonnenschein, andere lieben den Schatten. So erlaubt die Besiedelung einer Leiche Rückschlüsse darauf, in welcher Art Umgebung sie die ersten Stunden nach dem Tod verbracht hat.

Aus diesem Grund – und weil sich die Entwicklungszeiten selbst eng ver-



wandter Arten unterscheiden –, müssen Forensiker ihre Insektenfunde zweifelsfrei bestimmen. Bei Fliegenmaden ist das nicht gerade einfach, handelt es sich doch um ziemlich minimalistische, wurmartige Kreaturen. Experten können zwar anhand von ein paar Borsten oder Körperanhängseln die Gattung feststellen. Um aber die genaue Art zu bestimmen, musste man noch vor einigen Jahren lebende Maden einsammeln und heranziehen.

Heute vereinfachen Erbgutanalysen, die in den letzten Jahren immer schneller und billiger geworden sind, die Arbeit der

AUF EINEN BLICK

Zeit

Die typische Abfolge von Insekten, die Leichen in verschiedenen Zerfallsstadien besiedeln, offenbart, wie lange ein Körper bereits verwest.

Ort

Bestimmte Spezies wie Stubenfliegen geben zudem Aufschluss darüber, in welchem Umfeld ein Opfer zu Tode kam.

Witterung

Da die Entwicklung von Larven unter anderem mit der Temperatur variiert, müssen Experten Wettereinflüsse berücksichtigen.



Forensiker. Die Gensequenzen der wichtigsten Leichenbewohner stehen in Datenbanken zur Verfügung.

Zunehmend interessieren sich Ermittler überdies für den Mageninhalt der Insekten. Denn mit dem Körpergewebe des Toten nehmen die Tiere auch Drogen oder Gifte auf, die sich das Opfer kurz vor dem Ableben womöglich einverleibt hat. Da Maden solche Schadstoffe nicht abbauen können, reichern sie sich in

Sogar über
Mordopfer, deren
Leiche niemals
gefunden wird, können
INSEKTEN etwas
verraten

ihrem Körper an und werden bei der Verpuppung in die Hülle eingelagert. So können Gerichtsmediziner noch nach geraumer Zeit, wenn sich von dem Toten längst keine Probe mehr gewinnen lässt, Giftspuren in leeren Puppenhüllen nachweisen.

Sogar über Mordopfer, deren Leiche nie gefunden wird, können Insekten etwas verraten: Entdecken Ermittler zum Beispiel Maden im Kofferraum eines Verdächtigen, können sie aus dem Verdauungstrakt der Tiere die DNS des Toten isolieren und ihn anhand seines Erbguts identifizieren. Damit wäre bewiesen, dass sich der Verschollene im Auto befunden hat – und dass er bereits tot war.

So vermag die forensische Entomologie Mordfälle aufzuklären, bei denen die herkömmlichen Verfahren der Kriminalistik versagen. Eine Schwäche hat sie allerdings, die selbst modernste molekulare biologische Methoden nicht wettmachen können: Sie ist und bleibt hauptsächlich ein Saisongeschäft. Sinken die Temperaturen, stellen Schmeißfliegen und Käfer ab einem gewissen, artspezifischen Schwellenwert irgendwann die Fortpflanzung ein.

In strengen Wintern stört kein Insekt die Ruhe der Toten.

Das

Ein Bienenvolk hat die verlassene Nisthöhle eines Spechts bezogen: Binnen Wochen wird es auf Tausende Tiere anwachsen – und ein faszinierend komplexes Gemeinwesen errichten

der



Wissen

Interview: Regina Franke und Rainer Harf

Fotos: Ingo Arndt

Eine ausgefeilte Arbeitsteilung lässt
Honigbienen **verblüffende Leistungen**
vollbringen: Der **Verhaltensforscher**
Jürgen Tautz erklärt die **erstaunliche**
Intelligenz der Tiere – und welchen
Gefahren sie heute ausgesetzt sind

Bienen

GEOkompakt: *Herr Professor Tautz, wie schlau sind Honigbienen?*

Prof. Jürgen Tautz: Aus Experimenten wissen wir viel darüber, was in den winzigen Köpfen von Bienen vor sich geht – und allein schon das einzelne Insekt verblüfft uns durch seine Intelligenz. Nehmen wir etwa die ausgeprägte Lernfähigkeit von Honigbienen: Sie lernen enorm schnell, besitzen ein geradezu phänomenales Gedächtnis.

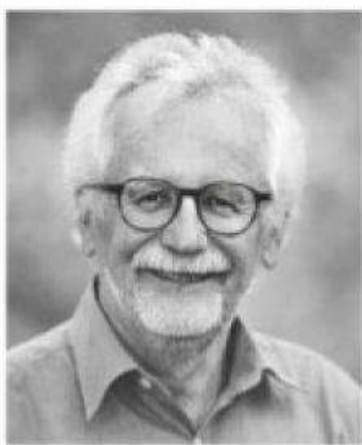
Wie zeigt sich diese Lernfähigkeit?

Nach nur wenigen Ausflügen aus ihrem Stock prägt sich eine Jungbiene dessen Umgebung genau ein. Sammelbienen vollbringen bei ihren Exkursionen im Gelände schier unglaubliche Navigationsleistungen, wenn sie beispielsweise von einer bis zu zehn Kilometer entfernt liegenden Pollen-Sammelstelle zurückkehren müssen ins heimische Nest. Sie registrieren, wo welche Blüten zu welcher Tageszeit lohnende Mengen an Nektar spenden, und sie unterscheiden dabei eine Vielzahl von Farben, Mustern und Düften.

Weltweit betrachtet vermögen Bienen sogar sage und schreibe rund 170 000 Blütenpflanzen auseinanderzuhalten. Und anders als andere Bestäuberinsekten besitzen Honigbienen die Eigenschaft der Blütenstetigkeit.

Was bedeutet das?

Wenn eine Biene morgens Glockenblumen besucht, bleibt sie den Tag über konstant bei dieser Pflanzenart – zu de-



Prof. Dr. Jürgen Tautz,
Jg. 1949, forscht am Biozentrum der Universität Würzburg und ist einer der führenden Bienenexperten in Deutschland.

ren Nutzen. Denn so tragen die Bienen keine Glockenblumenpollen zu einer Kirschblüte, wo sie ja verschwendet wären. Das funktioniert aber natürlich nur, wenn sich ein Insekt verschiedenste Blüten merkt. Und diese Fähigkeit ist nicht etwa genetisch angelegt, sondern wird von der Biene erst erworben. Sie kommt quasi als Tabula rasa zur Welt: Sie weiß

»
Jede **Arbeiterin**
vermag jeden
geforderten Job
sofort auszuführen –
sie kommt
gleichsam als
Allzweckwerkzeug
auf die Welt
«

nichts, doch sie lernt alles, und das auf Anhieb. Ist sie nur ein einziges Mal auf einer Salbeiblüte gelandet, vergisst sie fortan nie mehr deren speziellen Duft.

Noch viel spannender wird es allerdings, wenn Sie die Intelligenz eines ganzen Bienenvolks betrachten. Zehntausende von Tieren bilden einen durchorganisierten Staat und vollbringen zusammen verblüffend komplexe Leistungen – zu denen wäre das Einzelinsekt niemals fähig.

Können Sie ein Beispiel nennen?

Die Arbeitsbienen konstruieren etwa beim Beziehen eines neuen Domizils in genau austarierter Arbeitsteilung ein Brutnest aus Tausenden perfekt geformter Wabenzellen, stellen den Baustoff – das Wachs – dabei selbst her, regulieren später die Temperatur im Nest auf optimale Werte.

In meinen Augen funktioniert ein Bienenvolk eigentlich wie ein „Pseudogehirn“: Honigbienen verhalten sich, analog zu Nervenzellen im Gehirn, wie einzelne Bausteine des Ganzen. Und wie die Neuronen kommunizieren sie, stimmen sich ab und agieren gemeinsam. Und das, obwohl sie – anders als Nervenzellen – unabhängig voneinander mobil sind.

Ein Bienenvolk funktioniert damit wie ein Superorganismus. Daher sprechen wir auch vom „Bienenstaat“.

Wie organisiert sich ein solcher Bienenstaat, wie also funktioniert die Arbeitsteilung im Staat?

Beginnen wir mit der Rolle der Königin. In der Kolonie lebt sie als die einzige Biene, die Nachkommenschaft erzeugen kann. Eine Königin vermag an einem einzigen Sommertag bis zu 2000 Eier abzusetzen – eine eindrucksvolle Zahl! Aus diesen Eiern wachsen überwiegend Weibchen heran: die Arbeiterinnen. Von denen kann es sommers in einem voll entwickelten Volk bis zu 50 000 geben. Jeden Sommer werden zudem für einige Wochen auch die etwas größeren männlichen Bienen hervorgebracht, die Drohn. Ihre Aufgabe wird später die Begattung einer neuen, jungfräulichen Herrscherin sein.

Und welche Tätigkeiten übt die riesige Zahl von Arbeiterinnen im Bienenstaat aus?

Die erfüllen alle anstehenden Aufgaben, welche – anders als bei den nicht staatenbildenden Insekten – im Bienenvolk ja fortwährend und dazu noch gleichzeitig zu lösen sind. Im Laufe ihres Lebens kann eine Arbeiterin, je nach Alter, ganz verschiedene „Berufe“ wahrnehmen. In ihren ersten Tagen schrubbt sie als Reinigungsbiene leere Wabenzellen. Anschließend pflegt sie als Ammenbiene den Nachwuchs, oder sie kümmert sich als Teil des Hofstaats um die Königin, begleitet, füttert und säubert sie. Ab etwa dem elften Lebenstag wechselt manche Arbeiterin dann zum Bautrupp: Aus speziellen Drüsen am Hinterleib schwitzt sie Wachsziegel zum Bau neuer Waben aus. Oder sie folgt der Profession einer Honigherstellerin und nimmt

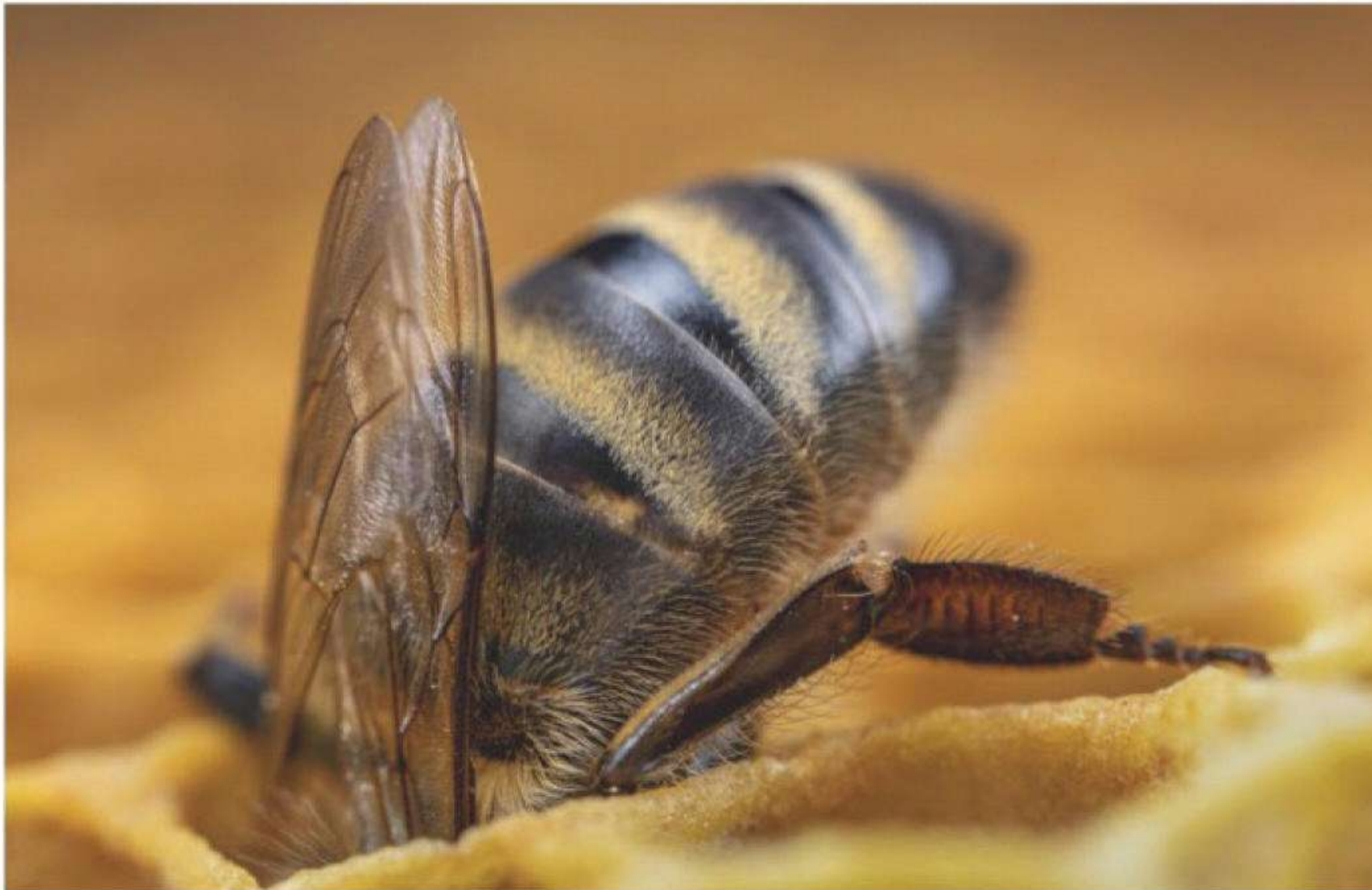
Besiedeln Bienen
eine neue Nisthöhle,
bilden sie eine **Traube**
an deren Decke –
und beginnen dort
sofort mit dem
Wabenbau



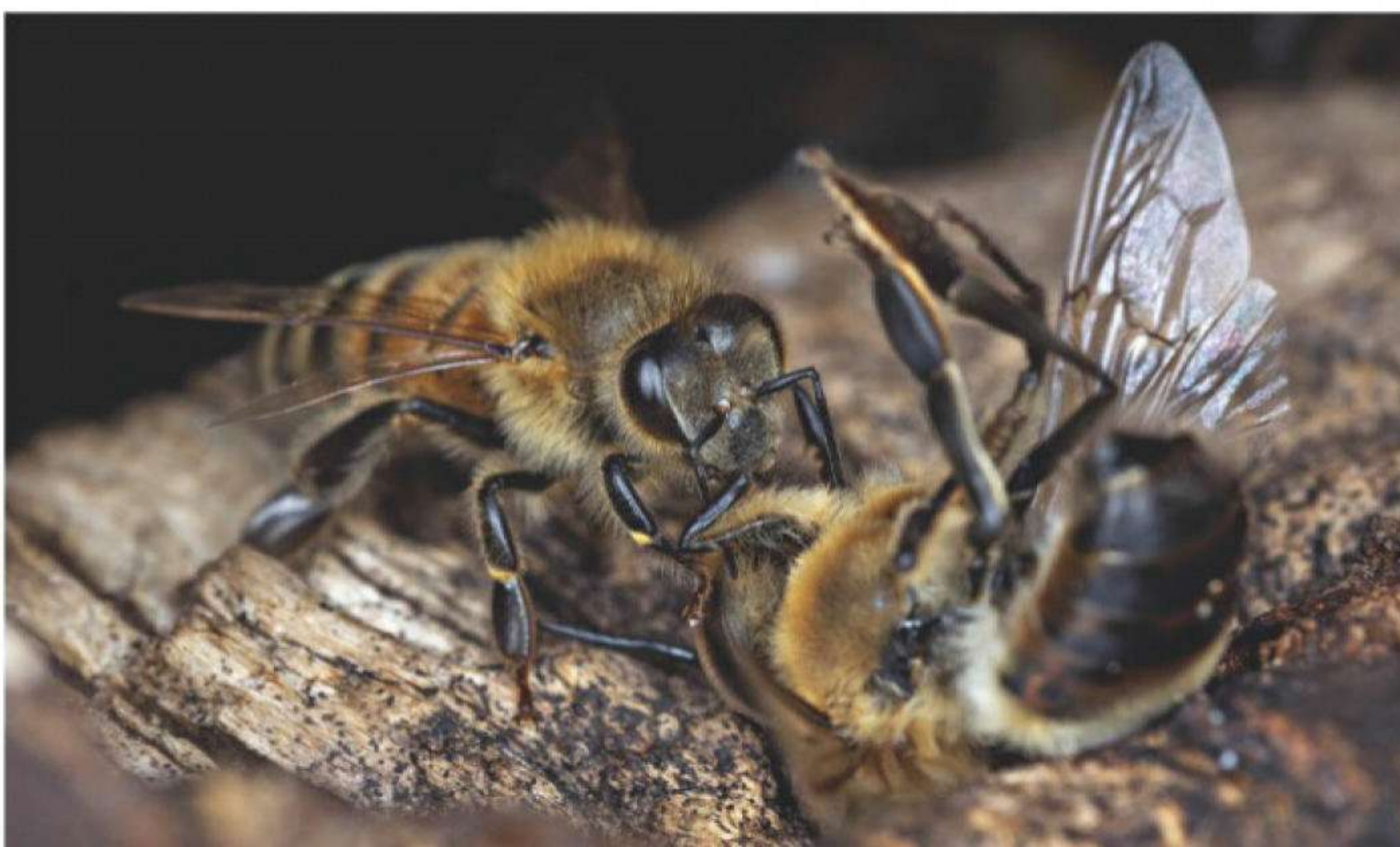


Auf der **Suche nach Nektar** legen Bienen immense Wege zurück: Um ein Glas Honig zu füllen, müsste ein Tier zweimal die Welt umrunden

Eine Arbeiterin prüft eine leere Wabenzelle. Das für deren Bau nötige Wachs stellen die Bienen selbst her: Sie schwitzen es aus **speziellen Drüsen** in ihrem Körper aus



Der normalerweise im Hinterleib verborgene **Giftstachel** der Bienen hat sich aus einer Eilegeröhre entwickelt – männliche Tiere können daher nicht stechen



heimkehrenden Sammelbienen die kostbare Nektar- und Pollenfracht ab, um sie zu verstauen oder zu verfüttern.

Vielleicht arbeitet sie, sollte das gerade vonnöten sein, auch als Fächelbiene, die bei zu großer Hitze im Brutnest die Temperatur herunterregelt. Zudem schufteten alle Arbeiterinnen während ihrer gesamten Zeit im Stock auch als Heizbienen: Die sorgen durch intensives Vibrieren ihrer Flugmuskulatur „im Leerlauf“ für die benötigte Wärme der Brutzellen, in denen die Larven heranwachsen.

Für ältere Arbeitsbienen wird es nach etwa 18 Tagen Zeit, vom Innen- in den Außendienst zu wechseln.

Welche Aufgaben stehen dort an?

Während manche noch als Türsteherinnen das Einflugloch bewachen, wagen sich die anderen aus dem schützenden Stock. Als Kundschafterinnen, „Scouts“, die beispielsweise Futterquellen aufspüren, und schließlich – im anspruchsvollsten und letzten Abschnitt ihres nur rund sechswöchigen Sommerbienen-Lebens – als Sammlerinnen von Pollen, Nektar, Pflanzenharzen oder falls notwendig auch Wasser fliegen sie hinaus ins Feld.

Und während sich ein Solitärinsekt beispielsweise nur entweder verteidigen oder Futter suchen kann, erledigt ein Bienenvolk stets alles gleichzeitig. In jedem Arbeitsbereich sind laufend optimal eingesetzte Bienen tätig! Die Verteilung der Aufgaben zeugt dabei von unglaublicher Plastizität. Denn: Jede Biene vermag jeden geforderten Job sofort auszuführen, eine Arbeiterin kommt gleichsam als Allzweckwerkzeug auf die Welt.

Woher weiß aber die einzelne Honigbiene, was gerade an welchem Ort erledigt werden muss?

Dafür besitzt die Biene ganz unterschiedliche Informationsquellen. Zum einen die Genetik als Basis für das, was sie bevorzugt tut. Schon durch ihr jewei-

Eine weibliche Biene entfernt einen männlichen Artgenossen aus dem Nest. Diese werden im Bau nur während der **Paarungszeit** der Königinnen geduldet

liges Erbgut bedingt existieren gewisse Präferenzen, individuelle Lieblingstätigkeiten. Und es gibt zudem eine von Biene zu Biene unterschiedliche Motivation, auf auslösende Reize auch zu reagieren.

Die konkrete Tätigkeit wird dann zum einen durch die Umgebungswahrnehmung ausgelöst: Die Biene riecht, schmeckt, fühlt die Wärme oder Kühle, nimmt also Reize aus ihrer unmittelbaren Umgebung auf. Wird es beispielsweise im Sommer bei sengender Sonne zu heiß im Brutnest, reiht sich die Arbeiterin rasch in die Riege der Fächerbienen ein, die durch gemeinsames Flügelschwirren vor dem Einflugloch für einen kühlenden Luftstrom im Inneren sorgt.

Zum anderen aber – und das ist ein sehr entscheidender Faktor – werden einer Honigbiene Botschaften von Nestgenossinnen kommuniziert. Viele dieser Inputs kennen wir noch gar nicht, wir beobachten bislang nur die resultierenden Phänomene.

Und über welche Kanäle tauschen Honigbienen untereinander Botschaften aus?

Nun, das hängt immer von der Welt ab, in der sich die Bienen gerade bewegen. Denn eine Honigbiene lebt gleichsam in zwei Welten, zunächst in der Dunkelheit des Nestes der Kolonie und später im Freien. Einen Großteil ihres Lebens verbringt sie buchstäblich im „Stock-Dunkeln“, einer finsternen Umgebung, in der ihr Sehsinn keine Rolle spielt. Neben dem Austausch chemischer Signale, also der Kommunikation über den Geruchssinn, ist hier vor allem die „Schall“-Wahrnehmung gefragt. Obwohl Bienen kein Hörorgan im eigentlichen Sinne besitzen, ist ihre akustische Welt enorm spannend: Sie nehmen unterschiedliche Schwingungen des Untergrunds durch die Füße wahr. Dort und in ihren Beinen sitzen nämlich hochsensible Tastorgane. Eine frisch geschlüpfte Königin etwa – die von den Bienen in der Dunkelheit ja nicht gesehen wird – signalisiert ihre Ankunft in der Kolonie durch ein tutendes Geräusch. Das Tuten spüren die Bienen dann über die Vibration auf der Wabe.



Kommunizieren Honigbienen auch außerhalb des Nestes miteinander, also im freien Feld?

In der gesamten Literatur zu Honigbienen gelten diese Insekten fast ausnahmslos als hochsozial – solange sie sich im Stock befinden. Aber wenn sie

Bis zu 2000 Eier am Tag legt eine Königin ab. Arbeiterinnen füttern und putzen sie rund um die Uhr

sein. Denn auch im Feld gibt es für Bienen Möglichkeiten der Kommunikation, sei es durch ihren Sehsinn oder den Geruchssinn.

Nehmen wir das Beispiel der Kundschafterinnen, die in teils mehreren Kilometern Entfernung ein für das Volk erstrebenswertes Ziel gefunden haben – Futter, einen neuen Nestplatz, eine Wasserstelle. Nun wollen sie andere Bienen der Kolonie, Sammlerinnen, dorthin rekrutieren. Heimgekehrte Scouts führen dann zunächst im Stock eine Art Tanz auf, um ihren Nestgenossinnen die Lage des entdeckten Objekts mitzuteilen.

Wie sieht ein solcher Tanz aus?

Es ist eine auffallende, dabei recht stereotype Bewegung: Die Scouts laufen eine Art liegende Acht und wackeln dazu mit ihrem Hinterteil. Der Winkel, in dem eine tanzende Kundschafterin zu den stets senkrecht hängenden Waben schwänzelt, entspricht dabei in etwa dem Winkel zur Sonne, in welchem die ausfliegenden Bienen den Stock verlassen müssen. Außerdem gilt ganz grob: Je länger die zurückgelegte Schwänzelsecke, umso weiter ist auch das Ziel entfernt.

Per „Schwänzeltanz“ liefern die Kundschafterinnen also wichtige Grundinformationen zur Richtung und zur Entfernung des Ziels. Allerdings kommunizieren sie mit dieser Tanzsprache keineswegs so detailliert, wie es unsere Schulbücher vermitteln; der Schwänzeltanz gibt den Sammlerinnen nämlich nur ein grob umrissenes Gebiet an.

Schon vor rund 100 Jahren hat der berühmte Bienenforscher Karl von Frisch aber bemerkt, dass die gleichen Kundschafter-Bienen, die er erst beim Tanzen im Nest beobachten konnte, später draußen im Feld typische „Brauseflüge“ aufführen. Dabei öffnen sie am angeflogenen Ziel deutlich erkennbar ihre Nasanov-Drüse, eine spezielle Entwicklung

»
Ist eine Biene nur einmal auf einer **Blütenpflanze** gelandet, vergisst sie fortan nie mehr deren **speziellen Duft**
«

das Brutnest verlassen, werden sie in der überlieferten Vorstellung sofort zu Einzelkämpferinnen.

Dass jedoch Honigbienen sich ausschließlich im Nest untereinander austauschen und dann – ausgerüstet mit diesem Wissen – auf sich allein gestellt ausfliegen, kann nur die halbe Wahrheit

am Hinterleib der Honigbienen, in der ein Duftstoff erzeugt wird: das Geraniol. Es wird im Gelände von den Insekten gezielt als Duftwolke in die Luft entlassen, etwa zum punktgenauen Markieren der ergiebigen Futterstelle.

Also wird die Grundinformation des Tanzes im Brutnest präzisiert durch eine Duftstoff-Zielmarkierung im Gelände?

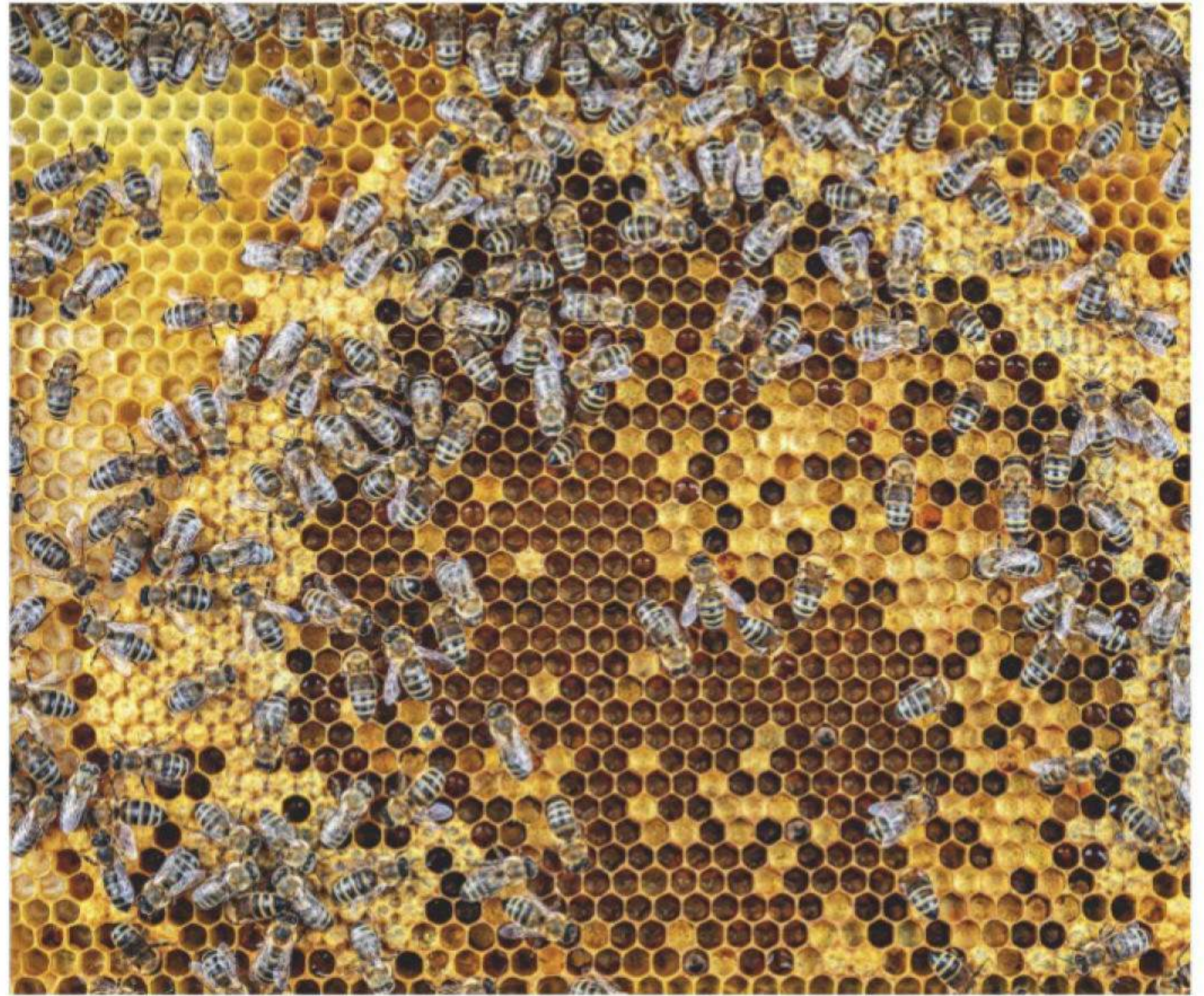
Genau so ist es. Unser klassisches, oft als Dogma betrachtetes Bild tanzen-der Honigbienen vermittelt leider nicht, wie ungenau, geradezu „schlampig“ die durch den Schwänzeltanz übertragene Botschaft ist. Die Bienen erfahren hier zunächst nur – gleichsam als ersten Einstieg in die Kommunikation – eine grobe Richtung und ungefähre Entfernung, in die sie fliegen sollen. Vor Ort, schon draußen im Feld, treffen sie dann auf ihre Stockgenossinnen, die ihnen über den duftenden Lockstoff im Detail weiterhelfen, das angepeilte Ziel präzise zu finden.

Wenn übrigens eine Biene von einer stark duftenden Futterquelle zurückkehrt, tanzt sie im Stock eher wenig – denn sie trägt ausreichend Duft-Informationen am Körper. Fliegt sie jedoch von einer kaum riechenden Quelle heim, bemüht sie sich beim Tanzen und draußen im Feld sehr stark. Der Biene muss demnach „klar sein“, wann sie viel Unterstützung einsetzen muss, um ihre Botschaft zu vermitteln, und wann der Aufwand geringer ausfallen kann.

Legt die Kundschafterin für die nachfolgenden Sammlerinnen auch eine längere Duftspur, die vom Stock bis zur Futterquelle führt, oder beduftet sie nur das Ziel selbst?

Das ist ein sehr interessanter Punkt, bei dem wir wiederum auf Beobachtungen des Nobelpreisträgers Karl von Frisch zurückgreifen können. Er stellte fest, dass Bienen, die das Ziel kennen, und solche, die dorthin geleitet werden sollen, nie miteinander den Stock verlassen. Doch sie kommen stets gemeinsam am Ziel an! Wir wissen leider nicht, wo und vor allem wie sie sich zuvor treffen. Dazu gibt es noch viele offene Fragen.

Hierbei ist ein Phänomen interessant, bei dem das präzise Finden des



Das Nest eines großen Bienenvolks kann mehr als 200 000 Wabenzellen umfassen. Unzählige Arbeiterinnen überwachen permanent deren Sauberkeit, Temperatur und Füllstand – und ziehen in Brutzellen die nächste Generation heran

Ziels sogar noch wichtiger ist als bei einer Futterquelle: der Einzug eines Bienenschwarms in eine neue natürliche Behausung, eine Baumhöhle. Wie finden 20 000 schwärmende Honigbienen ein kleines Loch in einem Baumstamm mitten im Wald, einen Kilometer vom alten Brutnest entfernt? Nun, sie nutzen hier wiederum die identischen Kommunikations-Bausteine – sie tanzen, sie fliegen hin und her, sie beduften das Ziel.

Da diese Verhaltens-Bausteine auch bei der Hinleitung zu einer Futterstelle eingesetzt werden, nenne ich die Futterplatzrekrutierung gern „Mini-Schwarmverhalten“; der Schwarm besteht dann eben nur aus drei oder vier Bienen.

Wie nehmen die Insekten eine durch die Luft gelegte und somit doch rasch verfliegene Duftspur überhaupt wahr?

Der angestammte Lebensraum der Honigbienen ist der Wald, dort haben sie sich entwickelt. Und im Wald herrscht bekanntlich ein ganz eigenes Klima. Luft-

bewegungen sind hier kaum wahrnehmbar, es ist nahezu windstill. Wenn Sie über einen Forstweg spazieren, den eine Viertelstunde zuvor ein Pfeifenraucher gegangen ist, riechen Sie das auch immer noch.

Da wir gerade von Spaziergängern sprechen: Interessant ist auch das besondere Verhältnis Mensch und Honigbiene. Uns verbindet eine sehr lange Geschichte, nicht wahr?

Gehen wir gedanklich einmal einige Millionen Jahre in unsere Stammesgeschichte zurück, ins ostafrikanische Hochland. Dort ist die Honigbiene entstanden und wohl auch wir Menschen. Wenn nun unsere nicht mit Nahrung verwöhnten Vorfahren dort auf ein Bienen- nest stießen, muss ihnen der Honig wie eine Speise der Götter erschienen sein.

Womöglich liegt hier die Wurzel unserer ausgesprochenen Sympathie für die Bienen, die wir ja heute immer noch empfinden.



Bienen sammeln Wasser nicht nur zum Trinken. Sie klimatisieren damit auch ihr Nest: Wird es zu heiß, verteilen sie das Nass auf den Waben und erzeugen durch Flügelschlagen einen kühlenden Luftzug

Und nun sind diese wichtigen, uns so sympathischen Insekten offenbar vom Aussterben bedroht. Ist es wirklich so dramatisch?

Es geht den Honigbienen tatsächlich nicht gut. Und das, obwohl sich immer mehr gerade junge Menschen für das Imkern interessieren und Bienen halten. Gar nicht einmal um Honig zu ernten, sondern weil sie um die unverzichtbare Rolle dieser Insekten im Naturhaushalt wissen und sie gern aktiv unterstützen möchten.

Doch wir stehen vor einigen wirklich besorgniserregenden Problemen. Eines davon ist, wenn man so will, hausgemacht: der Befall der Völker durch die gefährliche Varroamilbe. Diesen importierten Bienenparasiten werden wir nicht mehr ausrotten können, Ziel kann hier nur eine Koexistenz von Bienen und Milben sein.

Dann das Problem der modernen Intensivlandwirtschaft mit ihren riesigen Monokulturen. Das Nahrungsange-

bot wird immer einseitiger, die Blühperioden sind extrem eingengt. Bienenvölker können dadurch heutzutage sogar im Sommer verhungern!

Allerdings ist es auch falsch, die Landwirtschaft hier gesondert als negativ herauszustellen – denn sie liefert nur das, was wir alle wollen. Wir müssen uns selbst fragen, was wir von den Bauern erwarten, wie nachhaltig wir überhaupt leben wollen.

Nun besitzen Honigbienen als Sympathieträger eine große Lobby, ihre Bedrohung hat eine riesige Welle der Hilfsbereitschaft ausgelöst. Wie sieht die Situation anderer Insektenarten aus?

Ich könnte keine Art benennen, der es derzeit nicht schlecht ginge. Alle Insekten sind betroffen, Vögel, auch Säugetiere. Die Honigbiene spielt gerade in diesem Zusammenhang eine immens wichtige Rolle, ja man müsste sie erfinden, wenn es sie noch nicht gäbe. Alles, was der Ho-

nigbiene hilft, nützt auch Schmetterlingen, Libellen, Käfern und anderen Tiergruppen, etwa den insektenfressenden Vögeln oder dem Igel. Bienen sind sozusagen ein wunderbares Trojanisches Pferd zum Einschleusen von Hilfsmaßnahmen, die dann allen Arten zugute kommen.

Wenn wir von Bienen sprechen, verstehen Laien darunter sicher meist die Honigbienen beim Imker. Geht es auch anderen, wild lebenden Bienenarten schlecht?

In Deutschland sollten knapp 600 Wildbienenarten leben – doch die jährliche Bestandserfassung hat erschreckenderweise offenbart, dass wir uns aktuell der Hälfte dieser Zahl nähern. Wildbienen – die mit Ausnahme der Hummel solitär und nicht in Staaten leben – dürfen wir übrigens nicht verwechseln mit wild lebenden Honigbienen. Denn auch die existieren, vom Menschen weitgehend unbemerkt, in unseren Wäldern.



Für den Nestbau bevorzugten Honigbienen hochgelegene, vom Boden schwer erreichbare **Höhlen**

Woran liegt das?

Die modernen Stöcke sind zu sauber, es fehlt an Lebensraum, an Verstecken, an Nahrung für seinen Nachwuchs. Bei den frei lebenden Bienenvölkern dagegen ist der Bücherskorpion offenbar ein regelmäßiger Mitbewohner.

Viele sicher ebenfalls nützliche Mikroorganismen in den Baumhöhlen – die Bakterien- und Pilzgemeinschaft – kennen wir noch gar nicht. Hier eröffnet sich ein völlig neues, wichtiges Forschungsgebiet. Denn je besser wir die komplexe Einbindung der Honigbienen in ihr natürliches Netzwerk verstehen, umso gezielter können wir ihnen helfen, sie entlasten. Bienen wie Imkern ließe sich so das Leben erleichtern.

Der entscheidende Vorteil gegenüber Völkern in menschlicher Obhut ist der, dass an den frei lebenden Honigbienen ungehindert die Prozesse der natürlichen Selektion ablaufen. Nur durch diesen Mechanismus können Organismen sich langfristig an wechselnde Umweltbedingungen anpassen.

Und damit sind die wilden Völker so etwas wie eine eiserne Reserve, ein Genpool, auf den die Imkerei bei nicht absehbaren künftigen Problemen einmal zurückgreifen könnte.

Das Wunderbare ist ja: Egal wie lange ein Volk in menschlicher Obhut war – wenn ein Schwarm in den Wald ausbüxt, zeigt sich, dass die Bienen nichts verlernt haben von ihrem natürlichen Verhaltensrepertoire. Unsere Honigbienen sind keine Haustiere, selbst wenn sie derzeit in Deutschland nicht als Wildtier anerkannt werden. In dem Augenblick, wo sie offiziell als Wildtier gelten würden, wäre zugleich ihr Biotop schützenswert, die Wälder.

Und zu bunten, vielfältigen und gesunden Wäldern gehören Bienen als natürlicher Bestandteil dazu. Ohne sie geht es nicht.

Wie geht es diesen freien Honigbienen-Kolonien?

In ihrem angestammten Lebensraum, den Wäldern, geht es denen nach allem, was wir wissen, sehr gut. Offenbar haben sie sich mit Parasiten und Krankheiten arrangieren können. Und es gibt viel mehr dieser wild lebenden Völker, als mein Forschungsteam und ich zunächst gedacht hätten.

Worin liegt der große Unterschied von frei lebenden Kolonien zu den Völkern in menschlicher Obhut?

Ausschlaggebend ist die Einbettung der wild lebenden Honigbienen in ein komplexes Ökosystem. Damit meine ich nicht allein den Wald als ihr natürliches Lebensumfeld. Schon die Baumhöhle als Miniatur-Biotop zeichnet sich durch eine besondere Mit-Lebewelt der Bienen aus.

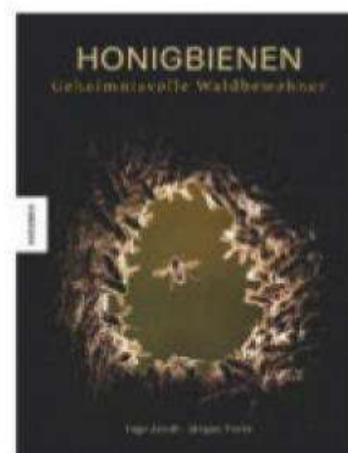
Ein nützlicher Helfer der Bienen, der Parasiten wie die Varroamilbe bekämpft, war bei früheren Imkern sogar gern gesehen: der Bücherskorpion.

Aus den heutigen Bienenbeuten – den von Menschen geschaffenen künstlichen Behausungen – ist das nur wenige Millimeter große Spinnentier leider verschwunden.

»
Die Honigbiene
spielt eine
**Schlüsselrolle im
Artenschutz** –
alles, was ihr
hilft, **nutzt auch
vielen anderen
Tierarten**
«

Das neue Buch

von Professor Jürgen Tautz und dem preisgekrönten Naturfotografen Ingo Arndt ist gerade im Knesebeck-Verlag erschienen: »Honigbienen – Geheimnisvolle Waldbewohner«



Wissen ist die beste Medizin.

GEO WISSEN
GESUNDHEIT

NR. 13

Yoga & Meditation

PLUS:
Übungen für einen starken Rücken!

Neue Erkenntnisse der Forschung:
Wie Bewegung und Entspannung die inneren Heilkräfte anregen

ÜBERBLICK
Was können Pilates, MBSR, Qigong und Co.?

STRESS
So lässt er sich wegatmen

AYURVEDA
Die Weisheit der indischen Medizin

FASTENWANDERN
Eine Wohltat für Körper und Psyche

GEO WISSEN
GESUNDHEIT
DVT
Health-Yoga
von und mit Ranja Weis

FSK 0

Auch mit DVD erhältlich

Jetzt im Handel.

Und im Webshop: shop.geo.de/wissen



Text: Anke Sparmann
Illustrationen: Matt Dorfman

Und es werden immer weniger

Die Zahlen sind dramatisch: **Um mehr als Dreiviertel** ist die Masse aller Insekten in den vergangenen rund 30 Jahren zurückgegangen. Was lässt Bienen und Käfer, Schmetterlinge und Heuschrecken von unseren Wiesen und Fluren verschwinden?



Nicht nur hierzulande
kollabieren die Bestände
von Sechsheinern: Das
INSEKTENSTERBEN ist ein
globales Phänomen. Und
die komplexen Ursachen dafür
sind noch nicht vollends
verstanden

Am Vorabend haben sie eine ihrer Fallen geleert, nach zehn Tagen, wie sie das seit Jahren tun. Früher füllte die Ausbeute einen Kanister. Heute reicht ein Kunststofffläschchen.

So wenig ist übriggeblieben.

Martin Sorg kippt den Inhalt des Fläschchens in eine Schale: Fluginsekten, ertrunken in 80-prozentigem Ethanol. Ein Knäuel aus Fühlern, Beinchen, Flügeln, Rümpfen.

Krefeld, das Vereinsheim der Entomologen, ein sonniger Tag im Mai.

Entomologie ist die Kunde von den Insekten. Viele der mehr als 60 Mitglieder des Vereins betreiben sie hobbymäßig, was nicht bedeutet: laienhaft. In Fachkreisen gilt vor allem Martin Sorg, seit Jahrzehnten Mitglied der Krefelder Entomologen, als exzellenter Wissenschaftler. Sorg hat gemeinsam mit anderen 2017 eine Studie veröffentlicht, die in nüchternen Worten ein Drama beschrieb: Von unseren Feldern, Wäldern und Fluren verschwinden die Insekten. In 27 Jahren sank die Insektenbiomasse um mehr als 75 Prozent.

Die nackte Wucht dieser einen Zahl schockierte die Öffentlichkeit. Die „New York Times“ erkannte ein „ökologisches Armageddon“.

Mit dem Wissen von heute muss man sagen: Es war nur die Ouvertüre zu einer noch größeren Tragödie. Das zeigen die neuen Proben, die an diesem Maitag in Krefeld vor Martin Sorg liegen.

Das Insektensterben beschäftigt mittlerweile Experten an Universitäten, Behörden und Ministerien. Doch Martin Sorg hat sich in das Thema verbissen wie sonst wohl niemand. Und er verfügt über ein Gut, das in der Welt der Wissenschaft als das höchste gilt: Er hat die Daten.

In den 1980er Jahren begannen die Krefelder, Insekten zu zählen. Welche bevölkern einen Berg? Welche eine Niederung, einen Wald, eine Wiese? An über 60 Standorten – die meisten in Nordrhein-Westfalen, fast alle in Schutzgebieten – stellten sie Insektenfallen auf. Über die Jahre gingen ihnen insgesamt mehr als 50 Kilogramm Fluginsekten ins Netz. Abertausende Sammelflaschen, sorgfältig etikettiert, verpackt in Umzugs-

kisten, stapeln sich im Obergeschoss der Entomologischen Sammlungen Krefeld. „Sie erlauben uns“, sagt Martin Sorg, „in die Vergangenheit zu reisen.“

Er zupft mit einer Federstahlpinzette den Fang vom Vortag auseinander. Man erkennt den gelb-schwarz gebänderten Rumpf einer Biene, metallisch glänzende Fliegenkörper, eine stattliche Heuschrecke, winzige Schwebfliegen.

„Die Frage ist“, sagt Sorg: „Wer fehlt?“

Für ihre neue, noch unveröffentlichte Untersuchung haben die Krefelder nach einer Antwort gesucht. Sie schlüsselten die Massenverluste nach Familien und Arten auf. Verglichen das Vorkommen in jüngeren mit dem in älteren Proben. Wie hat sich das Spektrum über die Zeit verändert?

Die folgenden Zahlen stammen aus dem Wahnachtal. Ein Schutzgebiet im Rhein-Sieg-Kreis, wo der Verein sechs Fallen unterhielt. Verglichen wurden Fänge von 1989 und 2014. Ein Experte hat sich mit der Familie der Schwebfliegen befasst. Die Zahl der Individuen sackte von 17 291 auf 2738 – ein Verlust von 84 Prozent. Eine Bestimmung der Arten ergab: Von den ehemals 140 Spezies fanden sich nur noch 104.

25 Prozent aller Arten sind verschwunden.

Nach allem, was Martin Sorg bereits vor Publikation aller Daten durchklingen lässt, bilden Schwebfliegen keine

Ausnahme. Der Tod grassiert in allen Gruppen. Dezimiert sämtliche untersuchten Familien. Zuvor häufige Spezies sind seltener geworden. Die früher schon seltenen verschwinden. Im Schnitt verabschiedet sich jedes Jahr ein Prozent der Arten.

Im Oktober 2019 stellt ein internationales Forschungsteam unter Leitung der Technischen Universität München fest: Vom Artenschwund ist heute ein Großteil aller Insektengruppen betroffen. Zwischen 2008 und 2017 hatten die Wissenschaftler mehr als eine Million Insekten auf rund 300 Flächen gesammelt. Das erschreckende Fazit: insgesamt etwa ein Drittel weniger Arten. Zwar leiden

vor allem die an inten-

siv bewirtschaftete

Ackerflächen gren-

zenden Wiesen. Die

Insekten verschwin-

den jedoch auch im Wald und in Schutzgebieten.


Ebenfalls 2019 bestätigt eine Analyse der bundesweiten Roten Listen das ganze Ausmaß des Rückgangs: Ein erheblicher Anteil der fast 7000 untersuchten Arten und Unterarten von Insekten zeigt im kurz- wie langfristigen Trend drastisch abnehmende Bestände.

Der Verlust der Masse, festgehalten in der Langzeitstudie von 2017, ließ Raum für Hoffnung, denn Insekten vermehren sich zahlreich, viele in kurzen Zyklen. Unter guten Bedingungen könnten sich ihre Bestände erholen.

Das Sterben einer Spezies aber ist unumkehrbar. Selbst wenn der Tod sie nur lokal ereilt. „Die Arten sind verloren für uns, unsere Kinder, Enkel und Urenkel“, sagt Martin Sorg.

**Der
Tod einer
Spezies ist
unumkehrbar,
selbst
wenn er
sie
nur lokal
ereilt**

...



Der Niedergang der mit Abstand größten Klasse unter den beschriebenen Lebewesen auf der Erde: Längst hält er nicht nur Forscher hierzulande in Atem. Die erste Krefeld-Studie ist zur Blaupause für ungezählte Folgeuntersuchungen geworden.

So wird offenbar: Rund um den Globus kollabieren die Bestände. In den Niederlanden halten Forscher einen Rückgang der Schmetterlinge um 84 Prozent fest. Wildbienen und Schwebfliegen sind in Großbritannien seit 1980 aus einem Viertel ihres einstigen Verbreitungsgebiets verschwunden. In einem Regenwald in Puerto Rico belaufen sich die Verluste der Insektenmasse am Boden über 35 Jahre auf horrenden 98 Prozent, in den Baumkronen sind es 80 Prozent.

Weltweit schweben Insekten in Gefahr.

Die Frage drängt sich auf: Haben sie alle es mit einem gemeinsamem Gegner zu tun?

m

Monheim am Rhein, Standort von Crop Science, der Landwirtschaftssparte der Bayer AG. Markus Dollinger ist bei Bayer für die Entwicklung von Insektiziden zuständig. Er empfängt im Eingang eines Glasgebäudes, sein neues Labor: 11 000 Quadratmeter, 45 Millionen Euro Baukosten. Die Zeiten sind schwierig für die Bayer AG. Im Juni 2018 übernahm der Konzern den amerikanischen Wettbewerber Monsanto. Das deutsche Unternehmen stieg so zum internationalen Marktführer in der Agrochemie auf.

Bayer vertreibt jetzt das rund um den Globus am häufigsten eingesetzte Unkrautvernichtungsmittel: Glyphosat, von Monsanto Mitte der 1970er

Jahre eingeführt. Und Bayer verkauft die weltweit gebräuchlichsten Insektizide: Mittel mit Wirkstoffen aus der Gruppe der Neonicotinoide („Neonics“), hochwirksame Nervengifte, seit den 1990er Jahren auf dem Markt. Bauern in mehr als 120 Ländern setzen sie ein, um Schädlinge zu töten.

Glyphosat und Neonics verschaffen Bayer Milliardenumsätze, doch die beiden Topseller werden zur Belastung für das Unternehmen. Auf Glyphosat lastet der Verdacht, Krebs zu erzeugen; in den USA haben Erkrankte begonnen, auf Schadenersatz zu klagen. Dem deutschen Konzern droht eine Prozessflut, seine Aktien haben im vergangenen Jahr mehr als ein Drittel ihres Werts eingebüßt.

In Europa beschließt die EU-Kommission, drei Wirkstoffen aus der Gruppe der Neonicotinoide die Zulassung zu entziehen, weil sie Nutzinsekten wie Bienen und Hummeln schaden. Betroffen von

Zwar macht sich das Insektensterben vor allem in der Nähe **INTENSIV BEWIRTSCHAFTETER ACKERFLÄCHEN** bemerkbar. Doch die Sechsheiner verschwinden auch aus Naturschutzgebieten

dem Entscheid sind unter anderem Clothianidin und Imidacloprid, von Bayer unter den Handelsnamen „Poncho“ und „Gaucho“ vertrieben.

Einen neuen Wirkstoff zur Marktreife zu bringen, der die in Verruf geratenen Neonicotinoide ersetzt: Vor dieser Aufgabe steht Markus Dollinger. Er arbeitet an der Quadratur des Kreises: Ein Insektizid soll Schädlinge vernichten und Nützlinge verschonen, darf die Gesundheit von Menschen, Säugetieren, Fischen, Vögeln nicht angreifen. Zugleich aber muss das Gift schnell wirken. Ein Bauer, dessen Pflanzen Blattläuse oder Rapsglanzkäfer befallen, übt sich, so Dollingers Erfahrung, nicht gern in Geduld.

Etwa 160 000 chemische Verbindungen muss Bayer auf ihre Tauglichkeit als Wirkstoff eines Insektizids untersuchen, um ein brauchbares zu finden. Teilchen aus der Tiefsee, Muster vom Mond. „Haut Spucke drauf! Pipi!“, rufe er seinen Chemikern zu, erzählt Dollinger.

Zeigt sich dann eine Reaktion, beginnt ein rund zehnjähriger Entwicklungsmarathon. Der Wirkstoff wird auf unterschiedlichen Kulturen, besetzt mit Schädlingen aus aller Welt, in Laborräumen getestet, zu denen Dollinger nun die Glastüren aufreißt. Jeder Raum hat eine andere Temperatur, eine andere Luftfeuchtigkeit, jedes Klima der Erde ist in dem Monheimer Glasgebäude vertreten, jeder Regen kann hier imitiert werden, vom norddeutschen Fisseln bis zum tropischen Guss.

Es ist an dieser Stelle wichtig, zwei Wörter des atemlosen Vortrags von Dollinger nicht zu verwechseln: Wirkstoff und Wirkmechanismus.

Ein, vielleicht zwei neue Wirkstoffe bringt Bayer pro Jahr heraus. Ein neuer Wirkmechanismus jedoch ist offenbar nicht in Sicht.

„Golden Target“ nennen Chemiker das Ziel, das Neonicotinoide bei Insekten angreifen: einen Rezeptor in ihren Nervenzellen. Beim Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit in Braunschweig liegen mehrere Anträge auf Zulassung von Insektenvernichtungsmitteln für den deutschen Markt vor. Ihre Wirkstoffe laufen zwar nicht unter der Bezeichnung Neonicotinoide. Aber sie zielen allesamt auf denselben Rezeptor. „Sivanto“ heißt ein noch recht neues Bayer-Insektizid, mit dem Wirkstoff Flupyradifurone.

Die Genehmigung für den deutschen Markt war noch nicht erteilt, da erschien in dem renommierten Wissenschaftsmagazin „Nature“ bereits die erste von unabhängigen Forschern erhobene Sivanto-Studie. Auch Flupyradifurone

bildet demnach für Bienen ein Risiko: Würzburger Wissenschaftler wiesen nach, dass die Substanz deren Lernvermögen beeinträchtigt – wenn auch nur in hoher Dosis.



Dazu muss man wissen: Bevor eine Substanz auf dem europäischen Markt vertrieben werden darf, muss der Hersteller nachweisen, dass sie keinerlei „Nichtzielorganismen“ schädigt. Er testet den Effekt eines Wirkstoffs jedoch nicht im Hinblick auf alle Lebewesen, sondern nur an einigen wenigen Modellorganismen.

Als Stellvertreter für Fluginsekten etwa dient die Honigbiene. Ein zentraler Wert bei diesen Versuchen heißt LD 50. LD steht für letale Dosis.

Die LD 50 gibt an, bei welcher Menge die Hälfte der Modellorganismen – also etwa Honigbienen – an dem Wirkstoff zugrunde geht. „Wegschautests“ nennen manche Experten die LD-50-Versuche.

Honigbienen bekommen den Wirkstoff. Dann, 24 oder 48 Stunden später, zählt ein Laborant die Toten und die Lebenden. Doch im Fall der Neonicotinoide zeigte sich im Freiland, was Labortests nicht verrieten: Honigbienen sterben an den Substanzen, wenn auch nicht unmittelbar. Die Wirkstoffe beeinträchtigen die Orientierung der Bienen. Sie finden nach Flügen nicht zurück zum Stock. Suchen ihn, bis zur tödlichen Erschöpfung.

Mit jeder Markteinführung eines Pestizids beginnt ein Feldexperiment, dessen Ergebnis

sich erst Jahre später abzeichnet. Niemand weiß genau zu sagen, welche mittel- oder unmittelbar tödlichen Effekte eine Substanz auf die Tausenden Arten von Insekten hat: Wie sie auf Orientierung, Immunsystem, Fortpflanzung

wirkt. Oder welche Effekte die Substanz in Kombination mit weiteren Pestiziden hat.

Und erst recht weiß niemand, welchen Einfluss sie auf eine Lebensgemeinschaft ausübt. Möglich ist etwa, dass ein Wirkstoff von Hunderten Nichtziel-Arten nur eine einzige dezimiert; deren Verschwinden aber im Gefüge ökologischer Abhängigkeiten eine solch große Lücke reißt, dass es kaskadenartig auch andere in den Abgrund reißt.

Eine knappe Autostunde trennt Krefeld von Monheim am Rhein. Insektenkundler hier und Chemieriese Bayer dort eint das Bestreben, die Ursachen des Insektenschwunds aufzudecken. Kaum jemand verfügt über mehr Insektendaten aus standardisierter Fangtechnik als die Krefelder. Und keiner weiß besser Bescheid über die Eigenschaften eines Gifts als sein Hersteller. Gemeinsame Treffen finden statt; Martin Sorg spricht von einem „informellen Austausch“.

Aufseiten des Bayer-Konzerns betreibt Christian Maus den Austausch. Maus, Entomologe, leitet das Bayer Bee Care Center, das sich vorrangig mit Fragen der Bienengesundheit befasst.

Christian Maus zweifelt nicht an der Korrektheit der Krefelder Zahlen, betont jedoch: „Wir von Bayer gehen nicht davon aus, dass Pflanzenschutzmittel beim Rückgang der Insekten eine Schlüsselrolle spielen.“ Maus begründet diese Annahme damit, dass der dramatische Schwund in deutschen Naturschutzgebieten gemessen wurde – also nicht in landwirtschaftlich genutzten Gefilden.

Maus' Argument leuchtet zunächst ein. Wie könnten Pestizide fernab von ihrem Einsatzort ein Massensterben unter Insekten bewirken?

Allerdings: Wie ungeheuerlich wäre es, wenn sie es täten! Würde dies doch bedeuten, dass Insekten nicht einmal in Kerngebieten des Naturschutzes – und nur dort existieren zahlreiche Arten überhaupt noch – vor Giften sicher sind.

Das im Mai 2019 gestartete, vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Großprojekt DINA will die Ursachen des Sterbens der Insekten in Naturschutzgebieten nun genau erforschen. Die Zusammenhänge, die Treiber erfassen. In welchem Umfang zieht die

**Mit jeder
Markt-
einführung
eines Pesti-
zids beginnt
ein Experi-
ment mit
ungewissem
Ausgang**



Landnutzung die Arten in Mitleiden- schaft, wie die Verinselung von Lebens- räumen, die Pestizidbelastung? Darauf sucht man wissenschaftlich fundierte Antworten. Erklärtes Ziel des neuen Millionenprojekts: langfristig tragbare Handlungsoptionen entwickeln zum Schutz der Vielfalt. Und die beteiligten Akteure vor Ort – die Eigentümer, die Landnutzer, die Naturschützer – optimal mit einbinden.

Ein Schutzgebiet im Nordosten von Krefeld. Heide und Magerrasen bedecken den Boden. An einem gut besonnten Flecken spannt sich ein zeltartiges Gebilde. Eine Malaisefalle. Seit Jahr-

zehnten benutzen die Krefelder Entomologen diesen Fallentyp, stellen die Fallen sogar selbst her, damit sie absolut identisch sind: Insekten fliegen unter die Plane, stoßen dort

auf ein Netz. Sie steigen auf, um das Hindernis zu überwinden, landen stattdessen aber im First des Zelts in einem Behälter mit 80-prozentigem Alkohol.

Daten zur langjährigen Bestandsentwicklung in diesem auf einem Hügel liegenden Schutzgebiet sind zum Zeitpunkt unseres Besuchs noch nicht publiziert. Martin Sorg hält präzise Angaben zurück, bezeichnet die Verluste aber als deutlich niedriger als an anderen Standorten.

Ausreißer in ihren Statistiken sind für Forscher interessant. Was zeichnet diesen Standort aus?

Sorg geht hinüber zu einem Acker, der auch noch im Schutzgebiet liegt. Zwischen Weizenhalmen blühen Kornblumen, Klatschmohn, Kamille. Der Acker wird ökologisch bewirtschaftet: Dies ist die erste Besonderheit. Die zweite: Es ist die Anhöhe, an mehreren Seiten von Wald eingerahmt.

Viele Schutzgebiete am Niederrhein wurden im Gegensatz hierzu in Niederungen ausgewiesen, auf Flächen, die weniger für die Landwirtschaft taugen. Hier sammelt sich Nässe, der Un-

tergrund ist zu sumpfig für schweres Gerät.

Gewöhnlich haben feuchte Biotope eine höhere Pflanzenmenge und damit auch größere Insektenbestände. In den frühen Jahren fingen die Krefelder Entomologen in solchen Niederungen weit mehr Insekten als in trockenen Lebensräumen. Inzwischen hat sich das Bild zum Teil ins Gegenteil verkehrt. Die Insektenkiller, vermuten die Krefelder Entomologen, „kommen offenbar nicht so gut den Hang hinauf“.

Während Entomologen nach dem Verbleib der Insekten fahnden, schreiten Umweltforscher an einer anderen Front voran: Sie erkunden den Verbleib von Pestiziden. Ans Licht dringen Ausmaße der Kontamination und Pfade der Verbreitung, die kein Laie erahnte – und die selbst Experten verblüffen.

In einer im Frühjahr 2019 veröffentlichten Studie untersuchten Forscher Böden und Kulturpflanzen von 62 Bauernhöfen in der Schweiz, sowohl konventionell als auch ökologisch wirtschaftende Betriebe. In fast allen – 93 Prozent – Boden- und Erntemustern von Bio-Betrieben fanden sich Neonics.

Von besonderer Brisanz: ein Bericht aus den Niederlanden. In der Provinz Gelderland beproben Untersucher Kraftfutter, Dung und Böden bei 24 Viehbauern. Sie finden insgesamt 134 unterschiedliche Pestizide. Wieder sind auch ökologisch wirtschaftende Höfe betroffen; in den neun Bio-Betrieben zählen die Forscher 71 chemische Substanzen.

Die Pestizide kommen offenbar hauptsächlich über das Futter in die Ställe. Die Konzentrationen sind teilweise so hoch, dass sich im frischen Kuhmist keine Käfer mehr finden, die den Dung üblicherweise zersetzen. Viehbetriebe bringen Mist und Gülle auf Grünland aus. Über diesen Weg landen Pestizide, die man nur auf Äckern erwarten würde, auch

auf Wiesen und Weiden. In beunruhigend hoher Konzentration: Die Autoren des Berichts empfehlen dringend, die Grenzwerte für Pestizide in Kraftfutter – oft Soja aus Südamerika – um den Faktor 1000 zu senken.

Wie aber dringen die in der Agrarwirtschaft allgegenwärtigen Stoffe in die Schutzgebiete?

Mitte Juni 2019 ist eine Studie erschienen, deren Verfasser 29 kleine Fließgewässer in zehn Ländern der EU analysiert haben. Drei der Proben entnahmen sie im Westen Deutschlands. Sie entdeckten 103 verschiedene Pestizide, darunter 24, die in der EU nicht (mehr) zugelassen sind. In jeder dritten Probe lag die Konzentration der Gifte über den zulässigen Grenzwerten. Besonders häufig über dem Limit: die verbotenen Bayer-Neonics „Poncho“ und „Gaucho“, Clothianidin und Imidacloprid.

e

Eine lange Indizienkette zeigt: Was Christian Maus von der Bayer AG nicht für möglich hält, ist in Wirklichkeit hochwahrscheinlich.

Insektenschädliche Substanzen finden einen Weg in Schutzgebiete; über Grund- und Oberflächenwasser dürften sie vor allem in Niederungen landen – dort, wo die Krefelder die höchsten Verluste verzeichnen.

Eine Gruppe von Stoffen, die Insekten den Garaus machen, sind sogenannte Neonikotinoide: Die GIFTE VERÄNDERN die Weiterleitung von Signalen innerhalb des Nervensystems

In jeder dritten Probe lag die Konzentration der Gifte über den zulässigen Grenzwerten

...

Spielen Pestizide also eine Hauptrolle beim Insektenschwund? Für zahlreiche im Laufe dieser Recherche befragte Experten hat sich der Verdacht zur Gewissheit erhärtet. Matthias Liess, Ökotoxikologe am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung in Leipzig, sagt: „Für jeden, der zwei und zwei zusammenzählen kann, liegt die Sache auf der Hand.“

Doch den Entomologen fehlt das entscheidende Puzzleteil. Um einen Ursache-Wirkungs-Zusammenhang in den vom Krefelder Verein untersuchten Gebieten wissenschaftlich nachzuweisen, müssten sie wissen, welche Pestizide in der Umgebung ausgebracht wurden. Sie müssten Ort, Menge und Zeitpunkt der Ausbringung kennen – und mit den Datensätzen zum Insektensterben korrelieren.

Die Informationen existieren. Landwirte sind verpflichtet, Spritzbücher zu führen, in denen sie eintragen, wann welches Herbizid, Fungizid, Insektizid, Düngemittel in welcher Menge auf ihren Flächen landet. Einblick in diese Daten gewinnen jedoch nur die Landwirtschaftskammern.

Heute, bald zweieinhalb Jahre nach Veröffentlichung der ersten Krefelder Studie zum Insektensterben, konstatiert Sorg: „Wir haben solche Daten nicht. Und es gibt bisher keine Regelung, dass Informationen über Pestizidanwendungen in Naturschutzgebieten für wissenschaftliche Zwecke offengelegt werden.“

Es gibt keinerlei Datenaustausch zwischen, einerseits, Bauern, die chemische Substanzen auf ihren Flächen ausbringen, und Vertretern von Naturschutzbehörden andererseits. Nicht einmal, wenn die Äcker innerhalb streng geschützter Gebiete liegen – oder an sie grenzen. Dass es Landwirten gestattet ist, inmitten von Schutzflächen Gifte zu spritzen: Auch davon erfährt die Öffentlichkeit vor allem über die hartnäckige Forschung zu den Ursachen des Insektensterbens.

**Es ist
unmöglich
vorher-
zusehen, ab
wann das
gesamte Sys-
tem aus dem
Gleichge-
wicht gerät**

Bonn-Bad Godesberg, Sitz der obersten Naturschutzbehörde Deutschlands. Andreas Krüß leitet hier, im Bundesamt für Naturschutz, die Abteilung Ökologie und Schutz von Fauna und Flora. Neben ihm verdorrt eine Blattpflanze, auf seinem Schreibtisch türmen sich Vorlagen.

„Die Insekten“, sagt Krüß, „beschäftigen uns rund um die Uhr.“

Vor gut einem Jahr haben die regierenden Parteien den Insektenschwund auf ihre Agenda gesetzt. CDU/CSU und SPD kündigten in ihrem Koalitionsvertrag ein „Aktionsprogramm Insektenschutz“ an, am 4. September 2019 hat das Bundeskabinett das „API“ beschlossen. Einbezogen in ein Biodiversitätsmonitoring: Bundesumwelt- und Bundeslandwirtschaftsministerium.

Teil des Aktionsprogramms, auf das sich die beteiligten Ressorts verständigten: ein Insektenmonitoring. Ein bundesweites Überwachungssystem für Insekten, wie es Experten für überfällig halten. Krüß sagt: „Wir haben ein umfassendes Monitoring schon lange gefordert. Dann hätten wir jetzt eine bessere Datengrundlage.“ Ein Versäumnis. Es wird nicht wiedergutzumachen sein.

Die Aufgabe, vor der die Forscher nun stehen, gleicht der von Klimawissenschaftlern, die heute mit dem Messen der Erderwärmung beginnen würden – ohne auf alte Wetteraufzeichnungen zurückgreifen zu können. Beim Blick in die Vergangenheit können sie, bezogen auf ganz Deutschland, weder sagen, wann der Insektenschwund einsetzte, noch, auf welchem Niveau. Es fehlt das Jahr null.

Und voraussichtlich wird das Monitoring mit einem zweiten Geburtsfehler zur Welt kommen. Auch die Erfasser der bundesweiten Insektenbestände sollen keinen Zugriff auf die sogenannten ökotoxikologischen Daten bekommen: die Spritzbücher der Bauern. Blockiert wird deren Freigabe vom Landwirtschafts-

ministerium. Das Umweltressort steht ihm in dieser Frage offenbar machtlos gegenüber.

Was aber ist ein Überwachungssystem für Insekten wert, das nicht alle Faktoren ihrer Umwelt erfasst, sondern den mutmaßlich wichtigsten außen vor lässt?

Es ist nicht ohne bittere Ironie, dass die Bauernverbände nach Erscheinen der ersten Krefelder Studie auf „mehr Forschung“ zum Insektensterben drängten – nun aber mit ihrer Lobbyarbeit den Erkenntnisgewinn hintertreiben.

Es ist schwer, abzusehen, wie in dieser Gemengelage die Trendwende im Insektensterben zu schaffen wäre. Unmöglich auch zu sagen, wie sich das Sterben einzelner Arten auswirkt, den Zeitpunkt vorherzusehen, an dem das gesamte System aus dem Gleichgewicht gerät.

Die Zusammenhänge in einer Lebensgemeinschaft sind komplex und kaum verstanden. Zumal Insekten unterschiedliche Lebensstadien haben, in denen sie verschiedene Funktionen ausüben. Erwachsene Schwebfliegen beispielsweise sind wichtige Bestäuber. Im Larvenstadium bekämpfen einige Spezies der Familie zudem Schädlinge; eine einzige Larve vertilgt während dieser Wachstumszeit bis zu 300 Blattläuse.



Je mehr Insekten sterben, desto weitreichender sind die Auswirkungen **AUF DAS GANZE ÖKOSYSTEM**. Denn Insektenfresser wie Vögel oder Igel finden immer weniger Nahrung

Was, wenn auch die Schwebfliegen nach und nach verschwinden? Dann fehlt es Vögeln an Nahrung, Blüten an Bestäubern, Schädlingen an Feinden. Die Folgen sind nur ansatzweise zu fassen. Gerade unter Vogelarten etwa, die man überall im Land erwarten würde, findet das große Sterben statt. Früher weit verbreitete Singvögel leiden unter dramatischen Verlusten – es sind typische Feldvögel, die in der Agrarlandschaft brüten und vorwiegend auf Insektennahrung angewiesen sind. Aber auch andere Insektenfresser sind vom extremen Rückgang ihrer Beute betroffen: In Bayern steht der Igel heute in der Vorwarnstufe der Roten Liste für Säugetiere.



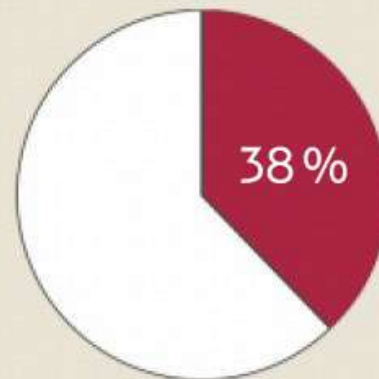
Wie so viele Menschen stürzte die Nachricht vom Insektensterben auch Christine Jantzen in große Sorge. Jantzen, eine energische Frau mit Kurzhaarschnitt, 51 Jahre alt, ist die Bürgermeisterin von Kieve. Die Gemeinde zählt zum Landkreis Mecklenburgische Seenplatte: 130 Einwohner, eine Feldsteinkirche, ein Badensee. Das Dorf könnte ein Ort der Weltflucht sein, aber für Jantzen ist es ein Raum, in dem große Probleme zu Angelegenheiten schrumpfen, die sie regeln kann.

„Christine“, sagen die Kiever über ihre Bürgermeisterin, „die meckert nicht, die macht.“

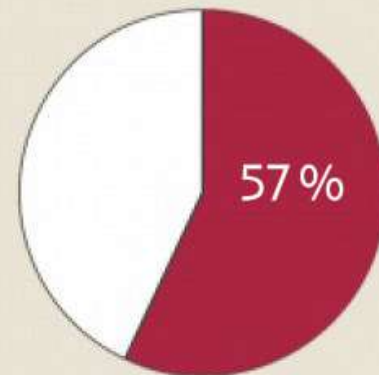
Was aber kann man gegen das Insektensterben machen?

An einem sonnigen Frühlingstag sucht Jantzen das Gespräch mit dem letzten Bauern von Kieve, Albrecht Wolter. Sein Hof liegt mitten im Dorf, seine Flächen umzingeln es. Fast jeder Garten in Kieve grenzt an einen Wolter-Acker: Raps, Weizen, Gerste, Roggen. Die sauberen Feldfurchen ziehen sich bis zum Horizont. Insgesamt bewirtschaftet der Landwirt, gemeinsam mit nur einem Angestellten, rund 540 Hektar Fläche.

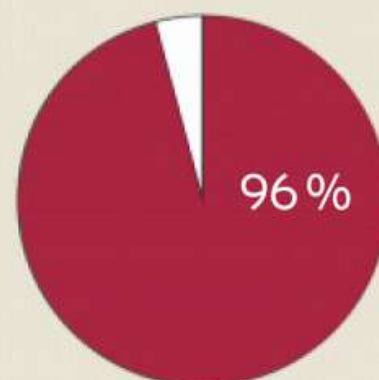
Weniger Pestizide; kleinere Schläge; Hecken, Brachen, Blühstreifen als Rückzugsräume: Diese Maßnahmen, glaubt Bürgermeisterin Jantzen, könnten den Insekten helfen. Nur: Aus Bauer Wolters Sicht ist keine davon betrieblich sinnvoll.



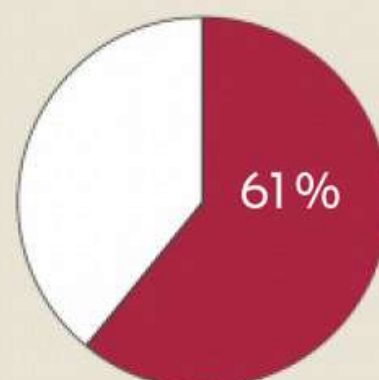
Schwebfliegen



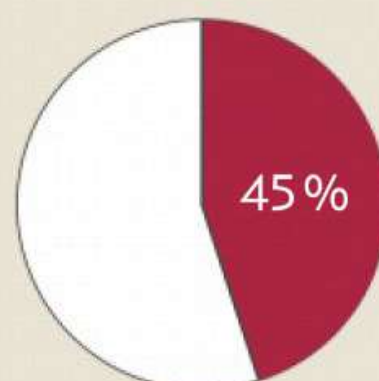
Raubfliegen



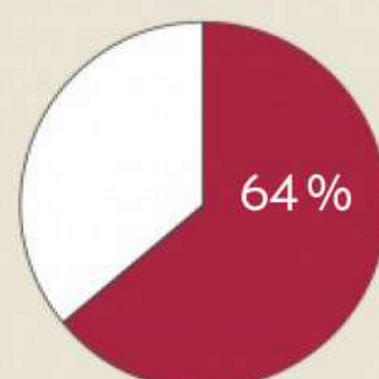
Köcherfliegen



Ameisen



Bienen



Tagfalter

VIELE INSEKTENGRUPPEN auf der Roten Liste schrumpfen: So sind etwa 64 Prozent der Tagfalterarten in ihrem Bestand langfristig rückläufig. Bei Köcherfliegen sind sogar 96 Prozent betroffen

Wolter, ein hagerer Mann, beklagt an diesem warmen Frühlingstag nicht den Schwund der Insekten, im Gegenteil. Rapsglanzkäfer, erzählt er, haben seine Felder befallen. Will Wolter seine Pflanzen nicht verlieren, muss er bald raus, spritzen. Die großen Flächen begründet der Landwirt mit einem geschrumpften Erntefenster. Statt wie früher 22 Tage blieben ihm heute „wegen des Wetters“ am Ende des Sommers nur 15 Tage, um reifes Getreide oder Raps einzufahren. Dazu müssten immer größere Maschinen ran: „Und große Technik“, sagt der Bauer, „heißt große Flächen.“

Blühstreifen?

Die EU, von deren Zahlungen der Kiever Bauer abhängig ist, knüpft zwar Prämien an Umweltleistungen. Doch wie viele Kollegen hat sich Wolter nicht für Blütensäume oder Hecken entschieden, um das Geld zu verdienen. Er zieht auf seinen „ökologischen Vorrangflächen“ Lupinen als Viehfutter. Bis zum vergangenen Jahr durfte er die Felder sogar mit Pestiziden behandeln.

Albrecht Wolter, das ist wichtig, hält sich an die Richtlinien der Behörden und führt seinen Hof, wie es ihm die Berater aus seiner Landwirtschaftskammer empfehlen. „Aber als Bauer“, wettet er, „bin ich natürlich trotzdem an allem schuld. Jetzt auch noch am Insektensterben.“

Die Grundsätze, nach denen die Landwirte ihr Land bestellen, müssten von der Politik verändert werden. Aber darauf, dass Politiker handeln, will Christine Jantzen weder vertrauen noch warten.

Gemeinsam mit Bürgern ihres kleinen Ortes packt sie das Problem selber an. An einem Tag im Mai sieht man die Bürgermeisterin über eine umgeackerte Kiever Gemeindewiese trappeln. Jantzen bringt Saatgut aus, Veitshöchheimer Bienenweide, Mischung Nord-Ost.

Klatschmohn und Pastinak, Königs-kerze, Ringelblume, Spitzwegerich, Gold-rute, Thymian und Gelber Steinklee werden aus den Samen keimen, die sie großzügig streut. Bis in den Spätherbst sollen ihre Blüten Schmetterlingen, Wild-bienen und Schwebfliegen Nahrung bieten, Pollen und Nektar.

„Aufs große Ganze gesehen“, sin-niert Jantzen, „wahrscheinlich Pillepalle.“ – „Egal, Christine“, ruft ihr ein Kiever zu. „Hauptsache, machen!“



DIE NACHKOMMEN IM BLICK

Aufmerksam bewacht diese südamerikanische Alchisme-Zikade ihre Abkömmlinge auf dem Stängel eines Nachtschattengewächses. Dessen Rindensäfte bieten den Jungzikaden ein nahrhaftes Mahl

Mütter **auf** **sechs** Beinen

Text: Martin Paetsch



Manche kümmern sich mit großem Aufwand um die Kleinen, andere überlassen den Nachwuchs sich selbst: Bei ihrer Brut verfolgen Insekten ganz **unterschiedliche Strategien** – doch stets ist ihr Verhalten das Resultat einer unerbittlichen Kalkulation



Wenn in Afrika ein Elefant einen Haufen macht, beginnt schon bald ein reges Krabbeln: Vom Geruch angelockt, machen sich nach 30 Minuten bereits Tausende Käfer an dem Dung zu schaffen. Einige formen daraus fünf Zentimeter große Kugeln, die sie anschließend im Rückwärtsgang wegrollen. Nach zwei Stunden können so andert-halb Kilo Kot restlos verschwunden sein.

Viele der Kugeln dienen als Nahrungsvorrat für die kotfressenden Sechsheiner. Doch manche dieser „Pillendreher“ mühen sich auch im Dienste der Reproduktion: Nachdem ein Insektenpaar gemeinsam einen Dungball

geformt hat, rollt ihn das Männchen bis zu 40 Meter weit – das Weibchen reitet währenddessen auf der Kugel. Dann wird der Mist in einem unterirdischen Nest vergraben, in dem auch die Paarung stattfindet.

Aus dem Kot formt das Weibchen anschließend meist nur zwei bis vier Brutbirnen, in die es je ein Ei legt. Während die Larven heranwachsen, bewachen die Eltern das Nest und scheuen keinen Aufwand: So produziert das Muttertier unter anderem antibiotische Substanzen, um den Mist und dessen kostbaren Inhalt, aber auch sich selbst vor Pilzbefall zu schützen.

Sogar die spezielle Birnenform mit der Eikammer am oberen Ende hat ihren Sinn: Wahrscheinlich dient sie der besseren Luftversorgung – und erhöht somit die Überlebenschancen der wenigen Nachkommen.

Den Aufwand, den die Pillendreher für ihren Nachwuchs treiben, diese Brutpflege hätten die meisten Forscher lange Zeit neben den staatenbildenden Insekten –

FÜRSORGE FÜRS LEBEN

Unter der Mutter als Schutzschild versammeln sich die Larven des brasilianischen Schildkäfers. Das Weibchen hat seinen Nachwuchs bereits im Gelege vor Fressfeinden verteidigt und begleitet ihn nun auch zu den Futterstellen





AUF SICH ALLEIN GESTELLT

wie Bienen oder Ameisen – keinen anderen Arten zuge-
traut. Denn die kleinen Tiere galten als zu primitiv.

Doch heute wissen die Biologen: Die Vielfalt der Fort-
pflanzungsstrategien in der Welt der Krabbler ist nahezu
unüberschaubar. Von den lebendgebärenden Kakerlaken
bis zu den unfruchtbaren Arbeiterinnen in Insekten-
staaten finden sich alle nur denkbaren Spielarten.

Häufig verfolgen selbst miteinander eng verwandte
Spezies vollkommen unterschiedliche Strategien. Deshalb
bietet kaum eine andere Tiergruppe den Wissenschaftlern
so gute Möglichkeiten, die Ursachen des Brutverhaltens
zu erforschen. Innerhalb dieser Vielfalt verkörpern die
fürsorglichen Kotkäfer das eine
Extrem; für das andere steht etwa
die australische Geistermotte.

Das Weibchen dieses Falters
lässt seine Eier während des
Fluges einfach zu Boden fallen.
Dabei versucht es jedoch, auf ein
besonderes Gewächs zu zielen:
den Roten Eukalyptus, dessen
Wurzeln den Larven später als
Nahrung dienen sollen. Die Ei-
ablage ähnelt einem flächen-
deckenden Bombardement: For-
scher berichteten von einer Motte,
die 29 100 Eier gelegt hatte. Als
man sie genauer untersuchte, fanden sich in ihr noch
15 000 weitere Eier.

Die Massenproduktion hat einen guten Grund: Von
Räubern, Temperaturumschwüngen, Parasitenbefall und
Nahrungsknappheit dahingerafft, erreicht nur ein Bruch-

Eine gegenteilige Strategie verfolgt die Stechmücke: Ihre
Eierpakete legt sie auf der Wasseroberfläche ab – und
überlässt die geschlüpften Larven sich selbst. Die können
leicht zur Beute von Fischen oder Libellenlarven werden

teil der Sprösslinge ein fortpflanzungsfähiges Alter. Am
Ende schafft es die Geistermotte, gerade so viele Nach-
kommen in die Welt zu setzen, wie nötig sind, um den
Fortbestand der Art zu sichern – genau wie der Kotkäfer
mit seinen ganz anderen Mitteln.

So unterschiedlich diese Stra-
tegien auch sein mögen, beide
haben sich bewährt. Jede Verhal-
tensweise gleicht einer unerbit-
lichen Kosten-Nutzen-Kalkula-
tion, die ständig neu aufgestellt
wird. Dabei setzt sich jene Stra-
tegie durch, bei welcher der Nut-
zen überwiegt: Und das Einzige,
was in der evolutionären End-
abrechnung als solcher verbucht
wird, ist eine möglichst große
Zahl von Nachkommen.

Um zu einer positiven Nach-
wuchsbilanz zu kommen, muss

zunächst einmal jedes Insekt investieren – denn bereits
die Herstellung der Eier kostet Energie. Während der
Eiablage, die sich über mehrere Stunden oder sogar
Wochen hinziehen kann, ist die Mutter zudem oft eine
einfache Beute.

Gottesanbeterinnen umhüllen
ihre Eier mit einem
SCHAUMARTIGEN SEKRET
und schützen sie so
vor Temperaturschwankungen



KEIN AUFWAND SCHEINT ZU GROSS

Einen Ball aus Dung formen die Pillendreher-Käfer und rollen ihn im Rückwärtsgang bis zu 40 Meter weit. Dann vergraben sie die Kotkugel – Heim und Verpflegung für ihre Nachkommen – in einem unterirdischen Nest. Im nahrhaften Dung reifen aus den Larven schließlich fertige Käfer

Insekten wie der Kotkäfer opfern für die Aufzucht ihrer Jungen sogar ein Gutteil ihrer Lebenszeit. All dies sind Kosten: Sie schwächen das Tier, erschweren die Nahrungssuche und erhöhen das Risiko, einer Krankheit oder einem Räuber zum Opfer zu fallen – und am Ende gar keinen Nachwuchs zu haben.

Darüber hinaus kann jeder Zeitverlust dazu führen, dass ein Insekt im Laufe seines meist kurzen Daseins weniger Eier legt: Während es sich um ein Gelege kümmert, kann es sich nicht erneut fortpflanzen.

Die Geistermotte dagegen hält die Investition in jedes einzelne Ei so niedrig wie möglich – und nimmt dafür eine hohe Verlustrate unter ihren Nachkommen in Kauf. Weil sie aber viele Eier legt, fällt die Endabrechnung dennoch positiv aus:

Der Nutzen pro Ei ist sehr gering, die Kosten aber sind noch geringer. Bei einer nur etwas höheren Sterblichkeit der Larven wäre diese Strategie jedoch äußerst riskant.

Die meisten Insektenspezies investieren ein wenig mehr: Sie betreiben Brutfürsorge, indem sie ihre Eier zum Beispiel an einer geschützten Stelle ablegen. Man-

che kleben sie an Pflanzenstiele, verstecken sie in Hohlräumen oder injizieren sie in Wirtstiere. Andere bauen Nester, indem sie Blätter zurechtschneiden und zu einem Behältnis für ihre Eier zusammenrollen.

Das kostet zwar Zeit und Energie, doch die Brut ist dadurch besser vor Räubern und schädlichen Umwelteinflüssen geschützt (und kann zudem gleich nach dem Schlüpfen fressen).

Manchmal reicht jedoch auch diese Hilfe nicht aus, um eine genügend große Zahl an Nachkommen zu gewährleisten. Sind die Bedingungen besonders gefährlich – bedrohen zum Beispiel viele Feinde die Eier –, ist es für die Eltern lohnend, ihr Gelege sogar zu bewachen. Also Brutpflege zu betreiben.

Gottesanbeterinnen etwa umhüllen ihre Eier mit einem schaumigen Sekret, um sie vor Temperaturschwankungen zu schützen, und verharren oft wochenlang über dem Eipaket, um es gegen die Vorstöße lauernder Parasiten zu verteidigen. Ohne das wehrhafte Weibchen wäre ein Großteil des Geleges, und damit der elterlichen Gene, verloren.

Eine Käferart platziert
ihre Eier in
KADAVERN und füttert
die Larven sogar
mit ausgewürgtem Fleisch

Die meisten Spezies überlassen ihre Jungen, sobald diese geschlüpft sind, sich selbst. Doch einige Arten betreiben eine Intensivpflege: Neben den Kotkäfern gehören dazu die Totengräber, die Kadaver etwa von kleinen Nagetieren und Vögeln vergraben und in ihnen die Eier deponieren.

D

Diese Käfer bewachen ihren Nachwuchs nicht nur, sondern füttern ihn mit ausgewürgtem, halbverdaulichem Fleisch. Auch einige Sand- und Grabwespen verköstigen ihre gefräßigen Larven regelmäßig mit neuer Jagdbeute. Das Weibchen einer nordamerikanischen Art von Gitterwanzen hütet seine unreifen Nachkommen sogar wie eine Herde: Es überwacht die Wanderung der teilweise mehr als 100 Jungen von einem Blatt zum anderen. Wird die Versammlung von einer räuberischen Sichelwanze

angegriffen, versperrt die Mutter dem Angreifer den Weg und versucht ihn durch Flügelschläge abzulenken, während sich die Jungen in ein eingerolltes Blatt flüchten.

Ohne mütterliche Hilfe hätte der Nachwuchs kaum eine Chance: Alleingelassen, würden nur etwa drei von 100 Nachkommen überleben. Zudem opfert die Mutter fast die Hälfte ihres Erwachsenenlebens, bis die Jungen sämtliche Entwicklungsstadien durchlaufen haben. Weil die Eiproduktion in dieser Zeit pausiert, verringert sich die Gesamtzahl ihrer Nachkommen erheblich.

Dieser Konflikt führt häufig zu einem Verhalten, das Forscher lange Zeit nur von Vögeln kannten: Wenn sich die Möglichkeit dazu bietet, deponiert das Gitterwanzenweibchen seine Eier im Gelege einer Artgenossin. Solange sich weitere Gelegenheiten ergeben, kann es nun kontinuierlich Eier legen.

Diese Fremdlegerinnen produzieren in ihrem Leben mehr als doppelt so viele Eier – ein klarer evolutionärer Vorteil. Nur wenn keine fremden Gelege in Sicht sind, fabrizieren die Weibchen ihr eigenes. Die Hege der Brut

GESCHICKTE PLATZIERUNG

Der Kohlweißling deponiert seine Eier auf den Blättern von Futterpflanzen. So kann die frisch geschlüpfte Schmetterlingsraupe sofort mit dem Fressen beginnen. Für die Mutter aber ist die Brutfürsorge mit der Eiablage beendet



AUF EINEN BLICK

Elterliche Kosten

Nachkommen in die Welt zu bringen kostet stets Lebenszeit und Energie – abhängig davon, wie viele Eier ein Weibchen legt und welche Form der Fürsorge die Eltern betreiben.

Kalkulierte Abwägung

Kosten und Nutzen bestimmen die Fortpflanzungsstrategie: Eine intensive Betreuung wie Brutpflege etwa lohnt sich vor allem dann, wenn die Bedingungen extrem sind.

Willkommene Selbstaufgabe

Einige Spezies nehmen für den Erfolg sogar den eigenen Tod in Kauf: So lässt sich manche Ohrwurm-Mutter von ihrer Brut verspeisen.



ist also nichts anderes als eine Notlösung. Ein solch opportunistisches Verhalten passt scheinbar gut zu der früher unter Biologen verbreiteten Auffassung, wonach die Brutpflege auch bei den Insekten an der Spitze der evolutionären Entwicklung steht. Doch stattdessen ist sie womöglich in vielen Fällen genau das Gegenteil: ein Relikt aus längst vergangener Zeit.

Denn ursprünglich kümmerten sich vermutlich weit- aus mehr Insektenarten als heute um ihren Nachwuchs. Erst die Entwicklung widerstandsfähiger Eihüllen erlaubte es später manchen Arten, ihre Gelege sich selbst zu über-

**GESCHÜTZTES GELEGE**

An Stielen hängen die Eier der Florfliege von einer Blattunterseite in der Nähe von Blattlauskolonien, der Nahrung der Larven. Die können sich dank der Stiele zunächst in sicherer Entfernung zu potenziellen Räubern entwickeln

VÄTERLICHE PFLICHTEN

Auf dem Rücken trägt das Männchen der im Wasser lebenden Riesenwanze die Eier: um sie zu bewachen und optimal mit Sauerstoff zu versorgen. Nach etwa einer Woche schlüpfen die Larven und sind dann eigenständig

lassen. Dank eines länglichen Fortsatzes am Hinterleib konnten sie die Eier zudem an geschützten Stellen, zum Beispiel im Boden, deponieren. Und so den hohen Preis der Brutpflege vermeiden.

Seither haben viele Spezies das kostspielige Verhalten abgeschafft. Und so ist der flache, an einen mittelalterlichen Schild erinnernde Panzer mancher noch heute vorkommender Insekten lediglich ein Überbleibsel: Zwar könnten sie damit ihre heranwachsenden Nachkommen schützen, doch haben sie die Brutpflege längst aufgegeben.



STÄNDIG AUF DER HUT

Manche Buckelzirpen betreiben eine überaus raffinierte Brutpflege: Sie geben den geschlüpften Nachwuchs in die Obhut von Ameisen. Denn die leben von einem Sekret, das die Larven ausscheiden – und beschützen sie im Gegenzug

Unter welchen Umständen sich eine derart intensive Betreuung als Fortpflanzungsstrategie durchsetzt, hat der amerikanische Biologe Edward O. Wilson in einer These zusammenzufassen versucht. Danach entwickelt sich elterliche Rundum-Fürsorge vor allem dann, wenn die Bedingungen entweder besonders günstig oder aber sehr ungünstig sind – wenn etwa extremes Klima herrscht, schwer zu erschließende Nahrungsquellen genutzt werden oder die Tiere durch Räuber bedroht sind.

Tatsächlich könnte sich die Brutpflege der Pillendreher entwickelt haben, weil ihre Nahrungsquelle, der Dung, äußerst begehrt ist und ständig vor dem Verrotten bewahrt werden muss.

Unter extremen Bedingungen zeigen manche Spezies sogar selbstzerstörerisches Verhalten. Etwa die japanischen Ohrwürmer, die ihr Leben in einer besonders risikoreichen Umgebung verbringen: Sie nisten im Winter am Rande von Bergflüssen, die bei Tauwetter über die Ufer treten.

Diese stets drohende Gefahr bringt die Weibchen nicht nur dazu, ihren Jungen beim Schlüpfen zu helfen und hinderliche Eierschalen mit den Mundwerkzeugen zu entfernen. Am Ende lassen sich viele Mütter von ihrer Brut

Wenn sich die Gelegenheit ergibt, deponieren manche **WANZENWEIBCHEN** ihre Eier im Gelege einer Konkurrentin

sogar lebendig verspeisen. Und verschaffen ihren Nachkommen so ein Startkapital an Kalorien.

Gäbe es umgekehrt all die Räuber nicht, die Jagd auf frische Gelege und Larven machen; gäbe es keine widrigen Umwelteinflüsse, keine Seuchen und keine Nahrungskonkurrenz: Dann hätten jene Insektenarten, die auf Masse

setzen, längst den Planeten überschwemmt. Etwa die Taufliege. Ein Weibchen braucht unter idealen Bedingungen nicht einmal zwei Wochen, um zu schlüpfen, sich zu paaren und dann mindestens 100 Eier zu legen.

Würden alle seine Nachkommen überleben und sich erfolgreich paaren und deren Nachkommen ebenso, dann gäbe es auf der Erde bald keinen Platz mehr für andere Lebewesen. Innerhalb nur eines Jahres, so haben Forscher berechnet, wäre die

Menge der Abkömmlinge von einer einzigen Taufliege auf eine Zahl mit 41 Nullen angestiegen. Wären nun 60 Individuen in jeweils einem Kubikzentimeter (etwa der Größe eines Zuckerwürfels) zusammengepackt, ergäbe die Masse einen Ball mit 150 Millionen Kilometer Durchmesser.

Eine Insektenkugel, so groß wie der Abstand zwischen Erde und Sonne •



Text: **Juliane Dräger**

Die unscheinbare, mit bloßem Auge kaum zu erkennende Fruchtfliege ist ein **Star der Wissenschaft:** Seit Jahrzehnten verdanken ihr Forscher immer neue spektakuläre Erkenntnisse – und etliche Nobelpreise

Das bekannteste Insekt der



Nur etwa zwei bis drei Millimeter groß wird *Drosophila melanogaster*, die Fruchtfliege. Ein auffälliges Merkmal: die knallroten Komplexaugen

Lieblingstier der Genetiker: Schon seit 100 Jahren kommen Fruchtfliegen in vielen Laboren zum Einsatz

R

Regungslos liegen sie da. Er auf dem Rücken, sie auf der Seite. Dass sie nun von oben bis unten durchleuchtet werden, spüren sie nicht, sie sind betäubt. Unter dem Mikroskop wirken die winzigen Tierchen riesengroß.

Doch das Entscheidende zeigt sich erst, als Tobias Langenhan das UV-Licht einschaltet: Die kleinen Insektenkörper strahlen grün! Am stärksten die gigantischen Facettenaugen. Der Anblick erinnert an Science-Fiction-Filme, an Aliens. Im neurobiologischen Labor am Institut für Biochemie der Universität Leipzig hat der Wissenschaftler Langenhan gerade ein fremdes Gen in sein Versuchstier eingeschleust, gut erkennbar an der Grünfärbung.

Langenhans Tierchen sind uns – abgesehen vom grünen Leuchten – gut bekannt: Es handelt sich um *Drosophila melanogaster*, die Schwarzbäuchige Taufliege – umgangssprachlich auch oft Frucht- oder Essigfliege ge-



Welt



Ihr ausgeprägter Geruchssinn leitet Fruchtfliegen zu jedem noch so kleinen Obststück

nannt. „Fruchtfliege“ ist etwas irreführend, da sich die Insekten nicht von Früchten ernähren, sondern von jenen Hefen und Bakterien, die überreifes Obst zersetzen.

Während wir jedenfalls froh sind, wenn die Plagegeister nicht in der Küche herum-schwirren, züchten Langenhan und seine Kollegen die Tiere massenhaft. Was ist so interessant an der Fruchtfliege?

„Viele Erkenntnisse lassen sich auf den Menschen übertragen“, sagt der Neurobiologe. „Fruchtfliegen sind uns ähnlicher, als man auf den ersten Blick glaubt.“ Der Grund: Die Insekten haben eine überraschend hohe genetische Ähnlichkeit mit uns.

Denn viele grundlegende Prozesse, die etwa in Zellen ablaufen, gleichen sich bei Fruchtfliegen und Menschen – zum Beispiel die Weiterleitung elektrischer Reize von Nervenzelle zu Nervenzelle. Und entsprechend ähneln sich die dafür zuständigen Erbinformationen.

Wenig verwunderlich, dass Forscher die Winzlinge zu ihren liebsten Versuchstieren erkoren haben – keine andere Kreatur hat so viele Fortschritte in der Grundlagenforschung ermöglicht, hat mehr Bände in Bibliotheken gefüllt und mehr Wissenschaftlern zu Nobelpreisen verholfen als *Drosophila*.

Etwa 120 000 verschiedene Arten von Fliegen tummeln sich auf der Erde. Dass sich ausgerechnet die stecknadelkopfgroßen Fruchtfliegen perfekt als Versuchstiere eignen, liegt auch an sogenannten Riesenchromosomen, welche bei *Drosophila* etwa in den Zellen ihrer Speicheldrüsen zu finden sind. Diese Träger des Erbguts sind derart groß, dass Wissenschaftler Ende des 19. Jahrhunderts bereits manch grundlegenden genetischen Mechanismus nur mit einer guten Lupe oder dem Lichtmikroskop analysieren konnten.

Der US-amerikanische Genetiker William Ernest Castle untersuchte schon im Jahr 1901 an *Drosophila* die Wirkung von Inzucht. Wenige Jahre

später stieg auch Thomas Hunt Morgan in die Fruchtfliegen-Forschung ein und machte eine bahnbrechende Entdeckung: Er fand heraus, dass die Erbinformationen nebeneinander auf den Chromosomen liegen. Morgan ermittelte die Reihenfolge der Gene sowie ihre Abstände zueinander und erstellte daraus Genkarten. Dafür erhielt er 1933 den Nobelpreis für Medizin. 1946 folgte ein weiterer Nobelpreis: Hermann Muller hatte durch Röntgenbestrahlung erstmals gezielt Mutationen bei den Fruchtfliegen herbeigeführt.

Erst im Jahr 2000 jedoch gelang es Wissenschaftlern schließlich, auch das gesamte Genom von *Drosophila melanogaster* zu sequenzieren, also sämtliche Erbinformationen zu entschlüsseln. Heute wissen wir, dass die Fruchtfliege knapp 13 800 Gene besitzt, von denen viele große Ähnlichkeit mit den menschlichen Erbinformationen haben.

Im Labor von Tobias Langenhan in Leipzig leben 1400 verschiedene Stämme von *Drosophila melanogaster*. Abgesehen von einem Stamm mit dem Wildtyp, der ursprünglichen Form mit den roten Augen, sind alle anderen Stämme genetisch verändert – die Forscher sprechen bei diesen Tieren von Mutanten.

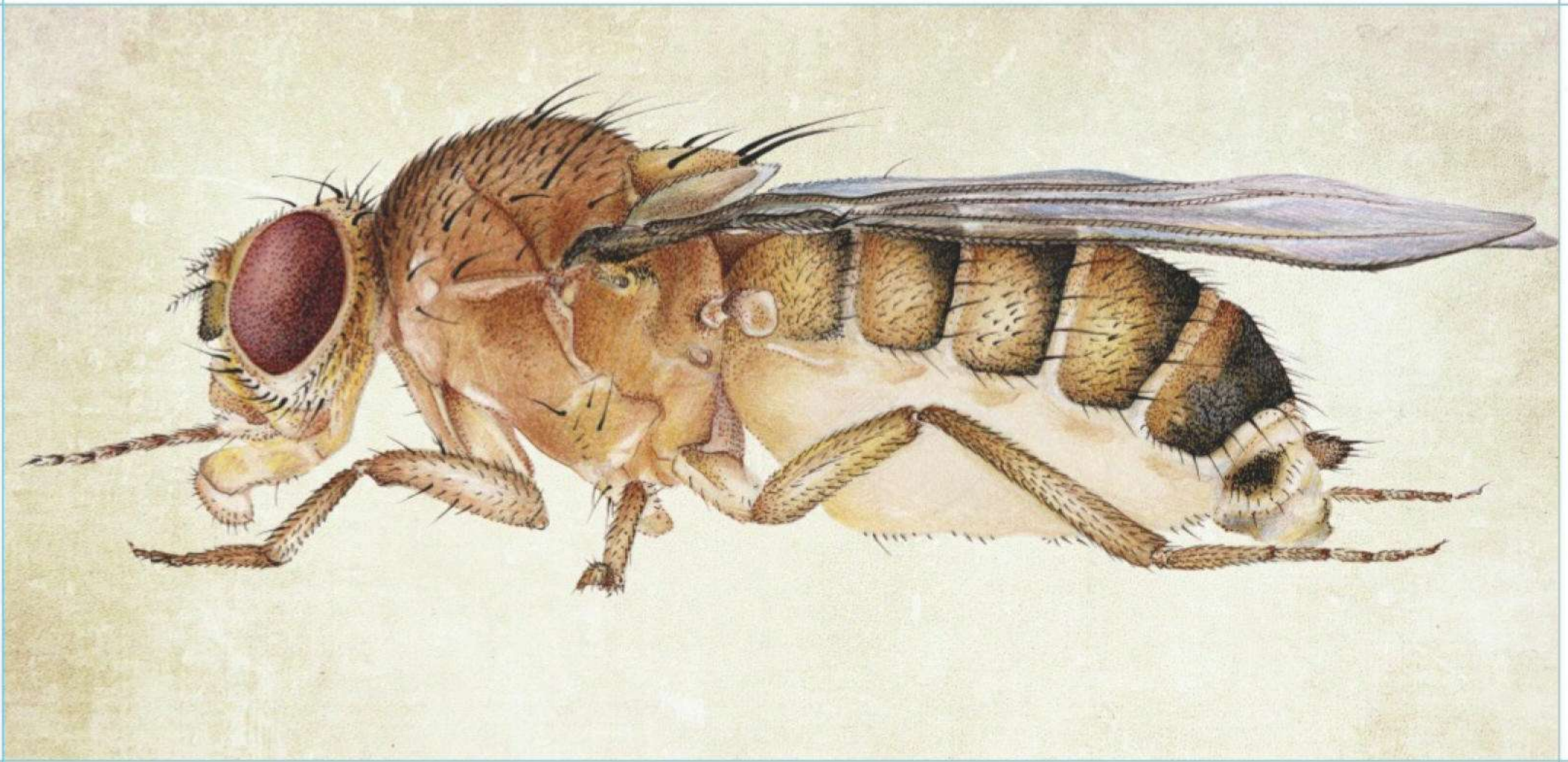
Ihre Aufzucht erfolgt in Hunderten daumengroßer Glasröhrchen, die in hohen Regalen in einer klimatisierten Kammer stehen. In den Gläsern gibt es Larven, Puppen und ausgewachsene Tiere. „Wir haben in diesem Raum ungefähr 300 000 Fliegen“, sagt Langenhan.

Hier zeigt sich, warum *Drosophila* ein so beliebtes Versuchstier ist: Die Haltung ist einfach, platzsparend, günstig. Die Fliegen vermehren sich extrem schnell und sind nach etwa zwölf Tagen ausgewachsen. Hinzu kommt, dass sich Fruchtfliegen leicht genetisch manipulieren lassen, zum Beispiel eben durch die Einschleusung eines veränderten Gens. „Damit man sofort sieht, ob die Fliege das manipulierte Gen trägt, koppeln wir es mit einem sichtbaren Merkmal“, sagt Langenhan.

Fruchtfliegen
sind uns
ähnlicher, als es
auf den ersten
Blick scheint



Fruchtfliegen lassen sich leicht genetisch manipulieren. So kommen Mutanten zur Welt, bei denen zum Beispiel die Augen stark verändert sind (links und Mitte) oder gänzlich fehlen (rechts)



Ein Weibchen legt durchschnittlich 100 Eier pro Tag. Daraus entwickeln sich innerhalb von ein bis zwei Wochen neue Fliegen. Die rasante Vermehrung ermöglicht immer neue Versuchsreihen

Besonders gut eignet sich dafür ein spezielles Eiweiß, das „grün fluoreszierende Protein“. Hat der Gentransfer geklappt, leuchtet die Fliege unter dem UV-Licht grün. Mit einer komplizierten Apparatur führen die Biologen dann eine elektrophysiologische Messung durch: Sie reizen in der winzigen Fliege mit einer hauchdünnen Elektrode eine bestimmte Nervenzelle und messen mit einer zweiten Elektrode die Reaktion im Fliegenkörper.

„Mit dieser Methode können wir herausfinden, welche Nervenzelle ein Signal an einen bestimmten Muskel weiterleitet, um damit zum Beispiel eine Bewegung auszulösen“, sagt Langenhan. „Dann können wir das Gleiche bei mutanten Fliegen machen, bei denen ein Gen verändert wurde. So lernen wir, welche Aufgabe dieses Gen bei der Kontrolle der Nervenfunktion hat.“

Zwar unterscheidet sich der *Homo sapiens* erheblich von der Taufliege: So enthält ein menschliches Denkorgan knapp 80 Milliarden Nervenzellen, *Drosophila* besitzt dagegen nur 250 000 Neurone. Doch trotz dieses gewaltigen Unterschieds dient das kleine Insekt auch in der Hirnforschung als Modellorganismus. „Wir gehen davon aus, dass die grundlegenden Nervenfunktionen bei der Fliege und beim Menschen sehr ähnlich ablaufen“, sagt Langenhan.

Einer der Ersten, die in Deutschland Fruchtfliegen zur Erforschung des Gehirns einsetzten, ist Martin Heisenberg. Der emeritierte Professor der Universität Würzburg kam Mitte der 1960er-Jahre in den USA „auf die Fliege“, dort war die *Drosophila*-Forschung bereits in vollem Gange.

1968 brachte er sie ans Tübinger Max-Planck-Institut, wo er begann, die kleinen Insekten zu züchten und ihre Gehirne gezielt genetisch zu manipulieren. Er



Drosophila-Embryonen werden hier sorgfältig in Position gebracht. Anschließend schleusen Wissenschaftler zu Versuchszwecken veränderte Gene in den Fliegennachwuchs



**In solchen daumen-
großen Glasröhrchen wachsen
die Fliegen heran – ihre
Haltung ist platzsparend,
einfach und günstig.
Auch deshalb eignen sie sich
perfekt als Labortiere**

wollte herausfinden, welche Gene bedeutend für die Gehirnentwicklung und für die Ausbildung des Verhaltens sind. „Damals war es noch verpönt zu sagen, Fliegen hätten eine Wahrnehmung. Man nahm an, sie würden nur auf Umweltreize reagieren“, sagt Heisenberg. „Heute wissen wir, dass die Wahrnehmung einer Fliege sehr gut mit der eines Menschen vergleichbar ist.“

Es dauerte lange genug, bis Forscher erkannten, dass auch Hunde oder Katzen genau wie wir Menschen mit ihrem Tun oft etwas Bestimmtes erreichen wollen. Aber Fruchtfliegen? Ja, auch die winzigen Insekten wollen ihre Umgebung aktiv beeinflussen, um ihre Lage zu verbessern. Das belegen Verhaltensexperimente, wie etwa jene zur „erlernten Hilflosigkeit“. Bei diesem Versuch läuft eine Fliege in einer Kammer auf und ab. Bleibt sie an einer Stelle stehen, wird die Kammer erhitzt. Wenn die Fliege weiterläuft, wird die Hitze wieder ausgeschaltet. Die Fliege kontrolliert also mit ihrem Laufverhalten, ob es um sie herum heiß wird oder nicht.

Eine zweite Fliege wird in eine andere, baugleiche Kammer gesetzt und bekommt die Hitze in denselben Momenten zu spüren wie die erste. Allerdings kann sie die Hitze nicht mit ihrem Verhalten steuern. Sie ist der Situation ausgeliefert.

Während die erste Fliege nach kurzer Zeit gelernt hat, dass Anhalten die Hitze auslöst, merkt die zweite schnell, dass sie die Temperatur nicht beeinflussen kann. Egal ob sie stehenbleibt, losläuft oder die Richtung ändert, die Hitzeschübe erwischen sie in jeder Lage.

„Die zweite Fliege bewegt sich immer langsamer, macht längere Pausen und verfällt schließlich in einen depressionsähnlichen Zustand“, erklärt Heisenberg. Die erlernte Hilflosigkeit von *Drosophila* gilt als Tiermodell der klinischen Depression.

Natürlich: Eine Depression bei einer Fruchtfliege ist nicht das Gleiche wie beim Menschen, doch die zellulären Mechanismen hinter der Krankheit scheinen sich sehr stark zu ähneln. Denn Martin Heisenberg und seine Kollegen an der Universität Würzburg fanden auch heraus, dass sich der depressionsähnliche Zustand bei Fruchtfliegen mit Medikamenten vermindern lässt, die den Effekt des körpereigenen Serotonins verstärken – genau wie beim Menschen.

Das Ziel der Wissenschaftler ist es nun, die genauen Abläufe bei der Krankheitsentstehung zu entschlüsseln. Welche Gene sind daran beteiligt? Welche biochemischen Signale spielen eine Rolle? Und an welchem Punkt kann man gezielt eingreifen?

Mit diesen Fragen beschäftigen sich auch Wissenschaftler in der Krebsforschung. Denn das ungehemmte Zellwachstum, das zur Tumorentwicklung führt, wird

durch eine veränderte Kommunikation zwischen den Zellen ausgelöst. Um wirksame Medikamente entwickeln zu können, müssen zunächst die Bestandteile dieser Signalprozesse identifiziert werden.

Auch dafür eignet sich *Drosophila melanogaster* perfekt als Modellorganismus. Wegen ihrer kurzen Lebensdauer würden Fruchtfliegen von Natur aus zwar keinen Krebs entwickeln, doch schon

**Drosophila
hilft zu
verstehen, wie
sich Krankheiten
entwickeln**

durch die Manipulation weniger Gene lassen sich tumorartige Wucherungen hervorrufen. Wissenschaftler sind in der Lage, einzelne Gene in den Zellen der Fruchtfliegen komplett auszuschalten, sie zu über- oder unteraktivieren, um dann ihre Funktionen und Wechselwirkungen zu untersuchen.

Nach heutigem Wissensstand kommen mehr als 90 Prozent der Gene, die beim Menschen mit Krebs in Verbindung gebracht werden, auch im Erbgut der Fruchtfliegen vor.

Wie fast alle höheren Lebewesen entwickeln sich auch Fruchtfliegen aus einer einzigen befruchteten Eizelle zu einem komplexen Organismus, in dem Millionen von Zellen organisiert zusammenspielen. Diese vielschichtigen Prozesse wurden erstmalig von der Tübinger Entwicklungsbiologin Christiane Nüsslein-Volhard und den US-Amerikanern Eric Wieschaus und Edward B. Lewis untersucht. Mithilfe der Eier von Fruchtfliegen fanden sie heraus, welche Gene in der frühen Embryonalentwicklung über das Schicksal der Zellen entscheiden, 1995 wurden die Biologen mit dem Nobelpreis ausgezeichnet. Heute weiß man, dass viele der von ihnen entdeckten Gene und Prozesse auch im Menschen vorkommen.

Nach weiteren Nobelpreis-Verleihungen in den Jahren 2004 und 2011 für Forschungen an den Fruchtfliegen räumte Drosophila im Dezember 2017 wiederum einen Nobelpreis ab: Die US-amerikanischen Chronobiologen Jeffrey C. Hall, Michael Rosbash und Michael W. Young entschlüsselten mithilfe der kleinen Fliegen die Funktionsweise der inneren Uhr.

Nahezu alle Lebewesen auf unserem Planeten folgen einem angeborenen Takt von annähernd 24 Stunden. Den drei Forschern gelang es, die Gene zu identifizieren, die den Tag-Nacht-Rhythmus und damit auch die Aktivität verschiedener Körperfunktionen steuern. Wer längere Zeit entgegen seiner inneren Uhr lebt, zum Beispiel durch Schichtarbeit, hat ein höheres Risiko für körperliche und psychische Erkrankungen.

Damit die Fruchtfliegen im Labor von Tobias Langenhan nicht aus ihrem natürlichen Rhythmus kommen, wird in der fensterlosen Kammer, in der die Tiere heranwachsen, tagsüber das Licht ein- und zur Nacht wieder ausgeschaltet.

Das Wohlergehen seiner Tierchen liegt dem Forscher besonders am Herzen: In seinem Labortrakt hat er eine Küche für die Herstellung des Fliegenfutters einrichten lassen. Jede Woche werden zehn bis 15 Liter Maisbrei gekocht und zwei Zentimeter hoch in frische Glasröhrchen abgefüllt.

„Diese Prozedur ist der aufwendigste Teil bei der Arbeit mit Drosophila“, sagt Langenhan. Aber auch nach über 100 Jahren Fruchtfliegen-Forschung ist er überzeugt, dass es noch viel zu entdecken gibt. Sein großes Ziel: herausfinden, wie und wo Erinnerungen im Gehirn gespeichert werden •

Der Klimakrise ist etwas gewachsen: Bäume.



Beleafit



Wenn wir gemeinsam
1.000 Milliarden Bäume
pflanzen, kühlen wir unsere
Erde um bis zu 1° C ab. #Beleafit



Jetzt mitpflanzen!

Unter plant-for-the-planet.org
oder in der **Plant-for-the-Planet App**




GEO KOMPAKT erscheint im
Verlag Gruner + Jahr, Unterstützer
von Plant-for-the-Planet

Ihr Lebenszyklus zählt zu den
erstaunlichsten im gesamten Insek-
tenreich: Als Larve leben manche
Eintagsfliegen bis zu 36 Monate
in Gewässern, fressen, häuten sich
und wachsen. Dann aber steigen
Hunderttausende geschlechtsreife
Tiere zeitgleich aus dem Wasser,
um sich zu paaren. Wozu dieses
Massenspektakel?

Text: Alexandra Rigos

Flügel für



In einem wilden Tanz versuchen
zahllose Eintagsfliegen (hier Theißblüten
am ungarischen Fluss Theiß) einan-
der zu begatten. Nach dem Akt sterben
die Männchen sofort, die Weibchen
fliegen noch einige Kilometer fluss-
aufwärts, um dort jeweils bis zu
9000 Eier abzulegen

einen Tag



Es scheint, als habe die Natur an den Eintagsfliegen die Kunst des Weglassens geübt: Ihre Beine sind häufig so schwach, dass sie nicht mehr vom Fleck kommen, wenn sie sich einmal niedergelassen haben. Ihr Mitteldarm besitzt weder einen Ein- noch einen Ausgang, sondern ist wie ein Ballon mit Luft gefüllt und dient als Auftriebskörper. Ihre Mundwerkzeuge sind so verkümmert, dass sie damit nicht fressen könnten.

Sie müssen schließlich auch keine Nahrung zu sich nehmen. Denn ihr Erwachsenenleben währt nur ein paar Stunden, bestenfalls wenige Tage; im Extremfall ist es bereits nach 15 Minuten beendet. Und in dieser kurzen Zeit tun sie nur eines: Sie pflanzen sich fort. Zu keinem anderen Zweck erheben sich Eintagsfliegen in die Lüfte.

Die wenige Millimeter bis etwa fünf Zentimeter großen Tiere sind für diese Aufgabe perfekt ausgestattet: Die Männchen haben gleich zwei Penisse, ihre Partnerinnen zwei Geschlechtsöffnungen. Auch mit Sehorganen sind Eintagsfliegen reichlich bestückt – neben drei Einzel-Augen verfügen sie über leistungsfähige Facettenaugen, die sich bei Männchen mancher Arten zu grotesken, turban-ähnlichen Gebilden vergrößert haben. Schließlich gilt es, herannahende Weibchen sofort zu erkennen.

Genau genommen haben fast alle Insekten ihr Leben beinahe schon hinter sich, wenn sie erst einmal ausgewachsen sind. Das herumschwirrende oder -krabbelnde Geschöpf, das für uns der Inbegriff des Insekts ist, lebt in der Regel maximal ein paar Wochen oder Monate. Nur



Die **Larven** der Eintagsfliegen leben auf dem Grund von Gewässern, wo sie abgestorbenes pflanzliches Material oder Algen fressen

relativ wenige Arten der Sechsheiner, darunter eine Reihe von Käfern, existieren jahrelang als Erwachsene und können sich – so wie höhere Tiere – mehrfach fortpflanzen.

Kaum ein Insekt aber hat sein geflügeltes Erwachsenenendasein so kompromisslos auf die Fortpflanzung reduziert wie die Eintagsfliege.

Das wahre Leben dieser Insekten spielt sich ohnehin im Larvenstadium ab. Nachdem sie aus den im Wasser abgelegten Eiern geschlüpft sind, hausen die Larven der Eintagsfliegen – je nach Spezies zwischen drei Monaten und drei Jahren – am Grunde von Flüssen oder Seen. Es sind bizarre Geschöpfe mit oft spindelförmigem Körper, sechs Beinen und typischerweise drei Schwanzfäden.

Die Larven ernähren sich von totem organischem Material oder Algen, häuten sich etliche Male und sammeln Kraft für ihren großen Auftritt. Im Gegensatz zu vielen anderen Insekten verpuppen sich die Eintagsfliegen am Ende ihrer Jugendzeit nicht: Vielmehr schlüpft ein bereits geflügeltes – aber zumeist noch nicht geschlechtsreifes – Geschöpf direkt aus der Larvenhaut.

So radikal die Strategie der Eintagsfliegen erscheinen mag, so erfolgreich ist sie: Die Ordnung der Ephemeroptera

(griech. „die für einen Tag Geflügelten“) umfasst weltweit mindestens 3000 Arten, die mit Ausnahme der Antarktis und hochalpiner Gebiete alle Lebensräume der Erde besiedelt haben, in denen Süßwasser vorkommt.

Vor allem aber haben sich die Eintagsfliegen über eine enorme Zeitspanne hinweg behauptet: Es gibt sie seit 300 Millionen Jahren; damit gehören sie zu den ältesten geflügelten Insekten überhaupt. Eine Reihe sonderbarer Eigenschaften verrät ihr hohes evolutionäres Alter.

So können die erwachsenen Eintagsfliegen (wie die ebenfalls urtümlichen Libellen) ihre Flügel nicht horizontal über dem Hinterleib zusammenfallen, sondern müssen sie in Ruhestellung senkrecht hochklappen. Die charakteristischen drei Schwanzfäden der Larven, die zum Teil länger sind als der eigentliche Körper, finden sich so nur bei flügellosen Ur-Insekten wie den Silberfischchen.

Mit diesen lebenden Fossilien haben die Ephemeroptera auch die Eigenheit gemeinsam, dass sie sich noch als ausgewachsene Tiere häuten: Die Eintagsfliegen sind die einzigen Fluginsekten, die ein voll entwickeltes, geflügeltes, aber in der Regel noch nicht fortpflanzungsfähiges Zwischenstadium ausbilden. Teils bereits nach wenigen Minuten beenden

die Tiere dieses Stadium, dann werfen sie ihre letzte Hülle ab.

Weshalb dieser Umweg im Laufe der Evolution nicht abgekürzt wurde, ist bislang ein Rätsel. Denn während der Häutung sind die Eintagsfliegen eine leichte Beute für Räuber. Darüber hinaus gelingt es manchen Tieren nicht, ihre Flügel aus der Hülle zu befreien. Sie bleiben stecken und gehen zugrunde, ohne für Nachkommen gesorgt zu haben.

Womöglich aber legen sie diesen Zwischenschritt ein, um Zeit für einen weiteren Umbau zu gewinnen. So müssen beispielsweise die Schwanzfäden der Larve enorm verlängert werden, was sich nicht auf einmal umsetzen lässt.

Bei manchen naturgeschichtlich jüngeren Arten verzichten zumindest die Weibchen auf das riskante Manöver – sie werden gewissermaßen nie richtig erwachsen. Das Männchen der sogenannten Theißblüte etwa begattet das frühreife Weibchen noch auf der Wasserober-

fläche, was den poetischen Namen der größten Eintagsfliegenart Europas erklärt: Wie Blumen treiben die kopulierenden Paare auf dem ungarischen Fluss Theiß.

N

Neben dem Uferaas und der nordamerikanischen Gattung *Hexagenia* zählt die Theißblüte zu jenen Eintagsfliegen, die an wenigen Sommerabenden in riesiger Zahl gleichzeitig aus dem Wasser aufsteigen. Myriaden männlicher Exemplare tanzen dann nach dem Massenschlupf als dichte Wolke am Ufer und stürzen sich auf jedes Weibchen, das sich nähert.

In ihrem Paarungseifer – die Zeit drängt – versuchen sie, alles zu begatten,

was nur entfernt einer Partnerin ähnelt, seien es Geschlechtsgenossen, Papierschnipsel oder auch glühende Zigarettenkippen.

Nur wenige Augenblicke dauert der Sex, dann befreit sich die weibliche Eintagsfliege und muss sich an Millionen von Männchen vorbei zur Flussmitte durchkämpfen.

Anders als ihr Gefährte, der sich während der Begattung verausgabt hat und stirbt, fliegt das Weibchen noch bis zu zehn Kilometer flussaufwärts, um dort seine Eier – pro Fliege 7000 bis 9000 Stück – über dem Wasser abzuwerfen.

Damit sorgt die Insektenmutter dafür, dass die Eier nicht zu weit flussabwärts driften und das heimische Revier hinter sich lassen, während sie allmählich zu Boden sinken. Hat das Weibchen diese letzte Pflicht erfüllt, geht es ebenfalls ein.

Experimente zeigen, dass Eintagsfliegen selbst dann, wenn Wissenschaftler sie im sicheren Labor halten und

Wie Blumen treiben die kopulierenden Paare der **Theißblüten** – der größten europäischen Eintagsfliegenart – auf dem Fluss. Umwelteinflüsse wie Wassertemperatur und Licht geben wohl das Signal zum synchronen Schlupf





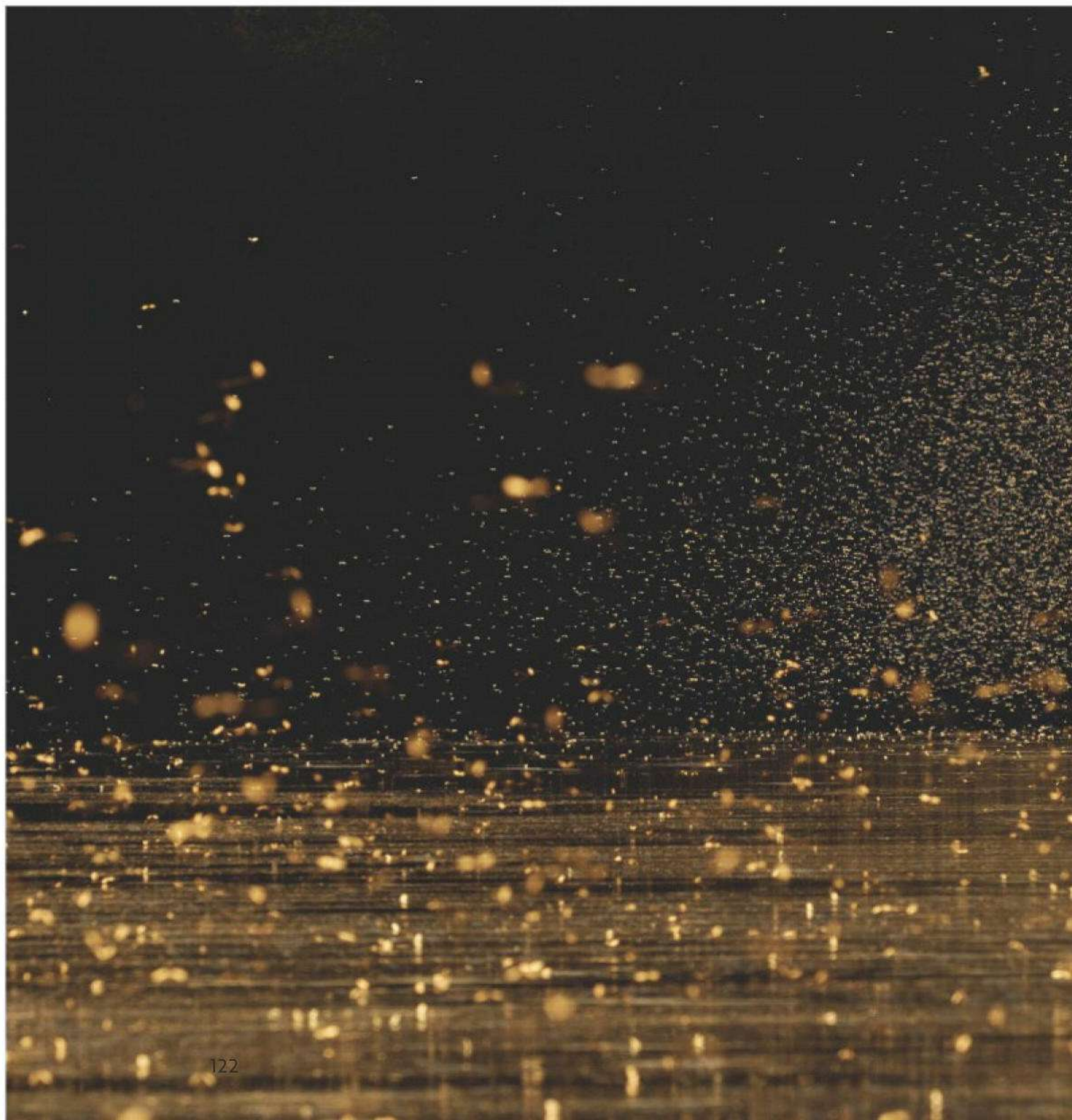
Während der **Häutung** sind Eintagsfliegen eine leichte Beute. Doch das Abstreifen der äußeren Körperhülle dauert meist nur einige Minuten. Dabei schlüpft das geflügelte Insekt direkt aus der Larvenhaut. Mit dieser Strategie behaupten sich die Sechsheiner seit mehr als 300 Millionen Jahren – mindestens 3000 Arten von Eintagsfliegen sind weltweit bekannt

ihnen die Mühen des Geschlechtsakts ersparen, innerhalb von zwei bis drei Tagen verenden; vereinzelt Veteranen halten bis zu acht Tage durch. Unter natürlichen Umständen ist das Schauspiel bereits zwei oder drei Stunden, nachdem die ersten Männchen geschlüpft sind, beendet.

In dieser Zeit kann die Eintagsfliegenhochzeit für Menschen durchaus lästig werden; mitunter lösen die Insektenwolken sogar Verkehrsunfälle aus oder lassen den Strom ausfallen. Im August 1990 warnte der Kölner Verkehrsfunk vor Schwärmen des Uferaaes, die auf den Rheinbrücken eine rutschige Schicht bildeten, auf der Autos ins Schleudern gerieten. Und im Sommer 2019 machte in der bayerischen Oberpfalz eine zentimeterhohe Schicht aus Milliarden toter Eintagsfliegen die Straßen rund um den Fluss Naab zeitweise unpassierbar.

Denn leuchtende Laternen ziehen die Eintagsfliegen an, und auch Asphalt führt sie in die Irre: Er reflektiert Licht ähnlich wie eine Wasserfläche, sodass oft Tausende von Weibchen zur Eiablage versehentlich auf Straßen landen.

Für Fische und Vögel, Raubinsekten und Fledermäuse ist das Millionenheer der Eintagsfliegen seit jeher ein Festschmaus.



P

Paradoxerweise hat sich der Massenschlupf im Laufe der Evolution gerade deshalb als Strategie durchgesetzt, um sich in der riskanten Phase des Häutens und Paarens vor Räubern zu schützen: Die schiere Menge der schwärmenden Insekten ist derart gewaltig, dass die übergroße Mehrheit den Räubern entkommt.

Und so bleibt der Prozentsatz der Opfer klein – und damit die Wahrscheinlichkeit, dass eine einzelne Eintagsfliege im Magen eines Räubers landet.

Dennoch setzen nicht alle Eintagsfliegen auf den Sättigungseffekt bei den Räubern. Viele Arten – darunter die in Deutschland heimische Maifliege – schlüpfen nach und nach über einen längeren



Die **Flügel** (hier einer Ephemera-Art) sind ein archaisches Merkmal: Wie die der urtümlichen Libellen sind sie in Ruhestellung senkrecht hochgeklappt

Zeitraum, tanzen in kleineren Gruppen auf und ab und warten auf ein Weibchen. Ihre Taktik im Überlebenspoker ist die Unauffälligkeit: Sie setzen darauf, dass kein Jäger auf sie aufmerksam wird.

Die erstaunlichste Eigenschaft der Eintagsfliegen ist jedoch das Vermögen, ihren Schlupf zu synchronisieren – und diese Fähigkeit ist der Wissenschaft zugleich das größte Rätsel: Wie nur gelingt es Millionen dieser Insekten, simultan, auf die Viertelstunde genau, mit ihren Artgenossen zu schlüpfen? Wie vermeiden sie es, ein paar Stunden oder gar Tage vor oder nach dem großen Ereignis den bisherigen Lebensraum aufzugeben?

Tatsächlich wissen die Forscher noch immer nicht genau, wie Eintagsfliegen ihr Schlüpfen synchronisieren. Mit Thermometern und Fallen versuchen Wissenschaftler im Freiland den genauen Zusammenhang zwischen Witterung und der Zahl ausschwärmender Tiere zu erkunden; dann wieder lassen sie Larven unter kontrollierten Bedingungen im Labor heranwachsen.

Immerhin haben sie inzwischen herausgefunden, dass die Auslöser des Massenschlupfs von Spezies zu Spezies und

manchmal auch bei verschiedenen Beständen variieren. Und dass stets Umwelteinflüsse das Signal zum Aufbruch geben. Bei mehreren Spezies haben Biologen nachgewiesen, dass die Wassertemperatur der entscheidende Faktor ist. Übersteigt sie für einen gewissen Zeitraum einen bestimmten Schwellenwert, beginnt der Schlupf der Insekten.

Anhand von Messungen der Wassertemperatur in Flüssen lässt sich der Schlupf von japanischen Eintagsfliegen der Spezies *Ephoron shigae* exakt vorhersagen. Und um die richtige Tageszeit zu treffen, orientiert sich diese Fliege vermutlich an der Lichtstärke.

Ganz anders organisiert die afrikanische Art *Povilla adusta* ihre Massenveranstaltung. Sie schlüpft nach einem vom Mond bestimmten Rhythmus, und zwar vor allem am zweiten Tag nach Vollmond, wenn dessen Licht die abendliche Dämmerung verlängert. Der gesamte Lebenszyklus dieser Eintagsfliege dauert nur einen Monat.

Doch ganz gleich, welchen Zeitmesser die Tiere in ihrem Inneren beherbergen. Ganz gleich, welcher Umweltfaktor schließlich den Ausschlag gibt. Wenn die Eintagsfliegen ihren großen Auftritt haben, scheint es fast, als verließen die Larven wie auf ein geheimes Signal hin ihre Zuflucht am Gewässergrund.

Um dann massenhaft in die Luft aufzusteigen. Und ihrem Tod entgegenzuschwirren.

Durch den **Massenschlupf** vermag die Mehrheit der Tiere potenziellen Räubern zu entkommen – und die Fortpflanzung zu sichern



Die ganze Welt des Wissens.

Lesen oder verschenken Sie 4x GEOkompakt mit einer exklusiven Prämie zur Wahl.



4 AUSGABEN GEOkompakt FÜR 44,- €*



WUNSCH-PRÄMIE ZUR WAHL

Zur Begrüßung als Dankeschön.



KOSTENLOSE LIEFERUNG

Wir übernehmen die Versandkosten.



JEDERZEIT KÜNDBAR

Nach Ablauf des 1. Jahres.



BILDUNGSRABATT

Studenten sparen 40%.



1. GEOkompakt-Bestseller mit DVD

Spannendes Wissen im Doppelpack.

- Magazin-Thema: „Wer bin ich?“
- DVD-Thema: „Die verborgene Macht“

Ohne Zuzahlung



2. Amazon.de-Gutschein, Wert: 10,-€

Gutschein für die nächste Online-Shopping-Tour.

- Riesige Auswahl, täglich neue Angebote
- Technik, Bücher, DVDs, CDs u.v.m.

Ohne Zuzahlung



3. Soulbottle „You're right“

Umweltbewusst und plastikfrei trinken.

- Material: Glas, Keramik, Edelstahl und Naturkautschuk
- Fassungsvermögen: ca. 0,6l

Zuzahlung: nur 1,-€

**JETZT
BESTELLEN!**



4. SONY Kopfhörer „MDR ZX110“

Satter Sound in stylischem Look.

- Mit gepolsterten Ohrmuscheln
- Für Transport faltbar; Farbe: Weiß

Zuzahlung: nur 1,-€

Jetzt bestellen und Vorteile sichern:

www.geo-kompakt.de/abo

+49 (0) 40/55 55 89 90

Bitte Bestell-Nr. angeben: selbst lesen 183 8548 /
verschenken 183 8549 / als Student lesen (exkl. Prämie) 183 8550

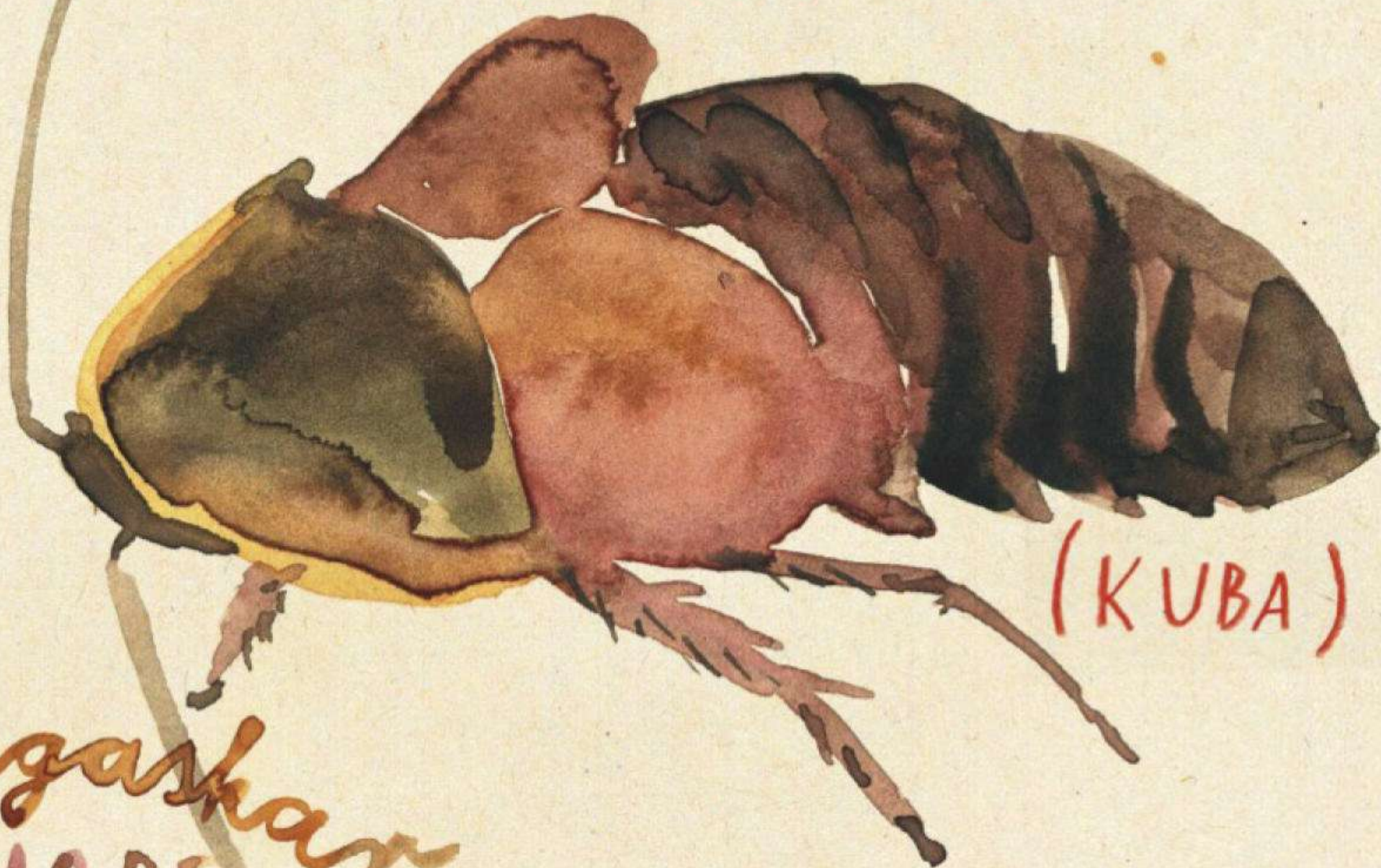
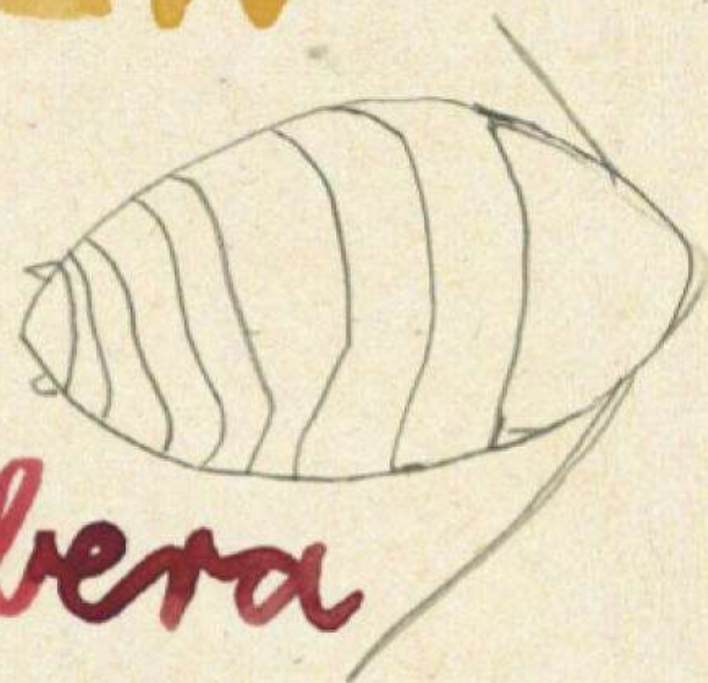
SCHABEN

DEUTSCHE SCHABE

Blattella germanica



*Hemiblatta
brunnei*



(KUBA)

Madagaskar-
FAUCHSCHABE

*Gromphadorhina
portentosa*



EXOTISCHES HAUSTIER: Seit gut zehn Jahren halten Liebhaber Schaben hierzulande auch in Terrarien – vor allem größere Spezies wie die Madagaskar-Fauchschabe

Die Madagaskar-Fauchschabe, der Name deutet es an, gibt extrem laute Zischlaute von sich, wenn sie sich bedroht fühlt.

Wenn Krabbler zu Freunden werden

Text: Anja Rützel

Illustrationen: Rinah Lang

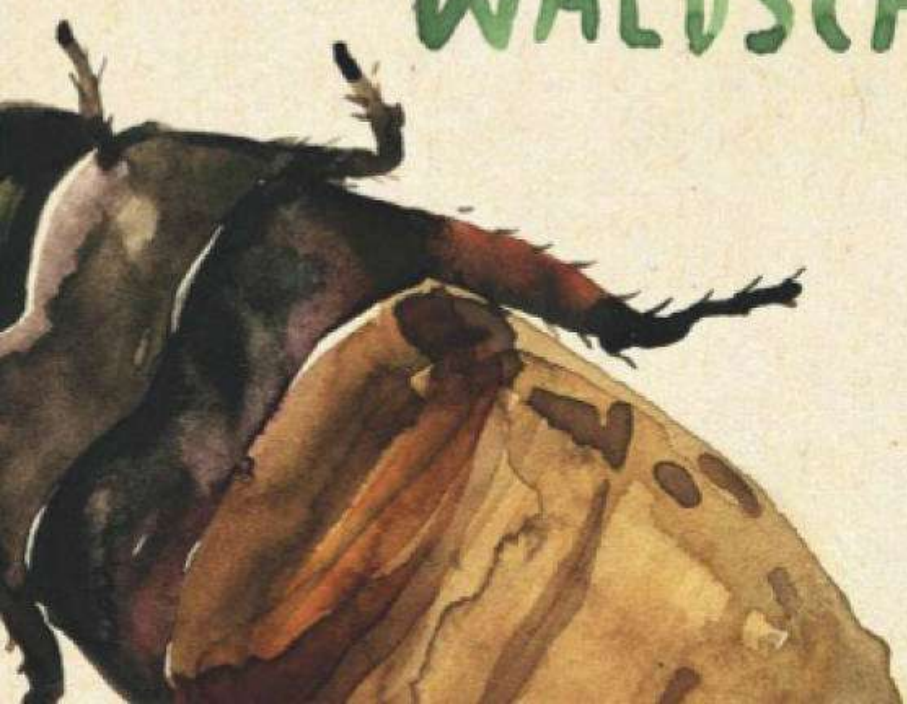
Hunde und Katzen hält jeder, dachte sich Anja Rützel. Also bestellte sie Schaben im Internet – und entdeckte die Vorzüge eines Haustiers auf sechs Beinen. Wenn nur das nächtliche Knacken und Rumoren im Schlafzimmer nicht wäre



WALDSCHABE



WÜHLSCHABE



Vorsichtshalber lese ich doch nach, ob ich irgend etwas bei der Schaben fütterung beachten muss.

W

Wenn 50 Schaben gleichzeitig fauchen, klingt es wie das Meer vor Hawaii. Neigt man jedoch seinen Kopf ein bisschen zu weit in Richtung Schabendomizil, mäuselt erst fahler Fäulnisgeruch, dann volle Vermuffung in die Nase. Paradieswogen und Kloake, so nah beieinander wie sonst nirgendwo, das ist typisch Schabe.

Kein anderes Tierchen polarisiert so wie das sechsfüßige Tracheenwesen. Die meisten Menschen finden Schaben schlicht schäbig. Rigoros trampeln sie sogar mit den guten italienischen Kalbslederslippern auf ihnen herum, wenn sie überraschend über den Küchenboden flitzen, und fahren in wilder Ausrott-Entschlossenheit völlig überzogene Giftarsenale auf.

Doch es gibt auch Menschen wie Oliver, für den sind Schaben die schönsten und faszinierendsten Tiere der Welt. Und die idealen Haustiere. Ich sitze bei Oliver in seiner kleinen Wohnung in Erfurt, er kramt in einer Plastikkiste mit 50, vielleicht auch 100 Schaben, das ist schwer zu sagen, weil sie nicht still sitzen, um sich vernünftig zählen zu lassen. Fasst der Schabenfreund hinein, klingt es wie brandende Gischt: Psssssschhhhh! Die Madagaskar-Fauchschabe, der Name deutet es an, gibt extrem kräftige Zischlaute von sich, wenn sie sich bedroht fühlt.

Oliver hält Schaben nicht, um sie an Reptilien zu verfüttern, sondern um ihrer selbst willen. Das ist in Deutschland ein relativ neuer Trend. Vor allem die größeren Arten, wie die Fauchschaben, werden seit etwa zehn Jahren auch als Schauinsekten gehegt und gepflegt.

AUSSERLICHKEITEN: In Statur und Erscheinung sind Schaben sehr variantenreich. Manche haben eine Lebenserwartung von 100 Tagen, andere können zehn Jahre alt werden

Ich kann mir gut eine Parallelerde zur unsrigen vorstellen, auf der die Menschen sich nicht seit Jahrhunderten am Entwickeln, Bewahren und Verfeinern von Hunderassen ergötzen, sondern den gleichen Ehrgeiz in die Schabenzucht legen und an besonders klammen, fauligen Wetterumschwungtagen stolz wie Oskar mit ihren aufgepudelten Prachtschaben durch städtische Parkanlagen flanieren.

Vor allem die etwas größeren Madagaskar-Fauchschaben seien ideale Haustiere, sagt Oliver. Völlig unbegreiflich für ihn, warum entnervte Eltern nicht einfach eine Handvoll dieser Krabbler an-

schaffen, wenn der Nachwuchs nach einem Tierchen quengelt.

Ein durchaus patentter Ansatz, doch man muss sich nicht sehr weit aus dem Fenster lehnen, um zu prognostizieren, dass in deutschen Kinderzimmern noch ziemlich lange knopfäugige Flauschtierchen über unkaputtbare Chitinpanzer triumphieren werden. Schaben benötigen dringend eine vernünftige Imagekampagne, um die breite Streichelmasse für sich zu begeistern.

Ich hingegen brauche keine zehn Minuten, um mich vom Vorteil domestizierter Schaben voll und ganz überzeugen zu



lassen und der ranschmeißerischen Niedlichkeit gängiger Schmiegetiere abzuschwören. Erstens spricht mich der Unverwüstlichkeitsaspekt an, weil ich schon sehr viel Zeit mit kränklichen oder im Überschwang gegen einen Baum gerannten Hunden in Tierarztwartezimmern verbracht habe.

Das zweite, gewichtigere, weil geheimnisvollere Pro-Schaben-Argument: die Ahnung, dass sich mit ihnen eine ungeahnte Parallelwelt auftun könnte. Eine, die im Dunkeln liegt, in den Wandritzen und Bodenspalten. Eine ähnliche Faszination müssen die Tausende empfinden, die sich in Deutschland für Schlangen, Spinnen oder Stabheuschrecken im heimischen Wohnzimmer begeistern.

Schon die schiere Schabenvielfalt ist überwältigend genug, um uns Menschen zu beeindrucken. Weltweit existieren mehr als 4600 Arten, allerdings sind nur 20 in Europa heimisch. Neben der Madagaskar-Fauchschabe, die als Mini-

anderer Schabenarten gebraucht wird, die nahe beim Menschen wohnen und sich über seine Vorräte hermachen.

So unterschiedlich die Lebensräume und Lifestyles der Schaben – fauler Baumstamm, altes Fernsehergehäuse oder Wüstendünen –, so verschieden sind auch ihre Gesellschaftssysteme. Manche Schaben leben als Einzelgänger, die nur zur Paarung kurzzeitig die Gegenwart einer anderen Schabe dulden, andere in sozialen Familienverbänden.

Manche Schaben haben eine Lebenserwartung von 100 Tagen, andere, wie die Große Wühlschabe oder Rhinocerosschabe, können zehn Jahre alt (und 35 Gramm schwer) werden, die größten messen bis zu acht Zentimeter, die kleinsten nur fünf Millimeter.

Auf dem Heimweg aus Erfurt kaufe ich im Zug sofort online bei einem Schabendealer ein. Leider muss ich eine etwas größere Population ordern, um den Mindestbestellwert zu erreichen, obwohl ne-

körpern davonhuschen, wenn ich in den Bottich fasse.

A

Am Abend recherchiere ich die Historie meiner neuen Wohnungsgenossen: Die ältesten Schabenfossilien sind zehnmal so alt wie die frühesten menschenähnlichen Funde. Schaben waren also lange vor uns da. Kaum vorstellbar, was diese Tiere alles schon überstanden haben.

Zu wissen, dass sie in ihrer heutigen Form bereits auf der Erde existierten, noch ehe es die ersten Dinosaurier gab, zu wissen, dass sie die Entstehung der riesigen Öl- und Kohlevorkommen der Welt bezeugen konnten, und zu wissen, dass der erste Mensch, der entstanden war, sie schon lebendig umherkriechend

»Mit Schaben tut sich eine faszinierende Parallelwelt auf – **dunkel und ungeahnt**«

und als Riesenausgabe existiert, gibt es zum Beispiel die Gemeine Küchenschabe, die Bäckerschabe, die Amerikanische Großschabe, die Braunbandschabe, die Australische Schabe, die Lapplandschabe, die Waldschabe und die Turkestanische Schabe (die auch als Schokoschabe bekannt und ein beliebtes Futtertier ist, da sie leicht zu züchten ist und extrem anspruchslos lebt).

Es gibt die Deutsche Schabe, die in Russland „Preuße“, in Tirol „Russe“, in Süddeutschland „Schwabe“ oder „Franzose“ genannt wird, es gibt Totenkopfschaben und Orientalische Schaben – das ist die allgemein gefürchtete Kakerlake, obwohl dieser Name auch für eine Reihe

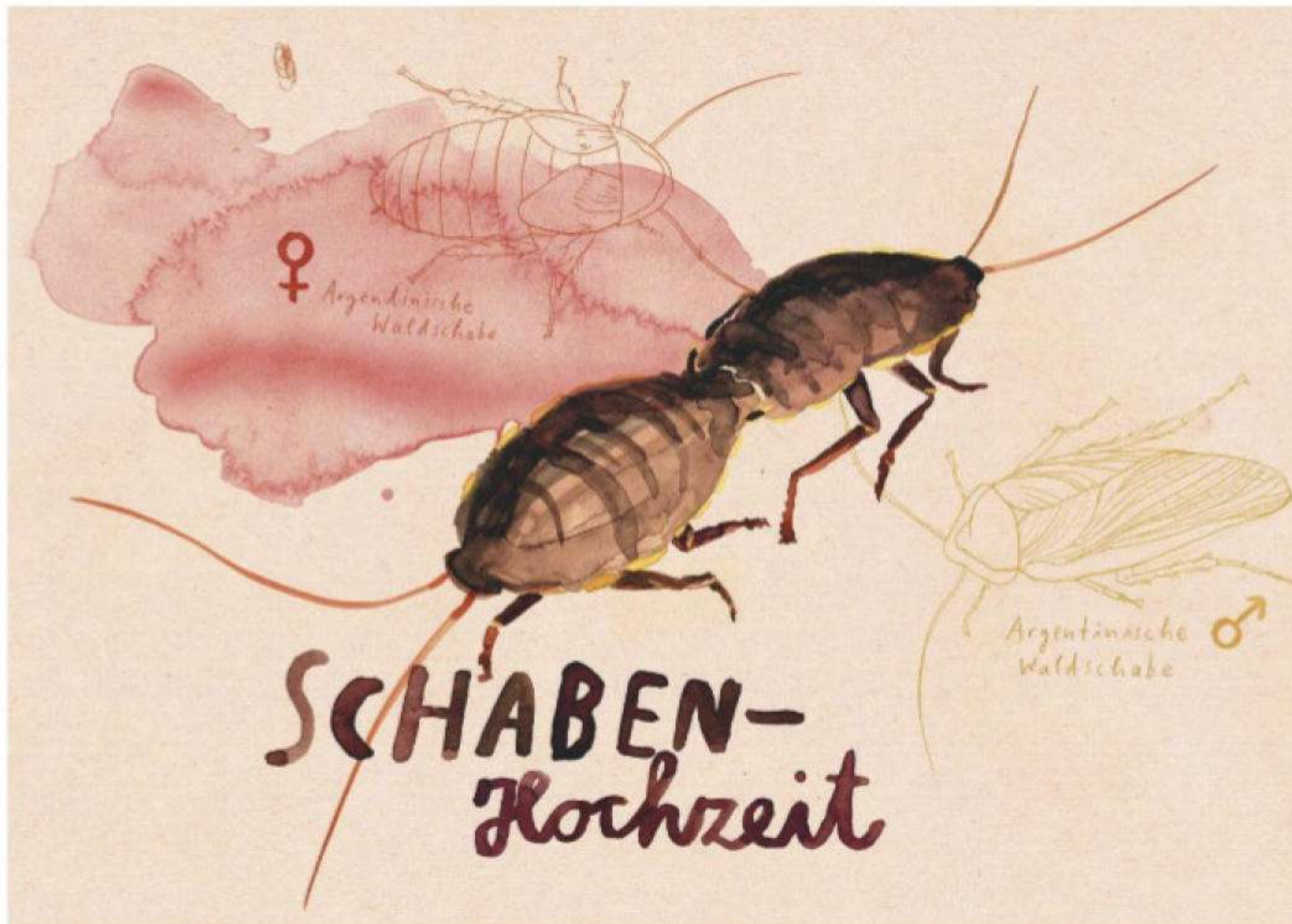
ben der gewöhnlichen Madagaskar-Art schon ein paar kostspieligere Riesenausgaben im Warenkorb liegen.

Danach bestelle ich noch ein paar Terrarien, Einstreu und anderes Schabenzubehör wie einen kleinen, künstlichen Büffelschädel als Deko, außerdem das Standardwerk „For the Love of Cockroaches“ von Orin McMonigle.

Drei Tage später treffen die 25 bestellten Tiere plus 15 Bonus-Schaben in früheren, nun leeren Kartoffelsalattöpfchen bei mir ein. Ich verbringe zunächst viel Zeit damit, ihnen zuzuschauen, wie sie ihre Umgebung mit schwankenden Wobbelantennen ausloten und flink mit ihren glänzenden Lakritz-

vorgefunden hatte: Das nötigt mir eine zögerliche Form des Respekts ab. Aber nun, wo sie da sind, draußen auf dem Flur in der Kartoffelsalattüte, bin ich mir nicht mehr sicher, ob diese Mensch-Schaben-Vergesellschaftung tatsächlich eine so gute Idee war. Ich träume schlecht.

Am Morgen füttere ich die Schaben mit Hundekuchen, Löwenzahn und Banane. Vorsichtshalber lese ich dann doch nach, ob ich etwas beachten muss – anscheinend nicht: Forscher haben im Hirn amerikanischer Schaben antibiotisch wirkende Stoffe entdeckt, die tödliche Bakterien unschädlich machen können. Also sollten Bananenscheiben an der Grenze zum Schmodder kein Problem sein.



SOZIALVERHALTEN: Dass ihr Haustier vereinsamen könnte, müssen Schabenbesitzer nicht fürchten – eher, dass sie sich ungeplant vermehren

nicht gemacht sind, und sich nicht mehr aus ihrer heiklen Lage befreien konnten.

M

Mich persönlich interessiert ein indisches Forschungsprojekt mehr, das die Möglichkeit nahelegt, dass wir uns dereinst von Schabenmilch ernähren könnten. Die Pazifische Käferschabe, eine der Arten, die keine Eier legt, sondern ihren Nachwuchs direkt als Babyschaben auf die Welt bringt, ernährt diese Babys nämlich mit einer nahrhaften Flüssigkeit, die dreimal mehr Protein als Büffelmilch enthalte.

Bevor ich meine Schaben melken werde, würde ich ihnen doch gern anderweitig etwas näherkommen. Um sie mir vertrauter zu machen, gebe ich ihnen Namen. Die Rampensau, die immer ganz vorn an der Scheibe klebt, nenne ich Stefan Schaab, die professoral wirkende Altschabe hinten links Jürgen Schabermas, das Exemplar daneben ist nun der Schab von Persien (oder Lawrence von Schabrabien, da schwanke ich noch).

Als Nächstes taufe ich Schabnetha, Schabifried, Borky und Hörn, die zusammen die Band SCHABBA haben. Dann fällt mir nichts mehr ein, und es sind noch reichlich namenlose Krabbler übrig.

Bei anderen Tierarten fällt die Namenstaufe leichter. Vor allem bei Hunden

Dann bringt der Paketdienst endlich die Terrarien, und ich kann meine Schaben auf die drei Glaskästen verteilen, die ich mit Kokosmulch, Büffelschädel, adretten Plastikblumen sowie einem verzweigten Tunnelsystem ausstatte, das ich aus leeren Klopapierrollen konstruiert habe.

Ich schlage mein Schabenbuch auf und lese ein neapolitanisches Sprichwort: „Ogni scarrafone è bello a mamma sua“ – „Jede Schabe ist für ihre Mutter schön.“

Als ich nachts im Bett liege, kann ich die Schaben knacken und rumoren hören. Die gleichen Geräusche würden wohl unfassbar behaglich und einschläfernd auf mich wirken, wenn ich wüsste, dass sie von mürbe gestriegelten Zwergeselohlen beim Zermalmen ihrer Wochenration Würfelzucker veranstaltet würden.

So aber kann ich nicht schlafen.

Dabei sind Schaben längst nicht die fieseren Virenschleudern, für die sie oft gehalten werden, sagt Joseph G. Kunkel, Biologe an der University of Massachusetts: „Es ist viel wahrscheinlicher, dass wir Menschen Viren oder Bakterien auf die Schaben übertragen, als umgekehrt.“

Auf seiner Webseite hat der extrem schabenfreundliche Dr. Kunkel 83 Fragen versammelt, die verunsicherte Kakerlaken-Konfrontierte ihm im Laufe seiner Forschung geschickt haben. Frage 6: „Warum sterben Kakerlaken in Rückenlage?“

Tun sie eigentlich gar nicht, antwortet Dr. Kunkel – zumindest nicht die wildlebenden Exemplare. Schaben, die in Häusern gestorben sind, werden oft in Rückenlage gefunden, weil sie womöglich auf dem glatten Parkett- oder Steinboden ausgerutscht sind, für den ihre Füßchen

»Schabenbesitz erdet – er lehrt
Demut und ist **wirklich**
erholend«

scheinen viele Menschen ja nicht mal fünf Minuten lang nachzudenken, welcher einzigartige Name ihres neuen besten Freundes würdig sein könnte. Ich besitze noch immer den leidlich verknitterten Zettel, auf dem ich mir die besten Namen vom Besuch einer Hundausstellung notiert hatte: Amaretto Dream Adam (Collie), Jaguar-Amaranth (Dackel), Playboy Philibert (Zwergpudel), High Roller Cash Money Millionair (sic!) (Bullmastiff) und Obama (Zwergschnauzer).

Zu den Schaben habe ich bis jetzt bei aller Mühe leider kein annähernd so inniges Verhältnis aufgebaut, wie Hundehalter es vermutlich zu ihren Tieren pflegen. Schon allein, weil ich bei jeder Wochenendreise fürchtete, dass es den Schaben derweil in meiner Wohnung zu warm werden könnte, worauf sie sich unerlaubt fortpflanzen würden.

Zur Wahl des US-Präsidenten haben sie mir immerhin gezeigt, dass sie mehr wissen als wir. Ich hatte am Wahltag eine kleine Arena aufgebaut und zwei Häuschen mit den offiziellen Symbolen der Kandidaten versehen: einem Hosenanzug für Clinton, einer Orange für Trump.

ERNÄHRUNG: Von Aas bis Totholz verschmähen die Allesfresser fast nichts. Besonders beliebt bei den Tieren der Autorin: Honigmelone



AUF EINEN BLICK

Verbreitung

Weltweit existieren mehr als 4600 Schabenarten, die meisten in den Tropen. In Europa sind nur 20 heimisch.

Anpassung

Die auch Kakerlaken genannten Arten finden in menschlichen Behausungen oft ideale Lebensbedingungen.

Haltung

Schaben sind pflegeleichte Tiere. Vor allem größere Spezies eignen sich als Haustiere in Terrarien.

Schabowski, das wegen der politischen Namenstradition ausgewählte Tier, zögerte nur einen Moment, nachdem ich es in die Mitte der Orakelarena gesetzt hatte, dann stellte es den noch zu erfolgenden Wahlvorgang derart originalgetreu pantomimisch nach, dass es ihm der größte Eurythmie-Gigant nicht hätte gleichtun können: Zielstrebig ging es zunächst zum Clinton-Häuschen und halb hinein – um dieses dann völlig ohne Not wieder zu verlassen, den ungeschützten Weg quer durch den Karton zu wählen, schnurstracks in das Trump-Häuschen zu trippeln und das Orangen-Hüttchen dann sogar zu erklimmen.

Damit war Schabowski quasi der einzige Sachverständige, der alles genauso kommen sah, wie es Stunden später tatsächlich geschah. Es waren noch nicht alle Stimmen ausgezählt, da legte ich ihm schon ehrfürchtig ein großes Stück Honigmelone in das Terrarium, sein Lieblingsessen.

Arglos erzählte ich einer Nachbarin im Treppenhaus von meinen Schaben. Erst ihre Reaktion erinnerte mich wieder daran, dass bei der Beurteilung von Haustieren unverhohlener Lookismus praktiziert wird: Es gibt einfach Tiere, die man gemeinhin für zu hässlich befindet, um sich freiwillig mit ihnen zu umgeben.

Hinzu kommt: Die derbe Gewöhnlich- und Alltäglichkeit einer Schabe passt nicht in eine Kultur, in der immer etwas Neues, Tolles passieren muss, in der Tamtamzwang und Erlebnisdruck ganz normal geworden sind. Man macht sich dummerweise ja selbst diesen Druck, statt ein Wochenende einfach mal zu verlegen und nichts zu tun, nach Schabenart im Zwielflicht.

Mit Schaben erlebt man nämlich noch weniger als mit einem altersschwachen Meerschweinchen. Dafür entspannt es, ihren sinnlosen kleinen Rangeleien zuzusehen, lauter vielbeinigten Ballettvariationen des Sturms im Wasserglas.

Ich habe es ausprobiert und kann sagen: Es ist wirklich erholsam, in Gesellschaft von Schaben die Gesellschaft des Spektakels zu verweigern, sich nicht deshalb zu Hause einzumummeln und im Sofakokon zu verschanzen, um ein spektakulärer Schmetterling zu werden, sondern um ganz ungestört die eigene, unspektakuläre Verschabung voranzutreiben.

Schabenbesitz erdet. Er lehrt Demut. Denn ganz egal, wie weit die technische Entwicklung des Menschen noch fortschreiten wird: Gegen kleine Nervviecher wie die Schaben wird er höchstwahrscheinlich niemals ankommen. Sie repräsentieren die dunklen, versteckten, manchmal vielleicht auch ein bisschen ekligen Seiten, die selbst die instigamigsten Menschen an sich haben, aber meistens ganz gut verbergen können.

Vielleicht ist gegenseitige Duldung mitunter auch schon genug, eventuell müssen sie aber doch zu einem Freund übersiedeln, der vages Interesse bekundet hat, mal sehen. So lange füttere ich sie trotzdem öfter mal mit Honigmelone, wie mir eine fremde Frau im Internet riet, sie lieben das.

Und da höre ich jetzt einfach mal auf mein Fauchgefühl.

ANJA RÜTZEL, Jg. 1973, hat eine Vorliebe für Tierbeobachtungen – versammelt sind einige in ihrem Buch »Saturday Night Biber«.



Raupenfutter

Wer etwa Zitronenfalter unterstützen möchte, sollte Wildpflanzen ansiedeln, denn die Raupen von Schmetterlingen ernähren sich fast ausschließlich von heimischen Gewächsen

Hilfe für die Bedrohten

Jeder kann mit ein paar **Tricks** etwas gegen das Artensterben tun. Dazu braucht es nur einen **Garten**, einen Balkon oder ein Fensterbrett – und das richtige Wissen

Text: Maria Kirady



Wenn man durch Stefan Behrs Garten geht, wähnt man sich in einem Kleinbiotop, einem Hotspot der Artenvielfalt. Statt wie anderswo Zuchtrosen, Hortensien oder Tulpen verbreiten hier Wildpflanzen wie etwa die pinkfarbene Taubnessel, das gelbe Scharbockskraut, der langstielige Natternkopf oder der zapfenförmige Blauweiderich ihren honigschweren Duft.

Die Luft schwirrt von brummenden Hummeln, aus einem Sandhaufen krab-

beln frisch geschlüpfte Wildbienen hervor, und zwischen hohen Gräsern stehen tote Baumwurzeln, von Baumameisen und Käfern durchlöchert. Wenig ist hier zu spüren vom Insektenschwund, der Naturschützer derzeit in Aufregung versetzt. Und das hat einen besonderen Grund.

Vor sieben Jahren hat der 53-jährige Lehrer den schlauchförmigen Kleingarten inmitten Hamburgs übernommen. Damals wuchs hier kurz geschorener Rasen, umgeben von Rhododendronsträuchern und Maschendrahtzaun. Nur wenige Insekten verirrt sich in die grüne Einöde. „Gruselig“, sagt Stefan Behr rückblickend, „da musste richtig viel passieren.“

Er legte Beete an und magerte den überdüngten Boden mit Kies und Sand ab, damit sich heimische Wildpflanzen – Lebensgrundlage für Insekten – darin

wohlfühlten. Die Samen besorgte er bei einem regionalen Pflanzenzüchter. Er hob einen Teich aus, in den Libellenlarven einzogen, errichtete eine sonnenbeschienene Trockenmauer aus Felsgestein und schleppte Totholz als Nisthilfe für die Sechsheiner herbei. In das noch verbliebene Rasenstück grub er mit den Händen vorsichtig Gänseblümchen ein – als Nektarquelle.

Behr ist nicht allein. Immer mehr Bürger engagieren sich für den Schutz der Insekten, wollen selbst etwas gegen den Artenschwund tun. Sie unterstützen Volksbegehren zur Rettung der Bienen, kaufen Biolebensmittel, die insektizidfrei angebaut wurden, oder demonstrieren für den Erhalt von Biotopen. Und eine zunehmende Zahl von Menschen unterstützt wie Behr die Insekten direkt vor der eigenen Haustür, im eigenen Garten.

In Deutschland gibt es 17 Millionen Gärten. Sie bedecken rund zwei Prozent der Landesfläche. Und viele der privaten Parzellen, so haben Forscher festgestellt, werden zu immer wichtigeren Rückzugsgebieten für Falter, Bienen oder Käfer, deren Lebensraum durch Landwirtschaft, Autobahnen oder den Bauboom in vielen Städten zerstört wurde. Selbst ein einzelner wilder Garten kann für diese Tiere mitunter zum rettenden Trittstein in einer Großstadt werden.

Das heißt zugleich, dass jeder, der über ein Stück Land, einen Balkon oder auch nur ein Fensterbrett verfügt, etwas gegen das Artensterben tun kann – sofern er den Tieren Nahrung, Nistmöglichkeiten und Unterschlupf bietet.

Dazu muss man nicht wie Stefan Behr den ganzen Garten umgestalten. Auch mit deutlich geringerem Aufwand lässt sich ein kleines Insektenparadies schaffen.

Doch wie geht man am besten vor?

e

Experten sind sich einig: Das Wichtigste ist die Auswahl der Pflanzen. Um Bestäuber wie Hummeln, Bienen oder Schmetterlinge anzulocken, sollte man beim Neukauf auf möglichst heimische Gewächse mit offenen Blüten achten, zum Beispiel Malve, Wiesen-Margerite oder Königskerze.

Was kaum jemand weiß: Bei speziell gezüchteten Ziersorten, etwa manchen Rosen, Dahlien oder Chrysanthemen, mit besonders üppigen, gefüllten Blüten ist der Weg zum Nektar oft versperrt – sie sind für bestäubende Insekten nutzlos.

Wer unsicher ist, kann im Gartencenter einfach dem Summen umher-schwirrender Bienen folgen, um die nektarreichsten Gewächse zu finden.

Bei anderen Pflanzen verrät schon der Name, welche Spezies sich für sie begeistern: Der Schmetterlingsflieder etwa



zieht Falter an, und der Bienenfreund spendet Hautflüglern Nahrung.

Auch Wildblumen und Küchenkräuter sind wirkungsvolle Insektenmagneten: Schneeglöckchen, Schlüsselblume, Lavendel, Salbei, Borretsch, Kornblume oder Aster sorgen von Frühling bis Herbst für Farbe und füllen das Nektarbuffet.

Beim Kauf lohnt es sich außerdem, auf Bioqualität zu achten, damit die Pflanzen nicht mit Insektiziden belastet sind –, oder gleich Wildsamenmischungen zum Aussäen zu erwerben.

Wem das alles zu aufwendig ist, der kann auch einfach warten, bis Wind und Vögel die Samen in den Garten tragen. Denn solange es geschützte Brachflächen gibt, auf denen die Wildpflanzen bis in den Spätsommer hinein wachsen und blühen dürfen, siedeln sich viele von selber an. Im Gegensatz zu exotischen Zierpflanzen müssen diese Gewächse nicht gedüngt, kaum gegossen oder gejätet werden und sparen so dem Gärtner Arbeit.

Je mehr unterschiedliche Wildpflanzen auf engem Raum wachsen und blühen, umso mehr Insektenarten lassen sich zudem im Garten blicken. Denn viele Sechsheiner haben sich im Zuge der Evolution auf bestimmte Wirtspflanzen spezialisiert und sind von diesen abhängig. Die Raupen des Apollofalters etwa gedeihen auf der Fetthenne, der Schwalbenschwanz-Nachwuchs verspeist die Wilde Möhre, und von der Brennnessel ernähren sich gar an die 50 unterschiedliche

Schmetterlingsraupen von Admiral bis Tagpfauenauge.

Und während die aus Asien stammenden Thuja oder der Kirschlorbeer hierzulande kaum einem Tier eine Lebensgrundlage bieten, sind Obstbäume, Haselnuss- oder Beerensträucher Lebensraum und Nahrungsquelle zahlreicher heimischer Arten. Ein Weißdornstrauch etwa versorgt übers Jahr rund 160 Insektenarten mit Essbarem. Ein ausgewachsener Kirschbaum produziert im Frühling bis zu einer Million nektargefüllter Blüten. Und eine Streuobstwiese kann sogar mehrere Tausend Spezies ernähren.

Nicht zu vergessen: Die Kerbtiere müssen auch trinken. Gerade in heißen, trockenen Sommern sind sie auf Erfrischung angewiesen. Wer keinen Teich besitzt, kann flache Wasserschalen mit Steinen darin aufstellen, an denen die Sechsheiner wieder herausklettern, falls sie hineinfallen. Regentonnen und Swimmingpools werden dagegen zur Todesfalle, wenn man sie nicht abdeckt, weil die Tiere auf Wassersuche darin ertrinken.

Neben Nahrung benötigen Insekten Nistmöglichkeiten: Mit aufgeschichteten Grünschnitt-, Totholz- oder Geröllhaufen lassen sich aus ohnehin anfallenden Resten mit minimalem Aufwand Kinderstube und Winterquartier für Käfer, Hautflügler und Spinnentiere (die ebenso gefährdet sind wie Insekten) schaffen.

Fortgeschrittene errichten aus den Abfällen eine „Benjes-“ oder Totholz-

UNTERSCHLUPF

Insektenhotels wie diese Nisthilfe aus Bambus helfen den Tieren, Fuß zu fassen – aber nur, wenn sie gut gemacht sind, erkennbar am regen Flugverkehr



hecke. Dazu rammt man in einer Reihe jeweils zwei Pflöcke parallel zueinander in die Erde und stapelt das Astwerk lose dazwischen auf. Bald nisten sich Vögel in der provisorischen Wand ein und tragen Samen herbei. Mit der Zeit wächst daraus eine wilde Hecke mit heimischen Büschen und Sträuchern, ein natürlicher Lebensraum für zahlreiche Krabbler.

Auch sogenannte Trockenmauern aus Stein, die ein mediterranes Mikroklima schaffen, werden von den wechselwarmen Sechsheinern gern angenommen. Wichtig ist nur, die Zwischenräume unverfügt zu lassen, damit wärmeliebende Arten wie die Rostrote Mauerbiene oder die ameisenfressende Plattbauchspinne dort einziehen können.

Zudem gilt es, abgestorbene Zweige, verblühte Stauden und herabgefallenes Laub mindestens bis zum Frühjahr zu belassen. Denn Insekten nutzen diese als Nistmöglichkeit oder suchen im Winter

NEKTARWEIDE

Wer Klee auf einer Wiese stehen lässt, sorgt dafür, dass Hummeln und andere Wildbienen reichlich Nahrung für ihren Nachwuchs finden

darin Schutz: Was auf den ersten Blick tot erscheint, ist oft noch voller Leben.

Ergänzend können vorgefertigte Insektenhotels Flugkünstlern wie der Maskenbiene, Lehmwespe oder Erdhummel helfen, Fuß zu fassen. Je nach zukünftigem Bewohner werden diese Nist- und Überwinterungskästen mit Bambusröhrchen, Holzwolle, Stroh oder Sägespänen möbliert und an einem trockenen Ort aufgehängt, vergraben oder auf den Boden gestellt. Mit etwas Glück ist dann selbst auf einem hochgelegenen Großstadtbalkon im Frühjahr reger Flugverkehr zu beobachten.

Doch Vorsicht: Manche Unterkunft gleicht eher einer Absteige als einem Hotel. Naturschützer kritisieren, dass schlecht verarbeitete Baumarkt-Konstruktionen die Brut gefährden und abstehende Holzsplitter die empfindlichen Flügel der Tiere zerfetzen. Einige Vorrichtungen gelten sogar als nutzlos, weil kein Insekt sich dafür interessiert; etwa die in vielen Modellen hinter Drahtgittern eingepferchten Holzbruchstücke und Zapfen. Wer sichergehen will, informiert sich am besten im Fachhandel oder baut selbst.

Kontraproduktiv sind zudem künstliche Lichtquellen. Mancher Nachtfalter wird auf dem Weg zu einer im Mondschein schimmernden Blüte abgelenkt: von Rasenstrahlern, blinkenden Lichterketten oder leuchtenden Gartenmöbeln.

Auch Pflanzenschutzmittel, Schneckenkorn und synthetische Dünger haben im insektenfreundlichen Garten nichts zu suchen. Ohnehin reguliert sich mit der Zeit vieles von selbst: Wo Schwebfliegen und Raubkäfer Blattläuse vertilgen, Blumen sich selbst wieder aussäen und Springschwänze helfen, Pflanzenreste in Humus zu verwandeln, entsteht ein ökologisches Gleichgewicht, in dem es auch ohne unser Zutun von Frühling bis Herbst blüht, krabbelt und surrt.

So wie in Stefan Behrs Scholle inmitten der Großstadt. Im Sommer steht der Hamburger oft zwischen den von Hummeln und Honigbienen frequentierten, purpurfarbenen Fingerhüten; die Sonne auf der Haut, Blumenduft in der Nase, die Augen geschlossen.

„Wenn es dann um mich herum summt und brummt“, sagt er, „ist das wie Balsam für meine Seele“.

Die Krabbler
müssen auch
trinken:
Stellen Sie
im Sommer
flache Schalen
mit Wasser
auf

Eine Armee fliegender Hüpfer

Wüstenheuschrecken, Afrika

Sie erscheinen wie aus dem Nichts, und oft sind es Abermillionen: Wüstenheuschrecken ziehen in gewaltigen Schwärmen umher und fressen ganze Landstriche leer. Bevor es zu einer solchen Heimsuchung kommt, bauen die Tiere ihren Körper auf erstaunliche Weise um. Bei ihrer letzten Häutung bilden sich aus Stummeln am Rückenpanzer Flügel – so können sich die zunächst als Einzelgänger lebenden Schrecken in die Lüfte erheben und von Winden täglich bis zu 200 Kilometer weit tragen lassen.

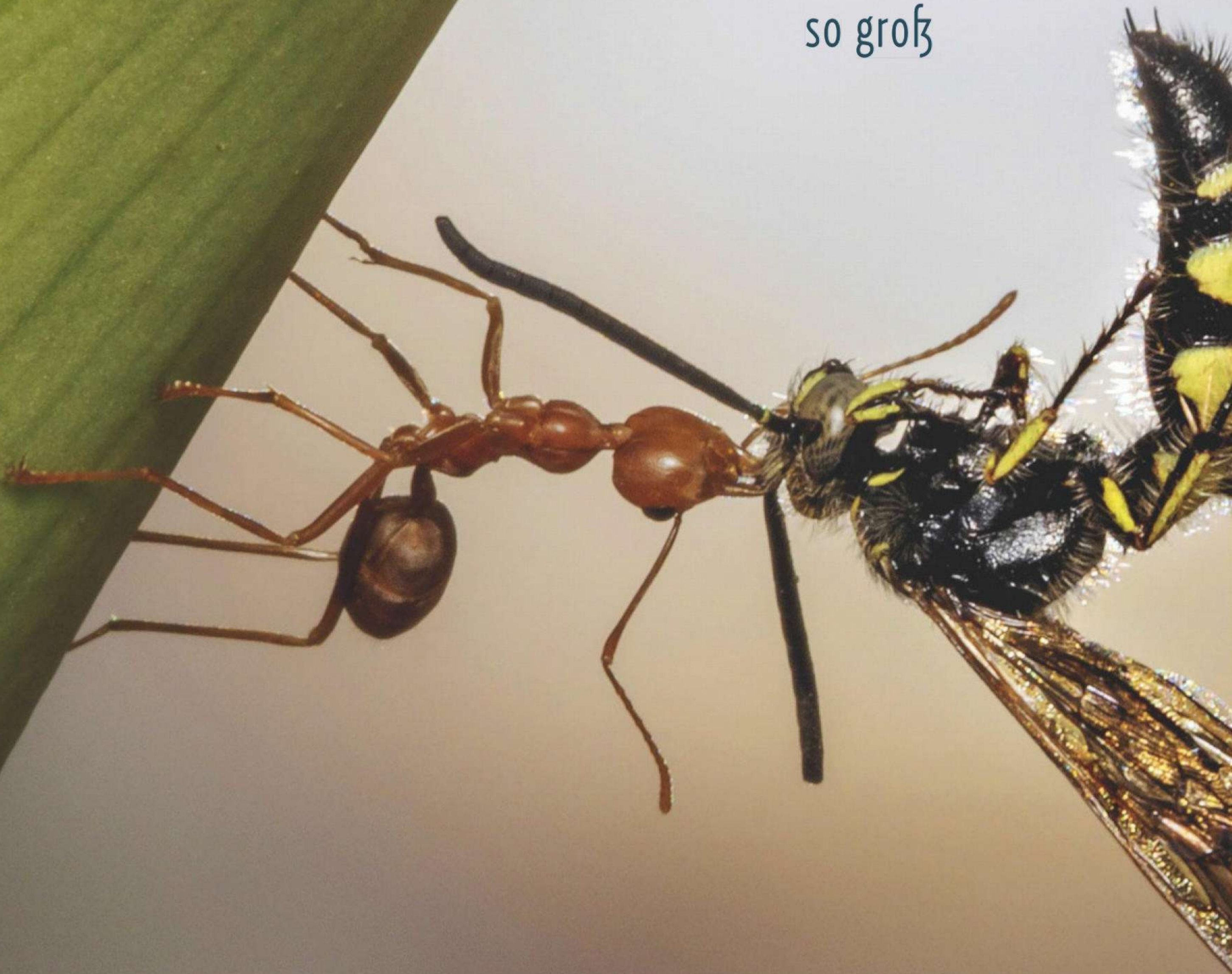


Texte: Sebastian Witte

Von Tricksern, Künstlern und Schwärmern

**Perfekte Anpassung bedeutet nicht immer, unauffällig zu sein:
Oft sind es ungewöhnliche Formen, Farben oder Verhaltensweisen
wie das Schwärmen zu Millionen, die Insekten zu einem Vorteil
im Kampf ums Überleben verhelfen**

Keine potenzielle
Beute ist
sicher – und
sei sie noch
so groß



In die Zangen genommen

Weberameisen, Thailand

Umgekehrte Kräfteverhältnisse: Von Wespen ist bekannt, dass sie sich zuweilen lästige Ameisen, die mit ihnen um Futterquellen konkurrieren, vom Leib schaffen. Dazu packen sie die Krabblers, fliegen mit ihnen fort und lassen sie in einiger Entfernung wieder fallen. Doch hier machen sich die Ameisen ihrerseits an der fliegenden Konkurrenz zu schaffen: Vermutlich geschwächt oder bereits tot, wird sie von Arbeiterinnen zerlegt und als Mahl in den Bau verschleppt.



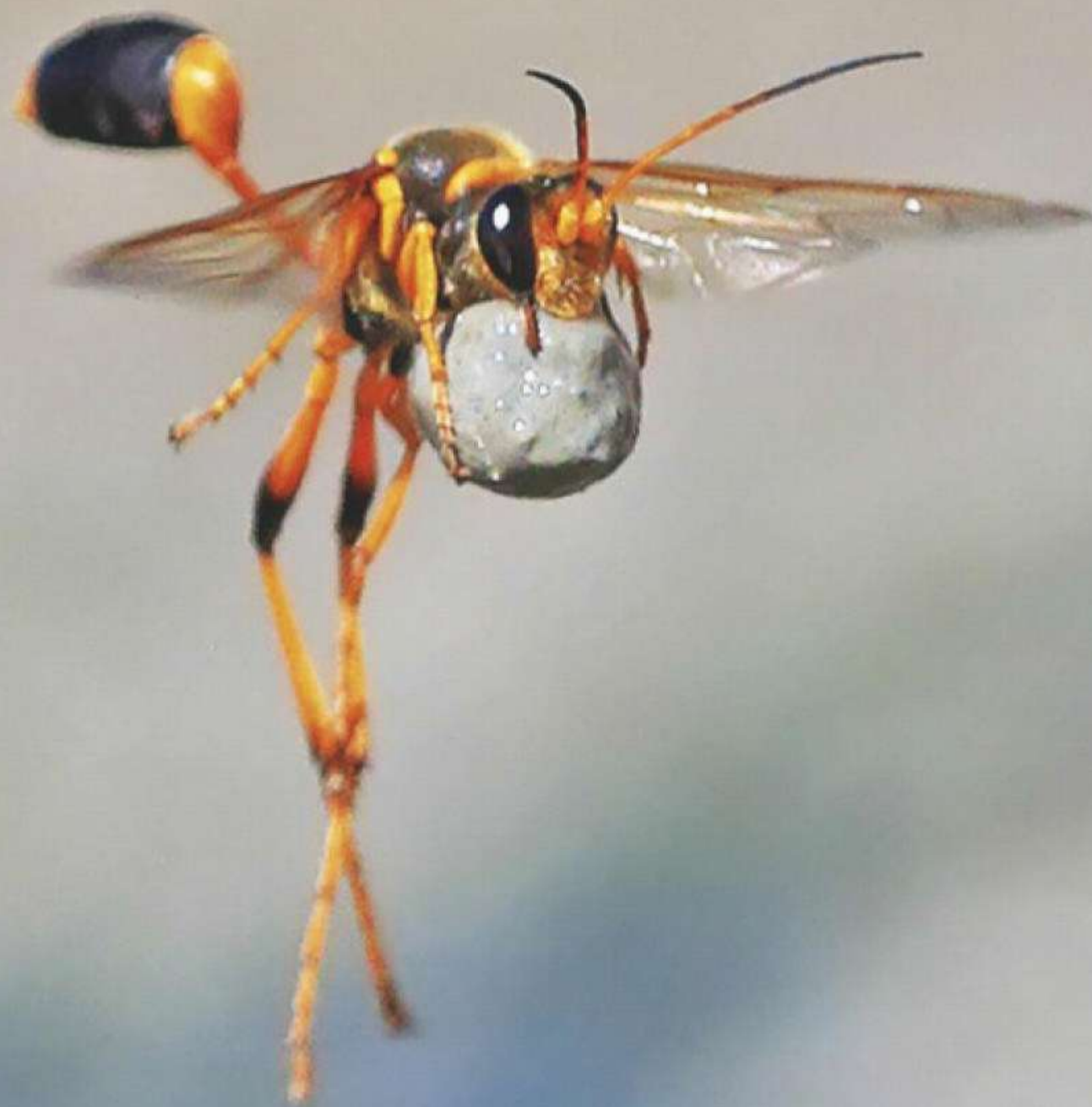
Im
Schutz der Nacht
suchen
die Schwärmer
Blütenkelche
auf – und
saugen sie aus

Das imposante Flattern

Windenschwärmer, Italien

Mit breiter Brust setzen diese Schwärmer zum nächtlichen Landeanflug an. Gut möglich, dass sie auf der Suche nach nahrhaften Blüten weit geflogen – und nun hungrig sind. Dank ihrer großen Facettenaugen vermögen die robusten Falter auch in der Dunkelheit perfekt zu navigieren. Manche Schwärmer werden groß wie Kolibris, mit denen sie leicht verwechselt werden, wenn sie ihre langen Rüssel entrollen und im „stehenden“ Flug Nektar aus Blütenkelchen zapfen.





Im Dienst der Brut

Grabwespen, Australien

Geschickt rollen diese Wespenmütter Schlamm am Rand eines Wasserlochs in Westaustralien zu kleinen Klumpen zusammen – Baumaterial für ihre Nester, die sie in der Nähe errichten. Die fertigen Brutstätten enthalten kleine Kammern: Dort legen sie ihre Eier hinein sowie – vor dem Verschließen – kleine, mit Gift gelähmte Spinnen. So sind die Larven gleich nach dem Schlüpfen bestens versorgt, können sich satt fressen und schließlich verpuppen.

Kugel für
Kugel ballen
sie zusammen –
um daraus
Bruthöhlen zu
formen





Emsige Sammlerin

Honigbiene, Deutschland

Während die Honigbiene Pollen aus einer Blüte aufnimmt, bestäubt sie gleichzeitig die jeweilige Pflanze (hier einen Apfelbaum)



Flügel der Leidenschaft

Termiten, Mosambik

Nach der Begattung werfen Termiten (hier von Ameisen umgeben) ihre Flügel ab – so können sie sich leichter in die Erde graben und einen neuen Staat gründen



Im Schutz der Fäden

Cyana spec., China

Vor der Verpuppung konstruiert die Larve dieses Nachtfalters ein kunstvolles Netz aus Seidenfäden und Haaren – um mögliche Fressfeinde auf Distanz zu halten



Trockenen Fußes

Wasserläufer, Österreich

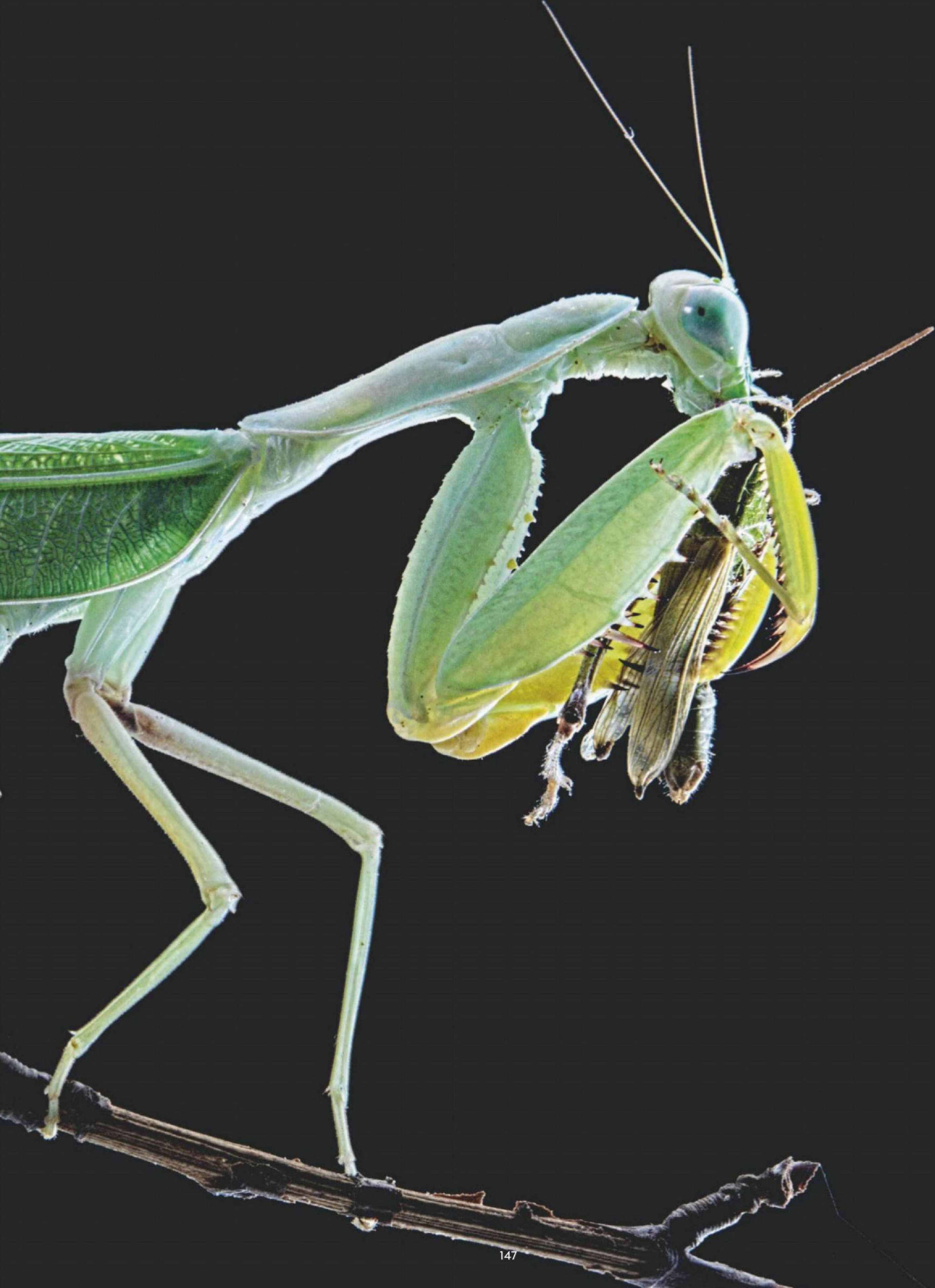
Die langbeinigen Insekten nutzen die Oberflächenspannung des Wassers, um darauf zu laufen – und zu jagen: Feinste Schwingungen deuten auf Beutetiere hin

Einmal gefasst, gibt es für die Opfer **kein Entkommen**

Blattgrüne Gefahr

Gottesanbeterin, Afrika

Mit ihrer Tarnfarbe nur schwer zu erkennen, ist sie der Schrecken vieler Insekten: Die hakenbesetzten Greifarme der Gottesanbeterin schnellen innerhalb von 50 Millisekunden vor und zurück – sechsmal rascher, als ein Mensch blinzelt! Diese in Afrika heimische Art hat eine kleine Heuschrecke erwischt. Doch Gottesanbeterinnen knuspern nicht bloß Insekten. In Nordamerika haben es manche Fangschrecken sogar auf Vögel abgesehen – und lauern gelegentlich ahnungslosen Kolibris an nektarreichen Blüten auf.







Bei ihrem
langen Flug
orientieren
sich die Falter
am Magnetfeld
und dem Stand
der Sonne

Mit der Kraft des Schwarms

Monarchfalter, Mexiko

Jedes Jahr im Herbst machen sich Millionen Monarchfalter auf eine lange Reise ins Winterquartier im 4000 Kilometer entfernt liegenden Mexiko. Bloß 75 Kilometer bewältigen die filigranen Schmetterlinge pro Tag, manchmal lassen sie sich einfach vom Wind treiben. Als orangefarbene Wolken am Himmel kehren sie im Frühjahr in Etappen schließlich wieder heim – die **grelle** Farbe der Flügel soll Feinde abschrecken: Achtung, giftig!



Tödliche Unterlippe

Libellenlarve, Deutschland

Blitzschnell vermag eine Libellenlarve ihr klauenbewehrtes Greiforgan auszufahren, um damit unter Wasser ein Beutetier zu packen



Kauendes Köpfchen

Rüsselkäfer, Spanien

Eine Verlängerung des Kopfes, an dessen Spitze kauende, beißende Mundwerkzeuge sitzen, hilft Rüsselkäfern, pflanzliche Nahrung zu zermahlen

Monströse Klauen

Hirschkäfer, Deutschland

Mit ihren riesigen Oberkiefern liefern sich männliche Hirschkäfer Duelle um die Gunst einer Partnerin. Nur der stärkere darf sich fortpflanzen



Gefundenes Fressen

Sorghum-Schösslings-
Fliege, Indien

Auf der Suche nach proteinreicher Kost hat sich diese in Asien beheimatete Fliege von verwesendem Schneckenfleisch anlocken lassen



Die funkelnde Partnersuche

Leuchtkäfer, Philippinen

Um auf sich aufmerksam zu machen, schwärmen Tausende Leuchtkäfer wie wild um diesen Mandelbaum in einem philippinischen Flussgebiet. Mit ihren Lichtzeichen (hier in Langzeitaufnahme festgehalten) versuchen die glimmenden Insekten einen Partner anzulocken. Wer am hellsten funkelt, hat am ehesten die Chance, sich erfolgreich zu paaren. Die Weibchen einiger in Mitteleuropa heimischer Arten werden wegen ihrer larvenähnlichen Körperform auch „Glühwürmchen“ genannt •



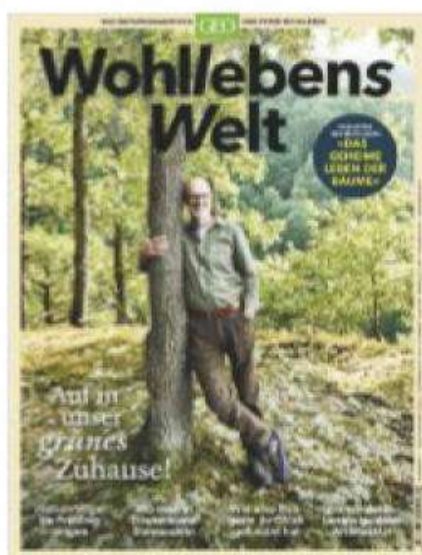
Schnüre aus
Licht hinterlassen
die **Tausenden**
Leuchtkäfer
in der Luft

WOHLLEBENS WELT

Endlich Frühling

Auf ins Grüne

Längere Tage, die wärmende Sonne – Blüten, Insekten, Vogelgezwitscher: Die Natur erwacht förmlich zu neuem Leben und lockt uns ins Freie. Die Ausgabe von WOHLLEBENS WELT zeigt, was es dort zu entdecken gibt, etwa auf einer blühenden Wiese. Bestseller-Autor Peter Wohlleben gibt mit GEO Antworten: Warum singt jeder Vogel ein anderes Lied? Wie fühlt es sich wohl an, ein Dachs zu sein? Wo blitzen in Deutschland die meisten Sterne? Und was macht eigentlich eine Rangerin? Ein Spaziergang zum Blättern – bevor es hinaus geht ins Grüne.

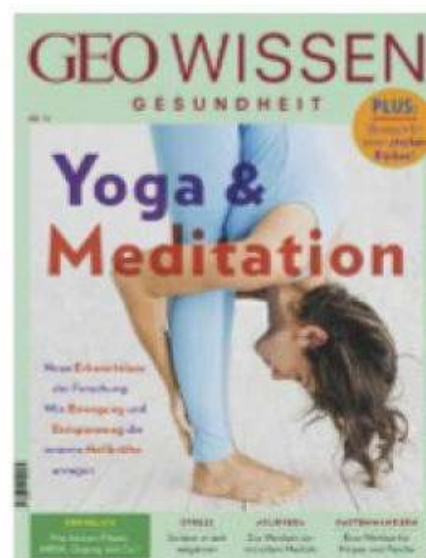


WOHLLEBENS WELT im Frühjahr 2020 ist 132 Seiten stark und kostet 6,50 Euro. Weitere Themen: Biber: Willkommen! Störchen: Friede • Grönland: Grüne Insel im Eis • Schmetterlinge: Fliegende Juwelen

GEO WISSEN GESUNDHEIT

Yoga und Meditation

Eine Wohltat für Leib und Seele



GEO WISSEN GESUNDHEIT »Yoga und Meditation« hat 164 Seiten Umfang und kostet 12,50 Euro, mit DVD (»Health Yoga«) 17,50 Euro. Weitere Themen: • Ayurveda • Fastenwandern • Was können Tai-Chi, Pilates und Co.?

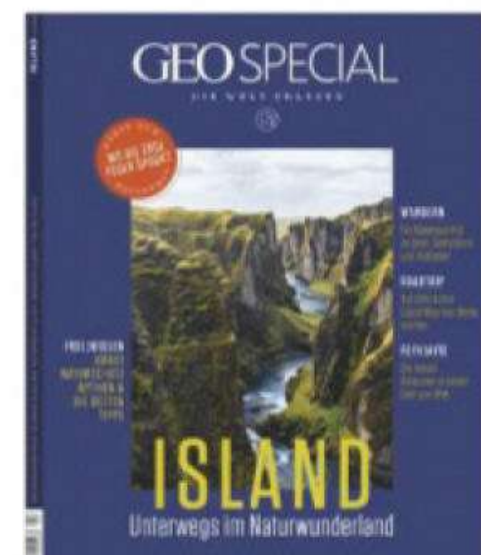
Ob hohe Cholesterinwerte, Rückenschmerzen oder depressive Verstimmungen: Bei vielen weit verbreiteten Leiden entfaltet Yoga verblüffende gesundheitliche Wirkungen. Denn die sanfte Bewegung aktiviert die Selbstheilungskräfte, reduziert Stress und entspannt den Körper. Die aktuelle Ausgabe von GEO WISSEN GESUNDHEIT widmet sich den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen zum Yoga, erklärt, wie sich das Gehirn durch Meditieren verändert – und weshalb die richtige Atmung bei all dem eine entscheidende Rolle spielt.

GEO SPECIAL

Sagenhafte Insel

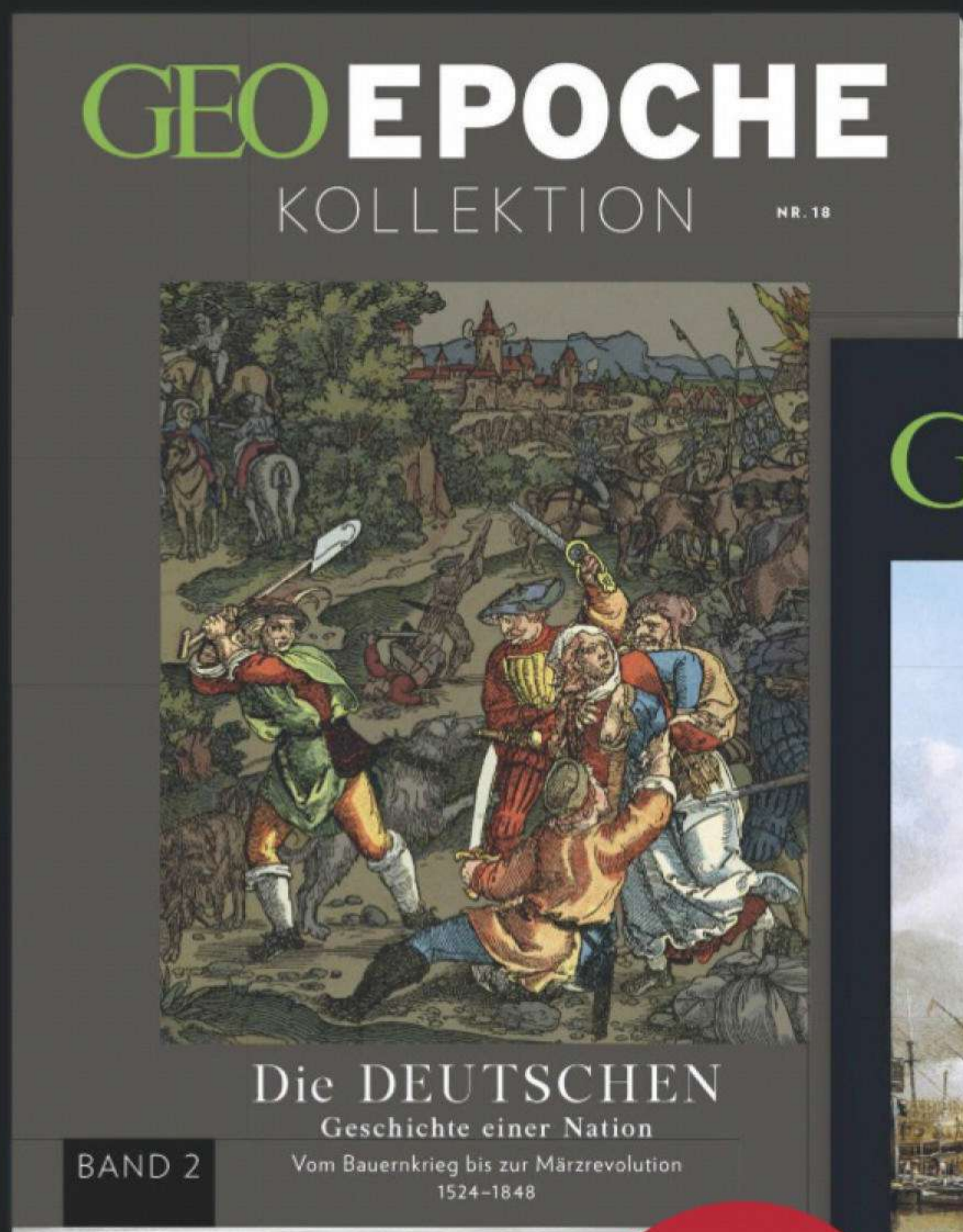
Unterwegs in Island

Elfen und Gletscher, Feuer und Asche speihende Vulkane, flackernde Himmelslichter – Island ist eine mystische Insel, die von Reisenden so sehr geliebt wird, dass es manchen schon zu viel wird. Ist Island überlaufen? GEO-Special-Reporter haben sich aufgemacht, diese Frage zu klären. Sie durchstreiften Reykjavík, wanderten durch Moore und über Lavafelder, kurvten auf dem Arctic Coast Way durch die Einsamkeit und gingen alten Sagen auf den Grund. Was die Autoren fanden? Ein Land, das immer noch und immer wieder eine Reise wert ist.



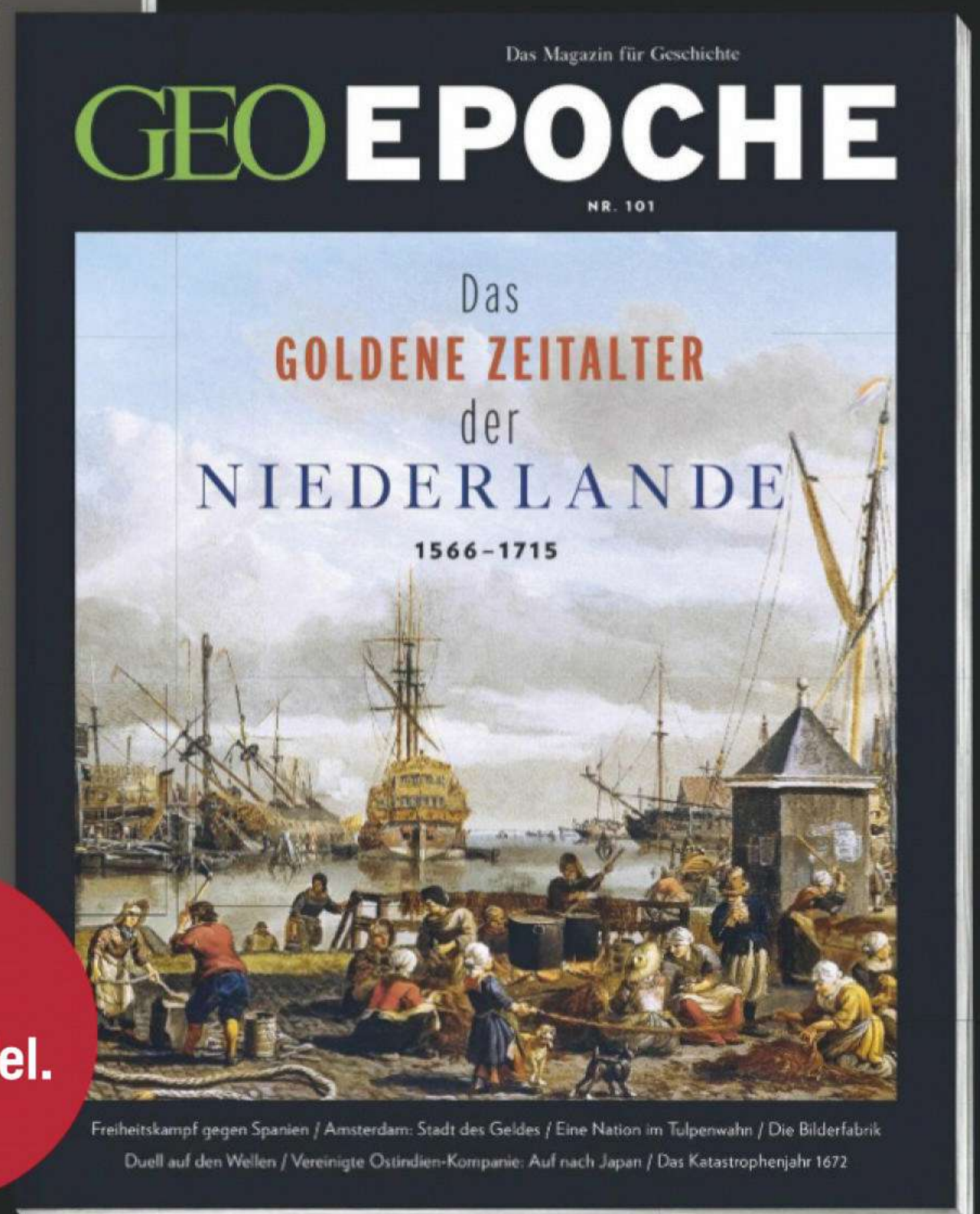
GEO SPECIAL »Island« ist 148 Seiten stark und kostet 9,90 Euro. Weitere Themen: Reykjavík • Umweltschutz • Wald Tourismusboom • herausnehmbare Karte • Plus: die besten Hotels, Restaurants und Ausflugstipps

Magazine, die Geschichte schreiben.



Das Beste aus GEO EPOCHE

Jetzt
im Handel.



Das Magazin für Geschichte

GEO EPOCHE ist auch digital erhältlich.



GEO WISSEN

Wege zu mehr Gelassenheit

Wie wir innere Balance finden



GEO WISSEN »Gelassenheit«
hat 156 Seiten Umfang und kostet
11 Euro, mit DVD (»Schluss mit
schnell!«) 17,50 Euro. Weitere Themen:
Selbstbeherrschung • Konsum: Ist
weniger wirklich mehr? • Meditation •
Die Lust am Selbermachen

Seelenruhe ist eine hohe Kunst – und in einer aufgeregten Gegenwart nicht einfach zu erlangen. Erzwingen lässt sich dieser Zustand nicht, doch es gibt Möglichkeiten, ihn nach und nach einzuüben. Wie dies gelingt, beschreibt GEO WISSEN in seiner neuen Ausgabe. Und erklärt, was Philosophen und Psychologen über die Quellen von innerer Unruhe und Stress wissen, was Meditation und „digitale Diät“ bewirken können, wie wir mit Perfektionismus umgehen, Zufriedenheit erlangen – und den Fährnissen des Lebens ausgeglichener begegnen.

IMPRESSUM

Gruner + Jahr GmbH, Am Baumwall 11, 20459 Hamburg
Postanschrift der Redaktion: Brieffach 24, 20444 Hamburg
Tel.: 040/37 03-0, Internet: www.GEOkompakt.de

CHEFREDAKTEURE

Jens Schröder, Markus Wolff

STELLVERTRETENDE CHEFREDAKTEURE

Rainer Harf, Claus Peter Simon

ART DIRECTION

Torsten Laaker

TEXTREDAKTION

Sebastian Witte, Tilman Botzenhardt,

Maria Kirady, Bertram Weiß

BILDREDAKTION

Carla Rosorius (Leitung); Carolin Küst, Jochen Raiß,

Katrin Trautner

VERIFIKATION

Regina Franke; Dr. Götz Froeschke, Susanne Gilges,

Stefan Sedlmair, Bettina Süssmilch

LAYOUT

Dennis Gusko

CHEF VOM DIENST/SCHLUSSREDAKTION

Ralf Schulte

TECHNISCHER CHEF VOM DIENST

Rainer Droste

REDAKTIONSASSISTENZ

Ümmük Arslan, Anastasia Mattern,

Thomas Rost

HONORARE/SPESEN

Angelika Györfy

GESCHÄFTSFÜHRENDE REDAKTEURIN

Maike Köhler

VERANTWORTLICH

FÜR DEN REDAKTIONELLEN INHALT

Jens Schröder, Markus Wolff

PUBLISHER

Frank Thomsen (Stv. Toni Willkommen)

PUBLISHING MANAGER

Eva Zaher

EXECUTIVE DIRECTOR DIRECT SALES

Heiko Hager/G + J Media Sales

VERANTWORTLICH FÜR DEN ANZEIGENTEIL

Daniela Pormann, Director Brand Solutions,

G + J e|MS, Am Baumwall 11, 20459 Hamburg.

Es gilt die jeweils aktuelle Preisliste.

Infos hierzu: www.gujmedia.de

SALES DIRECTOR

Franziska Bauske, DPV Deutscher Pressevertrieb

MARKETING

Pascale Victor

HERSTELLUNG

G + J Herstellung, Heiko Belitz (Ltg.), Oliver Fehling

Litho: 4MAT Media, Hamburg

Druck: appl druck GmbH,

Senefelderstraße 3-11, 86650 Wemding

Bankverbindung: Deutsche Bank AG Hamburg,

IBAN: DE30200700000032280000,

BIC: DEUTDEHH

Heft-Preis: 11 Euro (mit DVD: 17,50 Euro)

ISBN 978-3-652-00960-7 (978-3-652-00964-5)

ISSN 1614-6913

USA: GEOkompakt is published by Gruner + Jahr GmbH.
K.O.P.: German Language Pub., 153 S Dean St, Englewood
NJ 07631. Periodicals Postage is paid at Paramus NJ 07652.

Postmaster: Send address changes to GEOkompakt,

GLP, PO Box 9868, Englewood NJ 07631.

KANADA: Sunrise News, 47 Silver Shadow Path,

Toronto, ON, M9C 4Y2, Tel.: +1 647-219-5205,

E-Mail: sunriseorders@post.com.

Der Export der Zeitschrift GEOkompakt und deren
Vertrieb im Ausland sind nur mit Genehmigung des
Verlages statthaft. GEOkompakt darf nur mit Genehmigung
des Verlages in Lesezirkeln geführt werden.

© 2020 Gruner + Jahr Hamburg,
Printed in Germany

GEO-LESERSERVICE

FRAGEN AN DIE REDAKTION

Tel.: 040/37 03 20 84

E-Mail: briefe@geokompakt.de

ABONNEMENT- UND EINZELHEFTBESTELLUNG

Online-Kundenservice: www.geo.de/kundenservice,

Tel.: 0049/40/55 55 89 90

Service-Zeiten: Mo–Fr 7.30–20 Uhr, Sa 9–14 Uhr

Postanschrift: GEO-Kundenservice, 20080 Hamburg

Preis Jahresabonnement:

44,00 € (D)/50,00 € (A)/74,40 sfr (CH);

Preise für weitere Länder auf Anfrage erhältlich.

BESTELLADRESSE FÜR GEO-BÜCHER,

GEO-KALENDER, SCHUBER ETC.

GEOkompakt-Kundenservice, 74569 Blaufelden,

Tel.: 0049/40/422 36 427, Fax: 0049/40/422 36 663

E-Mail: guj@sigloch.de

BILDNACHWEIS

Anordnung im Layout: l. = links, r. = rechts,

o. = oben, m. = Mitte, u. = unten

TITEL

Brad Boland/500px/Getty Images

EDITORIAL

Xiomara Bender für GEO: 3

INHALT

siehe entsprechende Seiten

PLANET DER SECHSBEINER

Levon Biss: 6–25

DIE FANTASTISCHEN ÜBERFLIEGER

Misja Smits/Buiten-beeld/Minden Pictures: 26/27; privat: 28;

Javier Aznar: 29 (2); John Abbott/NaturePL: 30; Norbert Kaszás/

NPOTY: 31; Alberto Ghizzi Panizza/Biosphoto: 32;

Luis Ferreira/Biosphoto: 33

DIE MACHT DER GEMEINSCHAFT

Bence Mate/NaturePL: 34/35; Daniel Kronauer 36/37; Emanuele

Biggi/NaturePL: 37 o., 38; Nick Hawkins/NaturePL: 37 u.;

Ingo Arndt/Minden Pictures: 39 (3); Eric Tournet/Biosphoto: 40;

Stéphane Vitzthum/Biosphoto: 41 l.; Ingo Arndt/NaturePL: 41 r.;

Kim Taylor/NaturePL: 43; Illustrationen: Armin Schieb/

sepia-illustration: 42

DAS FLIEGENDE ERFOLGSMODELL

Illustrationen: Rainer Harf für GEOkompakt: 44–47

DIE GENIALE WIEDERGEURT

Matee Nuserm/teptong/Adobe Stock: 48–51; JPS/Adobe Stock: 52

DER AKT

Javier Aznar: 54/55; Andy Sands/NaturePL: 56; John Abbott/

NaturePL: 57, 58 u.; Ross Hoddinot/NaturePL: 58 o.; Ingo Arndt/

Minden Pictures/Nature in Stock: 59 o.; Daniel Heudin/NaturePL: 59 u.

10 KLEINE STARS, DIE STAUNEN MACHEN

Illustrationen: Bernard Durin: 60–69, aus dem Buch »Käfer und

andere Kerbtiere«, Schirmer/Mosel

DIE WELT MIT TAUSEND AUGEN SEHEN

Meckes & Ottawa/Eye of Science: 70–80;

Illustration: Mick Klaak für GEOkompakt: 79

WENN FLIEGEN EINEN TÄTER ÜBERFÜHREN

Illustrationen: Medy Oberendorff: 82–85, aus dem Buch

»Die wunderbare Welt der Insekten«, Gerstenberg

DAS WISSEN DER BIENEN

Ingo Arndt: 86–94

UND ES WERDEN IMMER WENIGER

Illustrationen: Matt Dorfman: 96–102, Vorlagen: Bridgeman Images

MÜTTER AUF SECHS BEINEN

Javier Aznar: 104/105, 106, 111; Ingo Arndt/Minden Pictures/dpa/pa:

107; Neil Aldridge/NaturePL: 108 l.; Nature Production/NaturePL:

108 r.; Anne & Jacques Six/Auscaps/OKAPIA: 109; imago:

110 l.; Doug Wechsler/NaturePL: 110/111

DAS BEKANNTESTE INSEKT DER WELT

Katy Wiedemann/Studio Livrela: 112/113, 115 o.; Solvin Zankl/

Science Photo Library: 113 r., 115 u.; Michael Durham/NaturePL:

114 o.; David Scharf/Science Photo Library: 114 u. (3); Pascal

Goetgheluck/Science Photo Library: 116

FLÜGEL FÜR EINEN TAG

Imre Potyó: 118/119; Bruno Guénard/Biosphoto: 120; Solvin Zankl:

121, 122/123 u.; Ingo Arndt/NaturePL: 122 o. (3); Wild Wonders

of Europe/David Maitland/NaturePL: 123 o.

WENN KRÄBLER ZU FREUNDEN WERDEN

Illustrationen: Rina Lang/Zagenten: 126–131

HILFE FÜR DIE BEDROHTEN

Pal Hermansen/NaturePL: 132; Alan Williams/NaturePL:

134; Phil Savoie/NaturePL: 135

VON TRICKSERN, KÜNSTLERN UND SCHWÄRMERN

KHS/Okapia: 136/137; Wei Fu/NPOTY 2019: 138/139; Lorenzo Shou-

bridge: 140/141; Georgina Steytler: 142/143; Solvin Zankl: 144 o.;

Piotr Naskrecki/NaturePL: 144 u.; Minghui Yuan/Wildlife Photographer

of the Year 2019: 145 o.; Herfried Marek: 145 u.; Clément Carillet/

Biosphoto: 146/147; Sylvain Cordier/NaturePL: 148/149;

Jan Hamrsky/NaturePL: 150 o.; Juan Jesus Gonzalez Ahumada:

150 u.; Régis Cavignaux/Biosphoto: 151 o.; Ripan Biswas: 151 u.;

Jürgen Freund/NaturePL: 152/153