

Klaus Richarz
Bruno P. Kremer

Geniale Tiere



EBOOK INSIDE



Springer

Geniale Tiere

Klaus Richarz · Bruno P. Kremer

Geniale Tiere

Anekdotisches,
Bewundernswertes und
Erstaunliches aus allen
Bereichen unserer Fauna



Springer

Klaus Richarz
Lich, Deutschland

Bruno P. Kremer
Wachtberg, Deutschland

ISBN 978-3-662-58642-6 ISBN 978-3-662-58643-3 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-58643-3>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung und Lektorat: Stefanie Wolf
Einbandabbildung: deblik, Berlin

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelbergberg Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

*Die Natur schafft von dem,
was möglich ist, immer das Beste.*
Aristoteles (384–322 v. Chr.)



Geniales überall

Tiere haben in der Wahrnehmung der Menschen seit jeher eine deutlich größere Rolle gespielt als Pflanzen. Sie erzeugen erfahrungsgemäß eben viel mehr Aufmerksamkeit als das auf den ersten Blick doch arg statische Grünzeug, auch wenn die Pflanzenwelt mit ihren fantastischen Farb- und Formwelten meist doch einige zumindest bewundernde Blicke auf sich zieht. Aber Tiere wirken – zumal auf Kinder – eben ungleich lebendiger und daher attraktiver. Auch der Rest der Vorlieben ist rasch erklärt: Sie sind nämlich oft viel schneller und vielfach auch wesentlich stärker als selbst ein kräftiger Mensch. Und außerdem können viele Tiere fliegen. Diesen uralten Traum konnte sich der Mensch tatsächlich erst nach etlichen Jahrtausenden durchaus mühseliger und zumeist frustrierender Kultur- und Technikgeschichte erfüllen, nachdem die frühen Versuche in der Antike bzw. in der Renaissancezeit allesamt kläglich gescheitert waren. Aber so einfach ist das ja nun auch wieder nicht: Im Vergleich selbst zu einer kleinen Blaumeise, die ein paar Mal mit den Flügeln schlägt und flugs sowie sekundenschnell ihren Sitzplatz von unserem Apfelbaum in die Krone von Nachbars Kirschbaum verlagert, sind sämtliche Hightechfluggeräte vom schnittigen Segelflugzeug bis zum Überschalljet ziemlich umständlich-lahme Maschinen. Der elegante, immer wieder bewundernswerte und durchaus bewunderte Vogelflug sowie selbst die zunächst eher unauffällig erscheinenden Flugmanöver einer simplen Stubenfliege bleiben also – man muss es einfach neidlos konzedieren – im Prinzip von menschlicher Technik gänzlich unerreicht. Daran ändern auch die durchaus anerkennenswerten und mit deutlichem Respekt zu notierenden erfolgreichen Mars- und Mondmissionen vorerst gar nichts.

Hochgeschätzte Fauna

Mit ihrem ausgeprägten Sinn für das Praktische hatten die Römer neben vielen anderen Gottheiten sicherheits- halber auch eine göttliche Beschützerin vor allem für ihre Haus- und Weidetiere. Schon im 3. vorchristlichen Jahr- hundert nannten sie ihre Göttin mit diesem speziellen Aufgabengebiet eben Fauna, was sprachlich auch recht schön zu deren pflanzlich orientierter und für die Botanik eingesetzter Kollegin Flora passt. Die sicherlich aparte Fau- na, die sich nach antikem Verständnis um das Wohlergehen der Tiere zu kümmern hatte, war gleichzeitig zuständig für Feld und Wald, was sich ebenfalls mit dem Job der Flora prächtig ergänzt. Die göttliche *Fauna* soll übrigens nach antiker Aussage bei ihren Auftritten in Feld und Flur einen ständigen Begleiter *Faunus* gehabt haben, der je nach Über- lieferung als ihr Vater, Bruder oder Gatte gilt. Bei den alten Griechen hieß dieses Wesen Pan. Dieser Name lebt in der allbekannten Panflöte fort. Pans Erscheinen in der antiken Kulturlandschaft war aber offenbar nicht immer so ganz unproblematisch – er benahm sich hier oft ziemlich trottel- lig-tölpelhaft und versetzte alle in Schrecken. Wir nennen das heute etwas distanzierter eine „Pan“-ik.

Der moderne Begriffsumfang

Wann genau man den Namen der römischen Göttin Fauna auf die Gesamtheit der Tierarten eines Gebietes übertrug, ist im Unterschied zum Begriffswandel bei der Flora nicht auf das Jahrhundert exakt anzugeben. Spätestens mit dem Aufkeimen der Biologie als eigenständiger Wissenschaft von den Lebewesen, die man als Fachbezeichnung so üb- rigens erstmals im frühen 19. Jahrhundert (auf Vorschlag eines dänischen Naturwissenschaftlers) einführte, tritt der

Begriff Fauna als Benennung der gesamten Tierwelt schon früher und häufiger auf. Die „Fauna von Deutschland“ kann man sich also als eine lange Liste vorstellen, in der alle in Deutschland nachgewiesenen Tierarten erfasst sind. Die von dem verdienstvollen Kieler Zoologen Paul Brohmer (1885–1965) begründete und bis heute fortgeführte *Fauna von Deutschland* ist aber auch ein seit vielen Jahrzehnten von den Biologen verwendetes Bestimmungswerk, mit dem der noch relativ Unkundige sich den Artenbestand seines erlebbaren Umfeldes schrittweise erarbeiten kann. Ebenso wie im Fall der Flora kann der Begriff Fauna also die Gesamtheit der Tierarten oder ein damit befasstes wissenschaftliches Bestimmungsbuch meinen.

Erfahrene Floristen kennen (fast) alle Blütenpflanzenarten Mitteleuropas mit deutschem und meist auch mit dem wissenschaftlichen Namen. Zumindest ist es mit ein wenig Ausdauer und Übung leistbar, die Mehrzahl aller heimischen, etwa 3500 Arten von Blütenpflanzen kompetent benennen zu können. Bei der heimischen Tierwelt sieht die Sache schon etwas anders aus, denn in Mitteleuropa kommen mindestens zehnmal so viele Tier- wie Pflanzenarten vor. Ein klassisch ausgebildeter Biologe, der noch eine solide Artenkenntnis hat, oder ein gut trainierter Hobbynaturkundler (etwa ein respektierter Vertreter der heute gerne so bezeichneten „Citizen Science“) können zwar viele Tierarten richtig benennen (vor allem in populären Gruppen wie den Schmetterlingen oder den Vögeln), aber bei vielen Verwandtschaftsgruppen blicken wirklich nur noch die Topspezialisten durch. Wer kennt denn schon alle ungefähr 80 Marienkäferarten Deutschlands oder die weit über 500 bei uns vertretenen Zuckmückenspezies?

Manchmal ist es übrigens sinnvoll, den Begriff Fauna (als Artenbestand oder Bestimmungswerk) mit der Bezeichnung für einen bestimmten Lebensraum zu verknüpfen: So gibt es beispielsweise Meeres-, Süßwasser-, Alpen-, Höhlen-,

Boden- oder Nadelwaldfaunen. Auch kann es fallweise nützlich sein, die jeweils betrachtete Fauna nach der Größe der Tiere zu bezeichnen: Unter Megafauna versteht man große Tiere, die man mit bloßem Auge problemlos erkennen, aber nicht immer problemfrei anfassen kann. Die nächste Größenklasse bildet die Meiofauna; sie umfasst Tierarten, die kleiner als 2 mm sind. Hier ist zur genaueren Untersuchung also mindestens eine gute Lupe erforderlich. Die Mikrofauna besteht entsprechend aus Winzlingen, die nur noch Bruchteile eines Millimeters groß und folglich ausschließlich unter dem Mikroskop genauer zu erkennen sind. Trotz ihrer Kleinheit finden sich hier viele unglaublich faszinierende Formen.

Veranlagungssache: Genius und Genialität

Der Begriff Genie und das davon abgeleitete Attribut Genialität haben ihren Ursprung in der römischen Antike: Hier verstand man den Genius als einen bezeichnenderweise nur den Männern innewohnenden, aber (sic!) sterblichen Schutzgeist, der gleichsam deren jeweilige Persönlichkeit repräsentierte. In der Kunstszene bildete man die so verstandenen Genien später als geflügelte Gestalten ab – seit dem Barock komischerweise überwiegend als adipös-dickliche Säuglinge in Engelgestalt. Eine andere Begriffswurzel ist das lateinische Wort *ingenium* (= angeborenes Talent). Etwa ab der Renaissance umschrieb man mit dem daraus abgeleiteten „Genie“ die künstlerische Schaffenskraft bzw. die Fähigkeit zu besonderer Inspiration. Beide Begriffsfelder verblassten in späterer Zeit zunehmend, auch wenn sie die philosophischen Diskurse noch eine ganze Weile lang belebten. Heute neigt man eher dazu, Menschen mit einem deutlich überdurchschnittlichen Intelligenzquotient (sagen

wir oberhalb von 140 und somit geborene Mitglieder des Mensa-Clubs) als Genies zu bezeichnen – wobei der IQ alleine nur das Potenzial bezeichnet, aber nichts darüber aussagt, ob der so mit überragenden Geistesgaben Begabte auch tatsächlich außergewöhnliche Leistungen erbringt oder erbracht hat. In der nachbewertenden Betrachtung von hervorhebenswerten Lebensleistungen sprechen Kulturwissenschaftler gerne von Universalgenies (wie Leonardo da Vinci, Johann Wolfgang von Goethe oder Alexander von Humboldt), während andere vor allem als Vertreter ihres Spezialgebietes Ungewöhnliches geleistet haben und somit als Fachgenies gelten können. Beispielhaft wären hier Leonhard Euler, Carl Friedrich Gauß oder Albert Einstein neben vielen anderen zu nennen, um einmal nur das mathematisch-naturwissenschaftliche Segment zu bemühen.

Genialität der Tiere?

Die oben benannten Persönlichkeiten konnten und wussten das, was die meisten ihrer Zeitgenossen eben auch konnten und wussten, aber sie waren mit ihren außerordentlichen Sonderbegabungen eben über die Durchschnittspopulation weit herausgehoben – und stellten sozusagen einsame Inseln mit steilen Gipfeln in einem Meer der Mediokrität dar. Im soziokulturellen Kontext sind solche Bewertungen sicher unkritisch und allgemein akzeptiert. Wer etwas total Außergewöhnliches kann oder leistet, ist eben ein Genie. Aber was ist mit den angeblich genialen Tieren?

Vor dem Hintergrund der oben skizzierten Überlegungen trägt dieses Buch zweifellos den falschen Titel, denn Genie und Genialität sind nach üblichem Verständnis nun einmal besondere und unzweifelhaft hervorhebenswerte Qualitäten unserer spezifischen *conditio humana*. Aber: Beim genaueren Blick in unsere belebte Mitwelt, beim in-



Quallen (Medusen) bestehen zu weit über 95 % aus Wasser – und sind dennoch voll vital

tensiven Betrachten und Erforschen unserer Mitgeschöpfe, wie sie der verdienstvolle Naturphilosoph Klaus Michael Meyer-Abich (1936–2018) gerne benannte, kommen wir aus dem Bestaunen und Bewundern einfach nicht heraus. Überall finden wir hier nämlich Außerordentliches, Bemerkenswertes, Bereicherndes, Einzigartiges, Faszinierendes, Hinreißendes, Spezielles, Ungewöhnliches oder – kurz – Wunderbares. Die vielen kleinen und großen Naturwunder, die uns in jeglichem täglichen Umfeld umgeben, muss man natürlich als solche wahrnehmen können – und das setzt eine gewisse Sensibilisierung für das Besondere voraus und ist insofern eng mit dem naturkundlichen bzw. -wissenschaftlichen Bildungsbegriff verbunden. Hier könnte (müsste) man eine etwas umfangreichere und sicherlich auch zu Recht kritische Programmschleife zur Qualität der derzeitigen naturkundlichen Allgemeinbildung in Schulen

(und sicherlich auch Hochschulen mit ihren vielfach unsäglichen Studienprogrammen in der Umsetzung des ebenso schrägen Bologna-Prozesses) einrichten, aber das verkneifen wir uns an dieser Stelle lieber.

Es wäre indessen schon ein echter Gewinn, wenn man naturbegeisterte, aber noch relativ kenntnisarme Mitmenschen für ein vertieftes Naturverständnis gewinnen könnte. Motivierende Anlässe bietet uns unsere Umwelt geradezu mengenweise: Wenn das Männchen des Nachtpfauenauges das Ziel seines Bestrebens, eben ein paarungsbereites Weibchen seiner Spezies, nur anhand einer von ihr ausgesandten schwachen und zudem verwirbelten Fahne von Duftmolekülen selbst aus mehrfacher Kilometerdistanz gezielt findet, müssen wir vor dieser tierischen Sinnesleistung sicherlich großen Respekt empfinden, denn davon sind wir mit unserem eigenen olfaktorischen Wahrnehmungsvermögen geradezu galaktisch weit entfernt. Auch wenn die Fledermäuse in stockfinsterer Nacht nur mit ihren großen Ohren gleichsam akustisch sehen und einen als Beute interessanten Nachtfalter oder eine Spinne zuverlässig lokalisieren, haben wir das als unbedingt bewundernswerte Leistung zur Kenntnis zu nehmen, der wir nichts Äquivalentes zur Seite zu stellen haben.

Genial gut sind solche besonderen tierischen Fähigkeiten allemal, allerdings auf einer gänzlich anderen Ebene als der oben skizzierten und eher im kulturellen Kontext diskutierten Leistungen. Genialität drückt sich im soziokulturellen Kontext immer und ausschließlich auf der Ebene der Profildaten ungewöhnlicher Einzelpersonen aus. Genialität im Tierreich ist dagegen ganz anders geartet, nämlich immer und grundsätzlich ein systemisches Merkmal: Was die eine Fledermaus kann, leistet die andere der gleichen Spezies mit ihrem gleichermaßen gearteten Sensorium mindestens genauso wirksam. Und die übrigen heimischen Fledermaus-



Papageitaucher: Wie fängt man einen weiteren Fisch, wenn man den Schnabel schon (fast) voll hat?

arten stehen darin einer x-beliebigen Verwandten aus anderen Biogeographien in nichts nach.

„Geniale Tiere“ sind also in unserem Sinne durchaus kein Individual-, sondern vielmehr ein Systembegriff. Die Evolution hat sämtliche unserer Mitgeschöpfe in absolut bewundernswerter Weise mit höchst unterschiedlichen, aber in ihrer Summe geradezu unglaublich gut funktionierenden Leistungsprofilen in ihren jeweiligen Lebensraum eingepasst. Wer mag, kann vor diesem Hintergrund als Er-



Die Wasseramsel erbeutet ihre Nahrung auch am Grund sehr rasch fließender Gewässer. Genial, oder?

klärungsansatz auch gerne das viel und durchaus kritisch diskutierte „intelligente Design“ anführen, obwohl dessen Kernaussagen sich mit unserer Überzeugung nicht einmal randlich überlappen.

Sicherlich ist die für dieses Buch getroffene Themenauswahl natürlich in hohem Maße subjektiv, wenngleich sie versucht, einige besonders spektakuläre Beispiele zusammenzuführen. Einige der hier vorgestellten Beispiele haben wir in unseren Büchern „Was alles hinter Namen steckt“ (Kremer und Richarz 2016) und „Organismische Rekorde“ (Richarz und Kremer 2017) zumindest schon gestreift. Die Natur bietet – schon allein im heimischen bzw. europäischen Maßstab und erst recht bei weltweiter Perspektive – eine fast beliebige Anzahl von darstellungswerten Fallbeispielen, welche bei genauerer Betrachtung einfach nur bass erstaunen lassen und möglicherweise, aber sicherlich verständlich, direkt in die Schnappatmung führen. Die Fülle darstellungswerter Sachverhalte ist gigantisch.

Aus einem relativ schmalrückigen Band wie diesem, der aus der Faktenfülle nur eine solche vorsortierende Auswahl von besonderem bzw. vermutetem Unterhaltungswert vornimmt, ließe sich ganz locker eine vielbändige Enzyklopädie generieren. Aber: Wenn man erst einmal gelernt bzw. trainiert hat zu sehen, was uns draußen an wunderbaren Erlebnisinhalten in größeren und kleineren Dimensionen begegnet und nach genauerer Wahrnehmung auch erfreut, wird man im jeweiligen Ambiente auch viele weitere erstaunliche Sachverhalte wahrnehmen. Auch wenn man sie nicht sofort einsortieren oder erklären kann, genügt doch die Feststellung, dass uns unsere wunderbare Natur hier im konkreten Fall einmal wieder ein respektables Paradebeispiel mit geradezu genial anmutenden Anpasstheiten und Leistungen vor Augen stellt.

Schon allein aus diesem Grund bleiben wir tatsächlich beim gewählten Buchtitel *Geniale Tiere*, auch wenn er bei begriffskritischen Geistern auf heftigen Widerstand stoßen mag. Und übrigens: Die hier nicht weiter berücksichtigten Mikroorganismen, Pilze sowie Pflanzen (vgl. Kremer 2017b) sind in diesem Sinne mindestens genauso genial, denn auch sie zeigen uns bei genauerem Hinsehen fast generell vielerlei und geradezu unglaublich erfolgreiche Lebensentwürfe.

Inhaltsverzeichnis

1	Bewundernswerte Wirbellose	1
1.1	Vom reichen Leben in der Lücke	3
	Du bist nicht allein	3
	Welten der Winzigkeit	5
	Drangvolle Enge	6
	Ein weites Spektrum	9
1.2	Schneller Stopp aus voller Fahrt	10
	Pantoffeltier und Supertanker	11
	Kleine Masse, großer Widerstand	12
1.3	Tiere mit Tiefgang	13
	Atmen, wo Sauerstoff fehlt	14
	Raffinierte Nahrungsbeschaffung	15
1.4	Schwimmende Kleinstgewächshäuser	17
	Eine ideale Verschaltung	18
	Verräterisches Spinatgrün	19
	Ein Strudelwurm spielt gleichsam Alge	19
	Die ersten Tage sind entscheidend	21
1.5	Ständig unterm Pantoffel	22
	Eine ungewöhnliche Schnecke	23
	Männlich starten und weiblich enden	25

1.6	Die verlängerte Mahlzeit	26
	Wie man bei Meeresalgen Chloroplasten	
	klaubt	27
	Zellbiologisch geradezu einzigartig	28
	Solarbetriebene Meeresschnecken	29
1.7	Keineswegs nur Schneckentempo	29
1.8	Die Stärke der (vermeintlich) Schwachen	32
	Attacke durch die Seesterne	34
1.9	Bohren, Fräsen und Zermürben	35
	Echt ätzend	36
	Ziemlich zermürbend	36
	Weitere Weichlinge in hartem Gehäuse	37
1.10	Absolut umwerfende Formen	39
	Einladung zur Schalenforschung	39
	Das Diktat der Strömung	40
1.11	Einfach mal austrocknen	41
	Bärtierchen sind zweifellos	
	Ausnahmeorganismen	42
	Ungewöhnlich hart im Nehmen	44
1.12	Löchern bis zum Untergang	45
	Ein „Wurm“, der gar keiner ist	46
	Schon im Altertum gefürchtet	47
2	Gliederfüßer – eine ganz geheimnisvolle	
	Großmacht	49
2.1	Wie Käfer ihre Flügel falten	51
	Bei anderen ist es einfacher	52
2.2	Schauriges: Wie fliegt denn eine Mücke im	
	Regen?	55
	Nur eine kurze Ablenkung	56
	Nur Nebel legt sie lahm	57
2.3	Grüne Inseln im bunten Herbstlaub	58
	Folgenreiche Störung	59
	Verlängerte Frischfuttermittelsversorgung	59

2.4	Flitzer auf Flügeln – die flinke Fliege im fahrenden ICE	61
	Fahrgast Fliege	61
	Wie lästig	62
	Bauchlandung in Rückenlage	62
	Wie schnell ist sie denn wirklich?	64
2.5	Die Bienenwohnung im Schneckenhaus . .	65
	Die Suche nach dem passenden Eigenheim	66
	Der weitere Gang der Dinge	67
	Naturschutztipp: Wirksame Hilfe	68
2.6	Ab in die Mitte – und direkt ins Verhängnis	69
	Die Zielscheibe als Funktionsprinzip	70
	Weniger scheinen als sein	72
	Jeweils auf die Linie achten	73
	Aber manchmal gibt es Betriebsunfälle	74
2.7	Tanken im Schwirrflug	76
	Es sind tatsächlich keine Kolibris	76
	Wunderwerkzeug Saugrüssel	77
2.8	Die Magie der Moleküle: Locken mit allerfeinsten Düften	81
	Ein ganz sensibles Fühlerchen	82
	Jedes Molekül zählt	83
2.9	Wie man seinen Wirt manipuliert: Pflanzen mit Gallen	84
	Gallträger und Gallerzeuger	85
	Umständlicher Ablauf	86
	Partner oder Parasiten?	87
2.10	Singen unter der Pollendusche	88
	Besondere Nahrung für spezielle Tiere	89
2.11	Alles gleich haufenweise: Superorganismus Ameisenburg	90
	Eine typische Weibervirtschaft	91
	Viele Königinnen haben das Sagen	92

2.12 Ameisen und ihre Zuckerkühe	94
Der klebende Beweis	94
Interessierte Nachnutzer	95
Die Sache mit dem Tannenhonig	96
2.13 Die seltsame Symbiose der Ameisenbläulinge	98
2.14 Tierisch täuschen: Tarnen und Warnen . . .	103
(K)eine leichte Beute	104
Am Anfang waren es die Schmetterlinge . .	105
Schwarz-Gelb mahnt immer zur Vorsicht .	107
Typische Trittbrettfahrer	109
Effektiver Wespenlook	110
Ausgetrickste Trickbetrüger	111
Unsichtbar machen – Mondvögel, Zahnspinner und Wandelnde Blätter	112
2.15 Und plötzlich große Augen machen	117
Schau mir auf die Augen, Kleines	118
2.16 Partnersuche mit leuchtendem Hinterteil .	120
Glühende Sehnsucht	121
Artspezifische (und manchmal gefährliche) Signalfeuer	122
2.17 Perfide und präzise: Naturphänomen Mückenstich	124
2.18 Wächserne Geometrie	126
Baumeisterin Biene	127
Geometrie einer Wabe	128
Bienenfleiß im Honigglas	129
2.19 Der Gang durch die Instanzen	131
Dabei bleibt es indessen nicht	133
Auch in heimischen Gefilden	134
2.20 Wandeln auf dem Wasser	136
Schlittern auf dem Oberflächenhäutchen .	136
Keineswegs dem Untergang geweiht	137
2.21 Der Palmendieb – etwa Frevel im Gartencenter?	138

2.22 Die Schwarze Witwe – Schönheit mit fatalen Folgen	140
Fesselspiele mit fatalem Finale	141
Ganz gefährlich giftig	142
2.23 Ein Leben am seidenen Faden	143
Ein Jagdgerät aus feinen Fäden	143
Freie Jäger	144
Auch im Spinnenlook: Weberknechte	145
Segeln im Herbst	145
2.24 Geheimnisvoll knistert das Watt – aber warum?	147
2.25 Fischen mit den Füßen	149
Ein kompletter Wandel	149
3 Fantastisches von Fischen	153
3.1 Leichte Jungs und schwere Mädchen	158
Wirklich niedlich	158
Lebenslang verbunden	159
Vielleicht doch nicht so ungewöhnlich	160
3.2 Flach wie eine Flunder	162
Rechtsäugig und linksliegend	162
Vier häufige Arten	163
3.3 Lautes aus der Welt der Stille	167
Werben durch Grunzen	168
3.4 Vom Blitzeinschlag im Biotop	170
3.5 Fetzig, flippig, fransig	171
Seltsame Gestalten	172
3.6 Kinderstube in der Muschel	174
Heftige Aktion im Frühjahr	175
3.7 Kennen Sie Kauzeköpp?	177
3.8 Tokyoter Roulette: Fugu und die Folgen	178
Bakterien sind die Urheber	179
3.9 Fatale Flossenstrahlen	181
Gefährlich schön und schön gefährlich	182
Die giftigsten Fische Europas	183

3.10	Fleißige Mundwerker und schlimme	
	Betrüger	184
	Feste und ambulante Geschäfte – lebenslang	
	bis vorübergehend	186
	Wo ehrliche Handwerker leben, gibt es auch	
	(einen) Betrüger	186
	Weitere Putzer, wie es zum Putzen kam und	
	ganz andere Putzer	187
4	Variantenreiche Wechselwarme: Amphibien	
	und Reptilien	191
4.1	Hochzeit auf amphibisch	195
	Feste Treffpunkte	196
	Hochzeitstänze, Düfte und Konzerte	196
4.2	Fürsorgliche Froscheltern	197
	Füttern wegen Nahrungsknappheit	198
	Aufzucht als Partnerleistung	200
	Es geht noch komplizierter: Brutpflege ohne	
	Paarbindung	201
	Gefährlich giftig	202
	Brutpflege an und im Körper	205
	Ein ganzes Maul voll Brut	205
	Brutpflege geht durch den Magen	205
4.3	Aktives Blutvergießen	206
4.4	Chamäleons sehen fast alles	209
	Sehen ist Trumpf	210
	Lochblende mit Sichtschutz	210
	„Multiseeing“	211
4.5	Besser der Schwanz als ich	213
	Schwanz ab – und ganz unfreiwillig	213
	Schwanzabwurf aus Kalkül	214
	Anregung für die Medizin	216
4.6	Mit dem Dritten sieht und fühlt man mehr	217
	Kleine Drüse mit großer Wirkung	218
	Träger des dritten Auges	218

	Die Brückenechse – die keine Echse ist . . .	219
	Wechselwarm und trotzdem anders	220
	Drei Augen mit unterschiedlicher Funktion	221
4.7	Tödlich oder trügerisch – das verwegene	
	Design der Korallenschlangen	222
	Monochrom oder gemustert	222
	Heftig bunt und leicht zu verwechseln . . .	223
	Unsichere Farbfolge	224
	Mertens'sche Mimikry	224
5	Nicht nur schräge Vögel	227
5.1	Eine Ente auf dem Eis	230
5.2	Von wegen „Spatzenhirn“	232
5.3	Bei den Pinguinen des Nordens	234
	Eingeschränktes Landleben	235
	Riskanter Nistplatz	236
	Leben im Gedränge	237
	Pinguine auch im Norden?	239
5.4	Wie der Schnabel gewachsen ist	242
	Wenn er nur kurz ist	243
	Lange Beine, spitzes Mundwerk	244
5.5	Carne con chili	246
5.6	Mauer- und Alpensegler – (fast) dauernd in	
	der Luft	248
	Das meiste wird im Flug erledigt	249
	Unsere Mauersegler bekommen Gesellschaft	252
5.7	Kleine Geschenke erhalten die Partnerschaft	253
	Kleine und größere Brautgeschenke	253
5.8	Tricks gegen Trunkenheit im Flug	253
	Alkoholtest bei Staren	255
	Angeborene Trinkfestigkeit	256
5.9	Laubenvögel – beim Balzen aus der Reihe	
	tanzen	256
	Eigenleistung statt purer Körperlichkeit . .	257
	Laubenbau – Anfang und Ende jeder	
	Beziehung	258

Kunst toppt Aussehen	259
Der Nachbar als Laubenfeind	259
Laubentypen von steigendem Schwierigkeitsgrad	260
Schmuck am Bau	261
Vom Lehrling zum Meister	262
5.10 Alles nur Theater: Ablenken durch Verleiten	264
Wo Tarnung endet, hilft Theatralik	264
Steigerung ist möglich	265
5.11 Kopfschmerzfrequente Spechte	266
5.12 Wie man Vergiftungen vermeidet	268
Ein Exot mit Entgiftungstechnik	268
Wespen bevorzugt	269
5.13 Gibt es tatsächlich Giftvögel?	271
5.14 Der Vögel neue Kleider sind manchmal etwas älter	273
Alte „Klamotten“ als Statussymbole	273
5.15 Über die Vorteile von Treue und Untreue	275
Gelege-, Brut- und andere Ehen	276
Ganz und fast treu	277
Treue ist halt sehr relativ	279
Ursachen für Untreue	279
6 Säugetiere – gewiss eine Klasse für sich	281
6.1 Fledermäuse – Beherrscher der Finsternis	284
Frühe Erfindung mit langer Laufzeit	285
Ausnahmen und Varianten	286
Die Überwindung von „Schallgrenzen“	287
Laute, stumme Welt	288
Systematik neu gemischt – nahe und ferne Verwandte	288
Ausgefallene Diäten	289
Der Feind hört (nicht mehr) mit	290
6.2 Im Rotlichtviertel Runden drehen	294

Wie Vorteile zum Verhängnis werden können	295
6.3 Ausgerechnet mitten im Winter	296
Niederkunft fast zur Unzeit	296
6.4 Make-up sorgt immer für Stimmung	298
Farben, die ins Auge springen	300
Sexualität als Sozialfunktion	300
Erotische Signale	301
6.5 Schwitzen sie tatsächlich Blut?	302
Sonnenschutz statt Schweiß	304
6.6 Baumeister Biber – Verschwinden und Rückkehr	305
Fisch mit Fell	305
Bibergeil macht heil	306
Kleiner Bruder Biber	307
Landschaftsgestalter mit begrenzten Möglichkeiten	308
6.7 Kleine frieren eben schneller	310
Haushaltstypische Modelltiere	310
Kleine sind energetisch immer arm dran	312
6.8 Ich bin klein – vom Vorteil des Kindchenschemas	314
Hauptsache kindlich	315
Kindliche „Narrenfreiheit“	316
6.9 Vom Wesen des Hamsterns und der Hamster	316
Anpassungen und Vorteile	319
Andere Hamsterer	320
6.10 Kleider der Saison: Ein Fellwechsel ist mehr als nur Wärmeschutz	322
Eine Frage der Kälte	323
Ganz in Weiß – nicht immer und nicht überall	325
6.11 Die Milchbar macht schlauer	326
6.12 Macht macht dumm – lernfaule Alphetiere	328
Lernen in rauer Umgebung	329

Verfeinerung von Speisen	329
Warum nicht die Alphetiere?	330
6.13 Nordische Raubtiere mit und ohne	
Fellumfärbung	331
6.14 Tarnung ist alles	332
Andere Tierkinder im gestreiften Tarnanzug	333
Die andere Funktion von Streifen	333
Zebrastreifen – ein Design von besonderer	
Bedeutung	334
Vorrangig Insektenschutz	336
Streifen als Überlebensgarantie	337
Der (fast) unsichtbare Tiger	339
6.15 Die Gnade der hohen Geburt	340
6.16 Muscheln knacken auf dem Bauch	342
Verräterische Geräuschkulisse	342
Ein ganz ungewöhnlicher Marder	343
Geniale Techniker	344
6.17 Auch bei den Säugern gibt es giftige	345
Giftigkeit bei Tieren – im Prinzip erstaunlich	
weitverbreitet	346
Ein giftiger australischer „Wolpertinger“	347
Gift verteilen per Kamm	348
Giftige Insektenfresser, die längst nicht nur	
Insekten fressen	350
6.18 Optische Frühwarnsysteme	351
Ausgesprochen hübsche Stinker	352
6.19 Schlangenjäger, Schädlingsgegner – und jetzt	
selbst Schädlinge	354
Reaktionsschnell statt immun	356
Schädliche Schädlingsbekämpfer	356
Abbildungsverzeichnis	359
Weiterführende Literatur	365
Stichwortverzeichnis	371

1

Bewundernswerte Wirbellose



Das Neozoon Süßwassermeduse *Craspedacusta sowerbyi* ist unterdessen in vielen Kiesgruben- und Steinbruchseen eingebürgert

Schwämme, Strudelwürmer und andere seltsame Wurmgestalten, ferner Nesseltiere, Weichtiere oder Stachelhäuter – sie alle gehören nicht zu den Gliedertieren, umfassen aber etliche Verwandtschaftsgruppen, deren Vertreter mit fallweise äußerst grazilen Formen und ausgefallenen Lebensweisen faszinieren. Als Beispiel mag die als Eingangsmotiv gewählte Süßwasserseduse *Craspedacusta sowerbyi* dienen, die heute – zweifellos ausschließlich vermittelt durch erfolgreiche Wasservogelverbreitung – in fast jedem Baggersee vorkommt, obwohl sie ursprünglich vermutlich aus Ostasien stammt und insofern ein typisches Neozoon darstellt. Wegen ihrer relativ geringen Größe (Durchmesser allenfalls bei wenig mehr als 2 cm und damit durchweg in der Dimension einer 2-Euro-Münze) entzieht sie sich meist unseren Blicken. Gleichzeitig steht sie für eine ziemlich artenreiche und besonders formschöne Verwandtschaft, zu der wegen der überall in der Epidermis lokalisierten und mit hochwirksamem Gift beladenen Nesselzellen fallweise auch recht gefährliche Vertreter gehören. Die in den Gewässern rund um Australien beheimatete Seewespe (*Chironex fleckeri*) ist der respektabelste Tophit dieser Szene: Ein von ihren Nesselkapseln attackierter Schwimmer oder Taucher hat allenfalls eine Überlebenszeit von etwa 15 min.

Lernen Sie in diesem Kapitel unter anderem das seltsame Leben unterhalb des Sandstrandes kennen, die überraschenden Schwämme, die überaus erfolgreich Gänge und Löcher in knallharte Kalksubstrate bohren, ferner Muscheln, die mit ihrer unentwegten Fräsarbeit an den Holzplanken von Schiffsrümpfen schon ganze Flotten versenkt haben, oder auch Schnecken, die mithilfe einer einzigartigen Sonderausstattung tatsächlich mit Solarantrieb funktionieren. Bei genauerem Hinsehen zeigen die meisten, wenn nicht (bei noch genauerem Hinsehen ...) sogar alle Arten der oft nicht so recht wahrgenommenen Wirbellosen Angepasstheiten und Überlebensstrategien, die uns einfach erstaunen

lassen. Etliche dieser Arten passen insofern hervorragend in unser Buchprofil. Aber: Die getroffene Auswahl ist natürlich keineswegs erschöpfend. Allein mit den erwähnten Verwandtschaften der Wirbellosen ließen sich locker ganze Bandreihen füllen.

1.1 Vom reichen Leben in der Lücke

Ein horizontweit leerer und eventuell auch noch von Palmen gesäumter Sandstrand ist der Traum eines jeden Küstenurlaubers und ein unverzichtbares Attribut in den Katalogen der Reiseanbieter. Wo der Festlandsaum sanft und gleitend in das einladend anbrandende Meer übergeht, stehen erfahrungsgemäß mancherlei Freizeitfreuden in Aussicht. Sandstrände sind im Gegensatz zu allen anderen Küstenformationen eben in äußerst sympathischer Weise übersichtlich und vielseitig nutzbar. Gelegentlich dümpelt hier ein losgerissener Tang am Spülsaum, schlimmstenfalls auch die eine oder andere angeschwemmte Qualle, aber sonst findet man sich nur in der Nachbarschaft unverdächtig und kaum noch kenntlicher Reste längst untergegangener Meerestiere in Gestalt von Gehäusen und Schalen. Kurz: Ein Sandstrand als solcher wirkt fast so leblos wie eine frisch aufgeschüttete Materiallieferung vom Baustoffgroßhandel.

Du bist nicht allein

Doch dieser erste Eindruck täuscht gewaltig. Denn man glaubt es kaum: Sandstrände und Sandwatten sind tatsächlich ein berstender Zoo. Das wimmelnde Leben findet sich hier – allerdings nur schwer entdeckbar, weil es sich über-

wiegend in der mikroskopischen Dimension abspielt, und zudem eher unter Tage – im Lockersediment.

Die Anwesenheit von Tieren unterhalb der Sandwattoberfläche ist an vielerlei Spuren abzulesen. Diese komplexe Fraktion der Bohrer, Buddelspezialisten, Tunnelgräber und Wühler fasst man fachsprachlich als Makrofauna oder Makrobenthos zusammen. Hierher gehören so kennzeichnende Arten wie der Wattwurm oder die Sandklaffmuschel. So interessant diese Tierarten in den Einzelheiten ihrer Lebensraumbewältigung auch sind – wir blenden sie hier zunächst einmal einfach aus. Das eigentliche und so unvermutete Faszinosum der marinen Sandstrände sind nämlich höchst ausgefallene tierische Winzlinge, die so klein sind, dass sie tatsächlich bequem in den Porenräumen zwischen den Sandkörnern leben können. Entdeckt hat sie der verdienstvolle Kieler Zoologe und Meeresbiologe Adolf Remane (1898–1976) bei Sedimentuntersuchungen in der Kieler Bucht, die er Anfang der 1920er-Jahre begann. Im Jahre 1926 veröffentlichte er seine Habilitationsschrift und beschrieb darin etliche Arten aus sieben neuen Gattungen der Bauchhärlinge (Gastrotricha), deren ungewöhnliche Form ihm natürlich nicht entgehen konnte. Das war ein bemerkenswert folgenreicher Befund – Remane hatte mit seiner Pionierarbeit am Beginn des 20. Jahrhunderts immerhin ein bis dahin so nicht bekanntes Ökosystem mit höchst skurril aussehenden Bewohnern entdeckt. Deren Erforschung ist längst noch nicht abgeschlossen. Man geht heute von etwa 50.000 Arten aus. Das erst relativ spät entdeckte Ökosystem der Sandlückenfaunen gehört übrigens zu den ausgedehntesten Lebensraumtypen der Erde. Es reicht von der oberen Gezeitenzone ohne nennenswerte Unterbrechung bis zu den Tiefseeböden in über 4000 m Wassertiefe. Was sich allein unter der Sandstrandoberfläche Ihrer geliebten Badebucht tummelt, übersteigt die gesamte Weltbevölkerung mit Sicherheit um ein Vielfaches.

Welten der Winzigkeit

Im Unterschied zu den Arten, die im Sediment graben und besondere Wohnröhren anlegen, können sich die Kleinlinge der Sandlückenfauna tatsächlich schlüpfend bis kriechend oder schlängelnd zwischen den einzelnen Sandkörnern bewegen, ohne diese verschieben zu müssen, wozu ihre Kräfte gewöhnlich auch gar nicht ausreichen. Manche Arten können in den wassergefüllten Porenräumen wie in kleinen Kanälen schwimmen – wenn auch nur über kurze Distanzen. Diese bemerkenswerten Artenensembles fasst man mit dem Begriff Meiofauna zusammen. Ihre Vertreter sind allemal klein genug, um ein Sieb der Maschenweite 0,5 mm ohne Probleme zu passieren. Von einem Maschenwerk mit 60 µm Weite werden sie allerdings zurückgehalten. Aussieben ist jedoch keine besonders brauchbare Sammelmethode, denn sie reichert nur die etwas stabileren Formen an. Die übrigen und eher druckempfindlichen Arten werden dabei zerstört. Daher haben die Sedimentbiologen besondere Ausspülverfahren entwickelt, mit denen man diese sensible Formenwelt unbeschadet entnimmt.

Alles, was noch kleiner bemessen ist, bildet das Mikrobenthos. Wegen ihres ungewöhnlichen Lebensraumes, einer ausnahmsweise wörtlich zu nehmenden „ökologischen Nische“ zwischen den Sandkörnern und im komplexen Gefüge der Sandkornlücken (Interstitium), nennt man die Meiofauna auch interstitielle Fauna oder „Mesopsammon“ (griechisch *meso* = Mitte, *psammos* = Sand). Aufgrund der besonderen Geometrie der Lückenräume finden hier natürlich nur solche Kleinsttiere genügend Bewegungsfreiheit, die nicht nur betont winzig, sondern auch noch besonders schlank sind. Nur das Milieu trifft die entscheidende Auswahl: Arten im dichter gepackten Fein- oder gar im Schlicksand sind nochmals schlanker und länger als im gröberen Sediment. Sie sind sogar so eigentümlich faden-

dünn, dass sie im Prinzip von keiner Body-Mass-Index-Tabelle zu erfassen sind. Wichtige Anpassungsmerkmale sind demnach

- **Winzigkeit:** Die Vertreter der Sandlückenfauna sind immer deutlich kleiner als ihre nächsten Verwandten aus anderen Lebensräumen. Die Ruderfußkrebse des Interstitials messen höchstens 0,5 mm, während sie auf Schlickoberflächen bis 0,8 mm lang werden und im Freiwasser (Pelagial) durchweg auch 1,4 mm Länge überschreiten.
- **Körperform:** Gewöhnlich liegt das Länge-Breite-Verhältnis zwischen 3 : 1 bis 10 : 1. Bei vielen Arten der Interstitialfauna beträgt es dagegen bis 100 : 1. Somit finden sich hier tatsächlich fast ausschließlich Arten mit langgestreckter bis fadenförmiger Gestalt – unabhängig davon, aus welcher Verwandtschaftsgruppe sie stammen.
- **Biegsamkeit:** Das Lückensystem zwischen den dicht gepackten Sandkörnern weist kaum gerade Hohlräume auf. Um sich dennoch dazwischen fortbewegen zu können, sind die meisten Arten nicht nur extrem schlank, sondern auch auffällig flexibel.
- **Befestigung:** Viele Arten besitzen besondere Haftorgane, mit denen sie sich an den Sedimentteilchen festhalten können – besonders wichtig als Prävention gegen das Ausgespültwerden, wenn heftiger Wellenschlag die oberen Lagen umschichtet.

Drangvolle Enge

Sandlückensystem – das hört sich nach drangvoller Enge oder gar nach Minigefängnissen an, ganz abgesehen davon, dass ein sandiges Sediment in der Gezeitenzone nicht gerade als paradiesischer Lebensraum gelten mag. Wenn



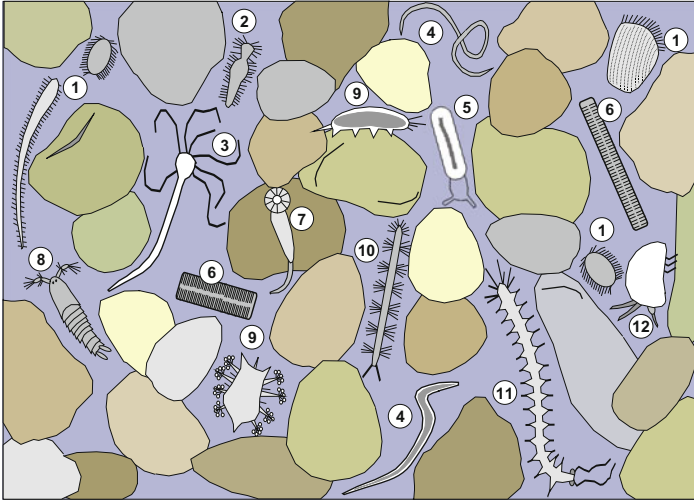
Sandstrände wirken oft recht eintönig. Aber der genauere Blick in den Untergrund offenbart viele Überraschungen

es zur Niedrigwasserzeit heftig regnet, sinkt der Salzgehalt in den Porenräumen in relativ kurzer Zeit dramatisch ab. Scheint die mittägliche Sommersonne unbarmherzig auf den blank und bloß liegenden Sand, erhöhen sich zumindest in den oberflächennahen Schichten die Temperaturen beträchtlich. Sie werden sich gewiss erinnern: An heißen Sommertagen ist es eventuell nicht gerade angenehm, mit bloßen Füßen selbst durch hellen Sand zu gehen. Die nächste auflaufende Flut unterbricht das Regime dieser Ökofaktoren schlagartig. Augenblicklich ändern sich Sauerstoffverhältnisse, Salzgehalt und Temperatur. Solche schroffen Wechsel halten nur robuste Naturen aus, und in dieser Hinsicht können die Winzlinge aus den Sandlückenwohnanlagen in der Tat erstaunlich viel wegstecken.

Nun könnte man die Bewohner der Sandlücken für eine kuriose ökologische Randgruppe halten, die sich hier und

da im Weichsediment wohnlich eingerichtet hat und mit den vorherrschenden Umweltbedingungen irgendwie klar kommt. Dem ist aber keineswegs so. Schon allein die Besiedlungsdichten überraschen: Sie sind nämlich sehr hoch. Im Mittel leben unter 1 m^2 Sandbodenoberfläche innerhalb der Gezeitenzone mindestens etwa 1 bis 2 Mio. Individuen. Das sind, bezogen auf eine etwa 2 dm^2 große Männerhandfläche, immer noch rund 400.000 Kleinsttiere oder – unter der Fläche eines durchschnittlichen Fingernagels (1 cm^2) – sogar noch deutlich über 1000. Hätten Sie das vermutet, als Sie vor der Liegezeit im Strandkorb einen ausgedehnten Strandspaziergang über die nass glänzenden Feinkornflächen unternommen haben? Sie schritten buchstäblich über Millionenstädte ...

Vielleicht ist es sogar ganz gut, dass die meisten Strandurlauber (und natürlich auch die Kurverwaltungen) von diesen heimlichen Populationen mit ihren Minimonsiern im Untergrund der Strände nichts ahnen und sich nicht bewusst sind, dass an der Sichtbarkeitsgrenze unserer Augen die Welt noch lange nicht zu Ende ist. Mitmenschen, die harmlose Spinnen fürchten und vor einer Maus kreischend auf den Küchentisch steigen, würden augenblicklich die Flucht antreten, könnten sie die Kleinstlebewesen aus der Sandlückenfauna tatsächlich einmal sehen. Um sie wirklich und deutlich vor Augen zu haben, braucht man indes eine sehr gute Stereolupe oder besser noch ein Mikroskop, denn der Größenbereich unter $0,5 \text{ mm}$ ($= 500 \mu\text{m}$) gehört schon klar der mikroskopischen Dimension an. Zudem genügt es absolut nicht, eine Strandsandprobe einfach so unter die Lupe zu nehmen. Vielmehr wenden die damit befassten Sedimentbiologen raffinierte Methoden an, um die Winzlinge aus ihren Verstecken hervorzulocken. Unter anderem setzen sie auch bestimmte Farbstoffe ein, die nicht die Sandkörner, aber die Vertreter der Sandlückenfauna heftig erröten lassen.



Zwischen den Sandkörnern des Strandes entfaltet sich ein unerwartet reichhaltiges Leben. Beispiele sind: 1 Wimpertier (Ciliophora), 2 Bauchhärling (Gastrotricha), 3 Hydroidpolyp (Cnidaria), 4 Fadenwurm (Nematoda), 5 Nacktschnecke (Opisthobranchiata), 6 Kieselalgen (Diatomee, Bacillariophyceae), 7 Priapswurm (Priapulida), 8 Ruderfußkrebs (Copepoda), 9 Bärtierchen (Tardigrada), 10 Urringelwurm (Archiannelida), 11 Vielborsterwurm (Polychaeta), 12 Muschelkrebs (Ostracoda)

Ein weites Spektrum

Was sich dem Auge in der mikroskopischen Größenordnung an seltsamen bis skurrilen Gestalten darbietet, könnte gewiss der Fantasie von Hieronymus Bosch (um 1450–1516) entsprungen sein. Noch erstaunlicher ist allerdings die Vielfalt der hier tatsächlich vertretenen Bauplantypen: Protozoen steuern mit Kammerlingen (Foraminiferen) und Wimpertieren (Ciliophora) eine beträchtliche Artenzahl zur Sandlückenfauna bei. Weiterhin findet man hier winzige Hydrozoen aus der direkten Verwandtschaft von Aktinien und Quallen, außerdem Fadenwürmer, Platt-

würmer, Moostierchen, Borstenwürmer und eine große Typenfülle von Kleinstkrebsen. Einige der vor allem im Sandlückensystem vertretenen Tierstämme sind selbst einem festländischen Biologen nicht besonders vertraut, darunter beispielsweise die eigenartigen Bauchhärlinge (Gastrotrichen), Kiefermündchen (Gnathostomuliden) und Rüsselkriecher (Kinorhynchen) sowie die erst in den 1980er-Jahren entdeckten Korsett-tierchen (Loricifera). Besonders seltsam erscheinen auf jeden Fall die eigentümlichen Bärtierchen (Tardigraden), die man sich wie stark miniaturisierte, aber achtbeinige Gummibärchen vorstellen kann. Ihren Namen erhielten sie nach ihren etwas tapsig erscheinenden Bewegungsabläufen. In jüngster Zeit haben sie erneut und verstärkt das Interesse der Forschung geweckt, weil sie außerordentlich erfolgreiche Lebenskünstler sind und selbst die widrigsten Umweltbedingungen (wie Tiefsttemperaturen) offenbar problemlos überstehen. Sie können sogar komplett austrocknen und werden dann als staubtrockene Partikeln vom Wind weithin verfrachtet. Alle diese Tiere sind – obwohl sie durchweg irgendwie wurmähnlich aussehen – voneinander immerhin so grundverschieden wie ein Seestern von einer Weinbergschnecke. Angesichts der Kleinheit und der Vielzahl der einzelnen Vertreter ist leicht vorstellbar, dass die genaue Artbestimmung selbst für Spezialisten nicht besonders einfach ist. Begnügen wir uns daher mit der ohnehin schon erstaunlichen Feststellung, dass weiter unten an der Wasserlinie im feuchten Sand tatsächlich geradezu ungeahnte Kleinwelten mit einem so gewiss nicht erwarteten Artenreichtum zu Hause sind.

1.2 Schneller Stopp aus voller Fahrt

Wasser ist ein überaus bewundernswerter Naturstoff mit vielen ungewöhnlichen Eigenschaften, die eine im ver-



Die überaus agilen Wimpertiere können aus voller Fahrt augenblicklich innehalten

einfachenden Formelbild nur dreiatomig wiedergegebene Verbindung (H_2O) so gar nicht aufweisen dürfte, welche aber für seine besonderen Lebensraumqualitäten wichtig und folgenreich sind. Dazu gehört außer der Dichte dieses Mediums wegen der bemerkenswerten Adhäsions- und Kohäsionskräfte auch seine innere Zähigkeit (Viskosität). Gegenüber der Luft erhöht sie den Reibungswiderstand, den ein bewegter Körper im Wasser erfährt, um mehr als das 100-Fache. Daraus ergeben sich für die aquatischen Lebewesen besondere Konsequenzen.

Pantoffeltier und Supertanker

Mikroskopiker kennen das – bei ihren Tauchfahrten in die kleinen Dimensionen erfahren sie reichlich Skurriles. Schon bei der mikroskopischen Beobachtung eines durch einen Wassertropfen rudern den Ciliaten (Ciliophora) vom Typ der Pantoffeltiere (Gattung *Paramecium*) muss folgender

Sachverhalt unweigerlich nachdenklich stimmen: Gegen einen solchen im Wasser manövrierenden Einzeller ist selbst ein schnittiges U-Boot ein überaus reaktionsträger Koloss. Aus voller Fahrt kann das Pantoffeltier nämlich direkt auf der Stelle verharren, augenblicklich rückwärts schwimmen, nahezu verzögerungsfrei nach rechts oder links abbiegen und sogar enge Haarnadelkurven fahren. Mehr noch: Bei diesen winzigen Wasserorganismen sind auch Karambolagen offenbar kein Problem. Ständig fahren sich nämlich im Gedränge irgendwelche Einzeller gegenseitig in die Flanke oder prallen frontal gegen Hindernisse, ohne dass die Havarien erkennbare Folgen hätten. In der Welt der schnell beweglichen Ciliaten gelten offenbar und tatsächlich andere physikalische Gesetzmäßigkeiten als für die U-Boot-Flotten der NATO oder die größten derzeit betriebenen Containerschiffe – die haben nach dem Abschalten der Antriebsaggregate einen Bremsweg von mehreren Seemeilen.

Der britische Ingenieur Osborne Reynolds (1842–1912) formulierte 1883 eine dimensionslose, aber immerhin mehrere Zehnerpotenzen überspannende Kennzahl, mit der sich die Trägheit eines bewegten Körpers zu den Reibungskräften des Mediums Wasser ins Verhältnis setzen lässt. Man nennt diese bezeichnende Maßbeziehung seither einfach Reynolds-Zahl.

Kleine Masse, großer Widerstand

Die komplexe mathematische Ableitung können wir hier sicherlich beiseitelassen, aber eine kurze Betrachtung ihrer Konsequenzen ist recht aufschlussreich. Größere aquatisch lebende Tiere wie Fische bewegen sich in ihrem Lebensraum äußerst gewandt aufgrund ihrer relativ großen Körpermasse und einer damit zusammenhängenden Reynolds-Zahl um 10^5 . Für Winzlinge wie ein Pantoffeltier sind sie entspre-



Die Reynolds-Zahl gilt auch für die planktischen Kleinkrebse

chend kleiner und betragen nur noch etwa 10^{-5} . Die spezielle Reynolds-Physik der Winzigkeit lässt daher einfach nicht zu, dass ein kaum viertelmillimeter langer Ciliat wie ein Pantoffeltier in seinem Medium Wasser einfach genauso elegant dahingleitet wie ein größeres Schiff in der Nordsee – er bewegt sich in seinem angestammten Lebensraum eher wie die Einlage im Erbseneintopf beim Umrühren während des Kochens. Schaltet er seine Antriebssysteme ab, bleibt er schon nach einem Hunderttausendstel seiner Eigenlänge und damit praktisch auf der Stelle stehen. Die Bewegungsabläufe wären nur dann mit einem U-Boot zu vergleichen, wenn man dessen Manöver auf einem See aus sehr zähem Honig bzw. irgendeinem Sirup stattfinden ließe.

1.3 Tiere mit Tiefgang

Der Weichboden im Watt erscheint zwar oft wie ausgeräumt, aber er hat es buchstäblich in sich: Der weitaus

größte Anteil der Wattorganismen lebt für unser Auge unsichtbar direkt im Sediment. Fachmännisch bezeichnet man sie als Infauna oder Makrozoobenthos. Mit kundigem Blick lässt sich dennoch voraussagen, was sich im Boden verbirgt, weil die Bewohner an der Oberfläche charakteristische Spuren hinterlassen. Dafür haben sie gute Gründe. Das versteckte Bodenleben schützt sie zwar einerseits vor der Austrocknung während der Ebbezeit, aber wirft dafür andererseits im Gegenzug auch etliche Probleme auf – vor allem die Sauerstoffversorgung und Nahrungsbeschaffung sind an diesem Aufenthaltsort eben schwierig.

Atmen, wo Sauerstoff fehlt

Zwar befindet sich Atemsauerstoff im Porenwasser zwischen den Sedimentpartikeln, aber er verbraucht sich bei einer hohen Besiedlungsdichte ziemlich schnell und ist im zähen Schlick auch recht rar – schon allein wegen der stark eingeschränkten Diffusionsraten. Wer hier trotzdem überleben will, muss sich einen Zugang zur Oberfläche verschaffen. Viele Würmer bauen daher Wohngänge, durch die sie das Atemwasser mit darin gelöstem Sauerstoff herbeistrudeln. Solche Wohnröhren können entweder blind enden oder auch verschiedene Aus- und Eingänge haben. Wattwürmer und Schlickkrebse bauen eine L- oder U-förmige Röhre. Als Pumpe für den Atemwasserstrom dienen Fächerbeine, Blattfüße oder auch das rhythmische Pulsieren ihres ganzen Körpers. An der Oberfläche erscheinen dann je nach Art unterschiedlich große Löcher und zum Teil auch kleine Abraumhalden mit dem aus den Wohnröhren ausgeworfenen Sediment. Tiefer und standorttreu sitzende Muscheln bilden zwei lange Atemschläuche (Siphone), die oft in einer Röhre gebündelt sind, bis an die Oberfläche. Durch den einen strudeln sie das Atemwasser ein, durch den anderen

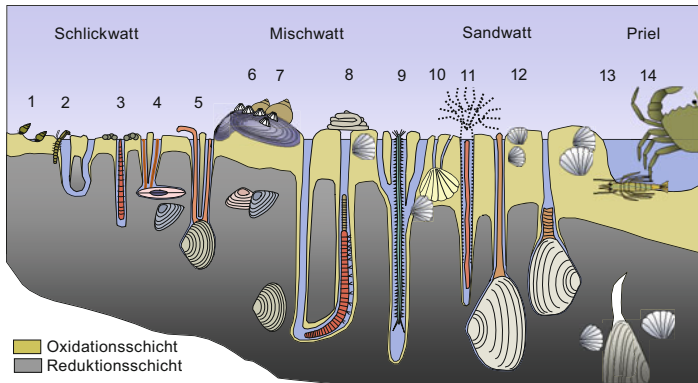


Freigefallene Wattflächen verraten zunächst nur wenig von ihrer organismischen Reichhaltigkeit. Aber sie haben es buchstäblich in sich

geben sie das verbrauchte Wasser wieder ab. Die Versorgung mit sauerstoffreichem Wasser löst auch das Problem, warum viele Arten in der anoxischen, durch Schwefeleisen (Eisensulfid) angeschwärzten Reduktionsschicht des Wattbodens leben können. Kritisch ist die Sauerstoffversorgung nur, wenn das Watt zur Ebbezeit trockenfällt. Manche Arten fahren dann ihren Stoffwechsel deutlich herunter oder besitzen – wie der Wattwurm – besonders viel Hämoglobin als Sauerstoffspeicher.

Raffinierte Nahrungsbeschaffung

Das Leben im Untergrund wirft für die Röhrenbewohner zudem die Frage auf, wie sie ihre Ernährung dauerhaft sichern können. Die Tiere des Wattenmeeres sind dafür



Am Wattboden und tiefer: 1 Wattschnecke, 2 Schlickkreb, 3 Kotpillenwurm, 4 Baltische Plattmuschel, 5 Pfeffermuschel, 6 Miesmuschel, 7 Strandschnecke, 8 Wattwurm, 9 Seeringelwurm, 10 Herzmuschel, 11 Bäumchenröhrenwurm, 12 Sandklaffmuschel, 13 Sandgarnele, 14 Strandkrabbe. Einige der hier gezeigten Wattbewohner gehören streng genommen in das Kap. 2

mit originellen Eigenschaften ausgestattet. Muscheln filtern mit ihrem Atemwasserstrom Plankton sowie feine bis feinste Schwebepartikeln (Detritus) ein und filtern sie mit ihren Kiemen ab, bevor sie der Mundöffnung zugeführt werden. Andere benutzen die Spitze ihrer langen, dünnen Atemschläuche als erstaunlich bewegliche Pipette und suchen so den Boden ringsum nach Mikroorganismen ab. Auch viele Würmer und Schlickkrebse tasten die Bodenoberfläche mechanisch nach Partikeln ab und hinterlassen dabei charakteristische sternförmige Kratzspuren. Der Bäumchenröhrenwurm konstruiert komplizierte Reusenapparate. Die Wattwürmer und Kotpillenwürmer schließlich schlucken gleich das ganze Sediment herunter und scheiden die unverdaulichen Anteile als charakteristischen Kotsandhaufen an der Oberfläche als Abraum ab. So bleibt ihre Wohnröhre verstopfungsfrei.

1.4 Schwimmende Kleinstgewächshäuser

In der Natur finden sich zahlreiche und erstaunlich unterschiedliche Formen des interorganismischen Zusammenlebens, woran sich zwei (oder mitunter auch mehr) Organismenarten unterschiedlicher Artzugehörigkeit beteiligen. Eines der markantesten und fast überall auch im städtischen Umfeld erlebbaren, aber so oft nicht wahrgenommenen Beispiele sind die Flechten auf Mauern, Rinden oder sonstigen Wuchsunterlagen. Sie stellen einen ganz ungewöhnlichen Lebensentwurf dar. Nach modernem systematischen Verständnis gehören sie nicht zu den Pflanzen, sondern stellen ernährungsphysiologisch spezialisierte Pilze dar: Jede Flechten„spezies“ ist sozusagen ein Mehrfachorganismus, in dem ein Pilzpartner und ein Algenpartner eine innige Betriebs- und Lebensgemeinschaft eingegangen sind. Dies erkannte erstmals der aus Frankfurt stammende und in Straßburg lehrende Arzt und Botaniker Anton de Bary (1831–1888), der 1879 für das „Zusammenleben ungleichnamiger Organismen“ auch den bis heute üblichen Fachausdruck Symbiose prägte. Im englischsprachigen Raum schließt der Symbiose-Begriff (übrigens ganz im Sinne de Barys) auch die parasitischen (und gewöhnlich hoch spezialisierten) Beziehungen artverschiedener Organismen ein. In unseren Breiten versteht man unter Symbiosen heute mehrheitlich nur die förderlichen Partnerschaften mit gegenseitiger Ausbeutung, aber zum klaren gegenseitigen Nutzen – eben echte Kooperationen mit einer klaren Win-win-Bilanz für alle Beteiligten.

Eine ideale Verschaltung

Von den Bakterien über die zellkernführenden Einzeller (vor allem den Algen) bis zu den hoch entwickelten Blütenpflanzen finden sich in der Natur zahlreiche Organismen mit der einzigartigen Fähigkeit zur Photosynthese: Bei diesem fundamentalen Stoffwechselprozess baut eine komplexe zellulär-biochemische Maschinerie anorganische und energiearme Ausgangsverbindungen wie Kohlenstoffdioxid (CO_2) sowie Wasser (H_2O) unter nutzendem Direkteinsatz der Strahlungsenergie von Sonnenlicht in energiereiche Verbindungen beispielsweise vom Typ der Kohlenhydrate (u. a. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) sowie alle organischen Folgeverbindungen um. Dieser enorm bedeutsame Prozess hält die gesamte Biosphäre in Gang, denn alle nachgeschalteten Glieder der Nahrungsketten bzw. -netze in jeglichen Ökosystemen leben direkt oder indirekt nur und ausschließlich von der verfügbaren photosynthetischen Primärproduktion.

Dieser einfache, wenngleich in seinen Detailabläufen komplexe Sachverhalt hat interessanterweise mehrfach zu klassischen Kurzschlussreaktionen geführt: Die generell heterotrophen (weil auf vorgefertigte organische Nahrungsbestandteile angewiesenen) tierischen Organismen haben sich fallweise vor allem mit photosynthetisch aktiven Einzellern zu einer für alle Beteiligten einträglichen Betriebs- resp. Produktionsgemeinschaft zusammengeschlossen. Darunter finden sich etliche Artenkonsortien, bei denen ein heterotropher Einzeller (beispielsweise vom Typ der Wimpertiere/*Paramecium*) oder ein Vertreter eines anderen Tierstammes (zumeist der Wirbellosen) einzellige Algen gleich mengenweise als intrazelluläre Gäste aufnimmt und fortan deren photosynthetische Produktion (auch) für eigene Zwecke nutzt. Auf diese Weise scheren die mit Algen als Zellgästen ausgestatten Tiere aus dem allgemeinen produktionsbiologischen Stoff- und Energiefluss aus – sie sind

entgegen jeglicher üblicher Zuordnung sozusagen photoautotroph.

Verräterisches Spinatgrün

Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts mehrten sich die bekannt gewordenen Beispiele für solche organismischen Kooperationen – vor allem beflügelt von Forschungen an der von dem Zoologen Anton Dohrn (1840–1909) im Jahre 1870 begründeten und bis heute fortgeführten *Stazione zoologica di Napoli*. Hier war man mit dem damals so benannten „tierischen Chlorophyll“ zwar im Prinzip schon auf der richtigen Spur, aber die genauere stoffwechselphysiologische Analyse musste noch eine Weile warten. Erst allmählich kristallisierte sich die Erkenntnis heraus, dass die offenbar als funktionale Zellgäste etablierten und photosynthetisch kompetenten Algen tatsächlich einen nennenswerten Beitrag zum Stoffbudget ihrer zellulären Umgebung leisten. Erst gegen Ende des 20. Jahrhunderts wurden mithilfe moderner stoffanalytischer Untersuchungsmethoden unter Einsatz von Radiotracertechniken (vor allem mit ^{14}C -markierten Verbindungen) etliche Details aus der unglaublich spannenden Stoffschiberei zwischen photosynthetisch aktiver Algenzelle und ihrem tierischen Zellambiente bekannt.

Ein Strudelwurm spielt gleichsam Alge

Zelluläre Kooperationen zwischen Wimpertieren und einzelligen Algen finden sich in fast jedem Binnengewässer. Interessante Beispiele sind etwa die Arten *Paramecium bursaria* sowie *Stentor polymorphus*. Auch in vielen Süßwasserpolypen der Spezies *Hydra viridis*, die bevorzugt auf der Blattunterseite von See- und Teichrosen in fast jedem

damit bestückten Kleingewässer siedeln, finden sich in der an den Verdauungsraum angrenzenden inneren Zellschicht (Gastrodermis) zahlreiche grüne Algenzellen als planmäßige Zellbewohner – sie bestimmen ob ihrer enormen Artenzahlen sogar die Eigenfärbung des Tieres.

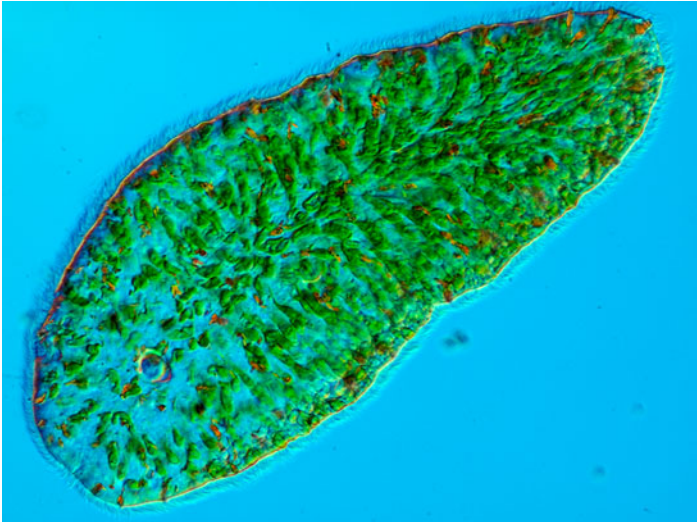
Eines der besonders gut erforschten und immer wieder erstaunlichen Beispiele für eine intrazelluläre Endosymbiose zwischen grünen einzelligen Algen und einem Wirbelloser ist der zu den Plattwürmern gehörende Strudelwurm *Convoluta roscoffensis*. Diese Art wurde benannt nach dem kleinen Hafenstädtchen Roscoff (Département Finistère) in der Bretagne, seit 1872 Standort eines der ältesten und bekanntesten Meeresforschungsinstitute Europas. Hier hat man sie Ende des 19. Jahrhunderts entdeckt und beschrieben. Entlang der westlichen bretonischen und südenglischen Ärmelkanalküste kommt *Convoluta* (unlängst unnötigerweise umbenannt in *Symsagittifera*; wir bleiben hier indessen bei der langjährig eingeführten und in der zahlreichen Literatur verwendeten Gattungsbezeichnung) vor allem während der wärmeren Jahreszeit in großen Mengen in flachen sandigen Dellen und Rinnen in der oberen Gezeitenzone vor. Die bei flacher Wasserbedeckung lebhaft umherkriechenden Tiere werden etwa 15 mm lang und sind durch ihre zahlreichen intrazellulären Algengäste (gewöhnlich bis etwa 25.000 Zellen) tief dunkelgrün gefärbt. Die Algen gehören der Art *Tetraselmis* (*Platymonas*) *convolutae* an. Den meisten Strandbesuchern bleibt dieses kleine Naturwunder indessen verborgen. Übrigens: Die Tiere sind bemerkenswert erschütterungsempfindlich – tritt man in ihrer Umgebung ein wenig kräftig auf den Sandboden, verschwinden sie augenblicklich in das Sediment. Sie verwechseln diese seismischen Signale offenbar mit den Wellenwirkungen der nächsten auflaufenden Flut, denn unter Hochwasserbedingungen halten sie sich ebenfalls etwas tiefer im Sandboden auf.



Am oberen Gezeitenrand sind die Ansammlungen der grünen *Convoluta roscoffensis* zur Ebbezeit nicht zu übersehen

Die ersten Tage sind entscheidend

Frisch geschlüpfte Jungtiere sind zunächst noch algenfrei. Innerhalb ihrer ersten Lebenstage müssen sie jedoch die auch freilebend im gleichen Lebensraum vorkommenden *Tetraselmis*-Zellen aufnehmen, da die Mundöffnung zuwächst und auch große Teile des Verdauungstraktes (Pharynx) zurückgebildet werden. Nach etwa einer Woche können die jungen Individuen von *Convoluta* keine partikuläre Nahrung mehr aufnehmen – sie sind also jetzt vollständig auf die Zulieferung organischer Stoffe aus der photosynthetischen Produktion ihrer zahlreichen Zellgäste angewiesen. Unter anderem versorgen die Algen ihre Wirte mit dem niedermolekularen Kohlenhydrat Mannitol sowie diversen Aminosäuren. Die gegenseitigen Vorteile sind evident: *Convoluta* bietet ein konstantes Zellmilieu, sucht



Convoluta roscoffensis beherbergt zahlreiche grüne Endosymbionten. In jungen Individuen sind sie im mikroskopischen Bild noch klar erkennbar

aktiv gut durchlichtete Bereiche in der Gezeitenzone auf und beliefert die Algen als Ergebnis der tier eigenen Zellatmung optimal mit CO_2 . Umgekehrt versorgen die Algen ihren Wirt mit lebenswichtigen Stoffwechselkomponenten. Der Wurmwirt und seine Algen bilden somit – funktional betrachtet – ein geradezu perfektes Team. *Convoluta* repräsentiert somit den nicht ganz alltäglichen Fall eines photoautotrophen Tieres.

1.5 Ständig unterm Pantoffel

Zugegeben: Wie eine Schnecke sieht sie eigentlich gar nicht aus. Tatsächlich denkt man beim Anblick ihrer bis zu 5 cm großen, leicht gebogenen, breitovalen und deutlich aufgewölbten Gehäuse eher an die Schalenklappe einer Muschel.

Mit deren oft zahlreichen Resten finden sich auch solche Leergehäuse recht häufig im Angespül am Strand. Verräterisch ist allerdings der kleine Ansatz einer Gehäusewindung am hinteren Ende – eine Struktur, die so bei einer Muschel üblicherweise nicht vorkommt. Noch ungewöhnlicher sieht dieser kleine Mollusk aus, wenn man im Watt eine ganze Kette fest miteinander verbundener Individuen findet, die nach oben immer kleiner ausfallen. Auch das erinnert eher an die Eigenart mancher Muscheln, durch gegenseitige Verankerung ausgedehnte Bänke zu bilden. Aber tatsächlich handelt es sich um eine gehäusetragende Schnecke, die erstmals in den frühen 1930er-Jahren im Sylter Wattmeer nachgewiesen wurde: Die Amerikanische Pantoffelschnecke (*Crepidula fornicata*) ist ein eingeschleppter Zuwanderer (Neozoon) von der Ostküste Nordamerikas. Der Artnamen ist überaus trefflich gewählt, denn von unten betrachtet sieht ihr leeres Gehäuse wirklich aus wie ein Pantoffel. Auch die englische Bezeichnung *slipper limpet* nimmt darauf Bezug. Nach Europa gelangte die Art erstmals um 1870 mit eingeführten Austern. Heute kommt sie von Südnorwegen bis Spanien vor.

Eine ungewöhnliche Schnecke

Üblicherweise sind die im Watt vorkommenden Schneckenarten, darunter die verschiedenen Arten der Gattung *Littorina* (Strandschnecke) oder die Wattschnecke (*Hydrobia ulvae*), typische Weidegänger – sie kriechen bei entsprechenden Flutwasserständen auf dem Substrat umher und raspeln mit ihrer rauen Zunge den Kleinstbewuchs ab. Die Pantoffelschnecke ist dagegen ungewöhnlicherweise ein Filtrierer: An der Einströmöffnung zum Kiemenraum legt sie einen Schleimfilter aus Klebfäden an und einen zweiten direkt über der Kieme. Mit den Flimmerhärchen



Pantoffelschnecken tragen ihren Namen zu Recht – sie sehen wirklich so aus



Einzigartig unter den inzwischen heimischen Meeresschnecken ist die Bildung von Proliferationsketten

auf der Kieme erzeugt sie einen Wasserstrom, der auf ihrer linken Körperseite vorne unter das Gehäuse eintritt und dieses rechts hinten wieder verlässt. Aus dem Wasserstrom filtrierte sie Nahrungspartikeln aus – ganz nach Art etwa einer Miesmuschel, die sich ebenfalls als Filtrierer ernährt. Ist der Filter voll, wird er mitsamt dem angesammelten Fang verdaut.

Männlich starten und weiblich enden

Ungewöhnlich sind aber auch Fortpflanzung und Entwicklung der Pantoffelschnecke. Das Weibchen deponiert sein Gelege zwischen Fuß und Kopf unter dem Gehäuserand und bewahrt die Eier dort einige Wochen lang, bis die schon gut entwickelten Larven schlüpfen. Diese verbleiben etwa einen Monat lang im Plankton und setzen sich dann irgendwo fest. Zu diesem Zeitpunkt sind die Jungtiere männlich, können auch noch gewisse Kriechstrecken bewältigen und suchen sich dann ein schon festsitzendes Weibchen, auf dessen Gehäuse sie sich ansiedeln. Jetzt findet eine bemerkenswerte Geschlechtsumwandlung statt: Die jungen Männchen werden – ausgelöst durch noch unbekannte Signale – zu Weibchen. In einer Gehäusette (Proliferationskette) sind also die untersten großen Individuen immer weiblich und nur die jüngsten obenauf sitzenden männlich. Dazwischen befinden sich die Tiere in der laufenden Geschlechtsumwandlung.

In Frankreich sieht man die Pantoffelschnecke in den ausgedehnten Austerkulturen übrigens nicht besonders gerne, weil man sie als Nahrungskonkurrent der Zuchtaustern sieht und diese vor der Vermarktung erst einmal von ihren Besatzern befreit werden müssen. In den Wattgebieten der Nordsee ist die Pantoffelschnecke aber bislang noch nicht als problematisch aufgefallen.



Pantoffelschnecken siedeln sich gerne auf jeglichem Substrat an – so auch auf Miesmuscheln

1.6 Die verlängerte Mahlzeit

Der britische Zoologe T. E. Thompson bezeichnete die ungewöhnlich formschönen Nacktkiemer- (Nudibranchia) bzw. Schlundsackschnecken (Sacoglossa) aus der Unterklasse Hinterkiemer (Opisthobranchiata) in seinem Standardwerk zutreffend als „Schmetterlinge des Meeres“. Diese Tiere zeichnen sich neben ihrem meist extravaganten Aussehen auch durch etliche biologische Besonderheiten aus, unter anderem durch extrem spezialisierte Nahrungsvorlieben.

Wie man bei Meeresalgen Chloroplasten klaut

Einige Arten zeigen ein in der Natur bislang nahezu einzigartiges Phänomen: Um 1970 entdeckten nämlich japanische Meeresbiologen, dass die bei einigen ihrer Vertreter vorkommenden grünen Zelleinschlüsse nicht die zuvor vermuteten symbiontischen Algenzellen sind, sondern tatsächlich isolierte und frei im tierischen Zellplasma liegende Algen-Chloroplasten. Damit zeichnete sich ein wohl einzigartiger zellbiologischer Sachverhalt ab: Manche Nudibranchier verdauen ihre Algenmahlzeit offensichtlich nicht (oder zumindest nicht sofort) vollständig, sondern verlagern unversehrt übernommene Algen-Chloroplasten in bestimmte Zellen der feinen Endäste ihrer reich verzweigten und den ganzen Schneckenkörper durchziehenden Mitteldarmdrüse (Hepatopancreas). Die Tiere sind dann je nach Herkunft ihrer übernommenen Chloroplasten tiefgrün oder kräftigrot. Mehr noch: Die Algen-Chloroplasten bleiben hier im Verdauungssystem der Schnecke funktionsfähig und betreiben dort mit nahezu unverminderter Rate Photosynthese. Demnach behalten diese Organellen unter besonderen Umständen auch außerhalb ihres angestammten Zellmilieus tage- oder sogar wochenlang ihr charakteristisches Leistungsprofil – ein Befund, der viele biochemische und physiologische Fragen aufwirft. Die Syntheseprodukte der Algen-Chloroplasten werden sofort an das tierische Wirtsgewebe weitergereicht und dort für stoffliche Anschlussrouten wie die Produktion von Schleimstoffen (Polysacchariden) verwendet. An der mit Grünalgen-Chloroplasten ausgestatteten *Elysia viridis* und der nach Konsum von Rotalgen errötenden *Hermaea bifida* ließen sich mit speziellen Trennverfahren mehr als drei Dutzend Stoffwechselprodukte und damit eine bemerkenswerte stoffliche Dynamik zwischen den Zellorganellen der Algen und dem beherbergenden tierischen Gewebe verfolgen.

Zellbiologisch geradezu einzigartig

Eine ausgehungerte *Hermaea (Placida) dendritica* ist nahezu unpigmentiert und erscheint – von ein paar winzigen Fleckenarealen abgesehen – einheitlich milchig weiß. Bietet man den Tieren schlauchförmig aufgebaute (siphonale) Grünalgen beispielsweise aus der Gattung *Bryopsis* oder *Vaucheria* an, raspeln sie diese sofort an, saugen den Zellinhalt mit sämtlichen Organellen auf, sortieren in ihrem Verdauungstrakt die Chloroplasten auf bislang noch unverstandenen Routen aus und beschicken damit die Endverzweigungen der Mitteldarmdrüse. Bereits zwei Stunden nach Beginn einer Algenmahlzeit wird *Hermaea dendritica* sichtlich grün und erreicht innerhalb von längstens zwei Tagen einen satt dunkelgrünen Spinatton. In diesem Zustand enthält ein Individuum etwa 1,5 Mio. Algen-Chloroplasten. Dieses Phänomen nannte man anfangs Plastidensymbiose, spricht aber heute eher von Organellen-Retention bzw. in diesem besonderen Fall von Kleptoplastie: Die „geklauten“ Plastiden (Kleptoplasten) bleiben, wie die lichtabhängige Sauerstoffentwicklung von *Hermaea* zeigt, tatsächlich photosynthetisch aktiv. Bietet man den Tieren keine weitere Algennahrung an, geht die Farbe jedoch nach spätestens einer Woche von Spinatgrün in ein gelbliches Braun über und verschwindet schließlich völlig – sichtbarer Ausdruck für den auch im mikroskopischen Bild erkennbaren Abbau der Chloroplasten-Population. Die biologische Halbwertszeit der Grünalgen-Chloroplasten in *Hermaea dendritica* beträgt ungefähr vier Tage. Dies lässt vermuten, dass unter natürlichen Bedingungen ein Fließgleichgewicht zwischen den funktionell intakten und den nach Funktionsverlust verdauten Chloroplasten besteht, das jeweils einen gewissen Sollbestand Nährstoff liefernder Algen-Organellen garantiert. Eine mit *Bryopsis*-Chloroplasten ergrünte und durch Hungern anschließend wieder erbleichte *Hermaea*

akzeptiert auch Zweigstücke der nahe verwandten, aber morphologisch völlig anders gestalteten Schlauchgrünalge *Codium fragile*. Auf diese Weise ist es experimentell möglich, den Chloroplastenbestand einer Schnecke vollständig auszutauschen. Bezeichnenderweise verbringen auch die *Codium*-Chloroplasten in *Hermaea* allenfalls acht bis zehn Tage, während sie in den *Elysia*-Arten mehrere Wochen lang funktionsfähig bleiben. Der experimentell ermittelte Rekord liegt bei etwas mehr als drei Monaten. Viele Fragen der interzellulären Zusammenarbeit und Verständigung der artfremden Chloroplasten im tierischen Zellmilieu sind dabei noch offen.

Solarbetriebene Meeresschnecken

Da die Chloroplasten führenden Nacktschnecken also vergleichbar den grünen Pflanzen zumindest zeitweilig völlig autotroph auf der Basis der ihren Verdauungszellen zugeführten Photosyntheseprodukte sind, kann man sie vorbehaltlos als „solarbetriebene“ Tiere bezeichnen. Sie sind innerhalb der systemisch heterotrophen Tiere eine einzigartige Funktionsgruppe, die das ohnehin bewundernswerte Leistungsprofil der grünen pflanzlichen Zellorganellen auf besondere Weise nutzen. Könnten wir doch die Chloroplasten von grünem Salat beispielsweise in unsere Ohrmuscheln schicken ... Aber das würde möglicherweise die gesamte Kulinarik ruinieren.

1.7 Keineswegs nur Schneckentempo

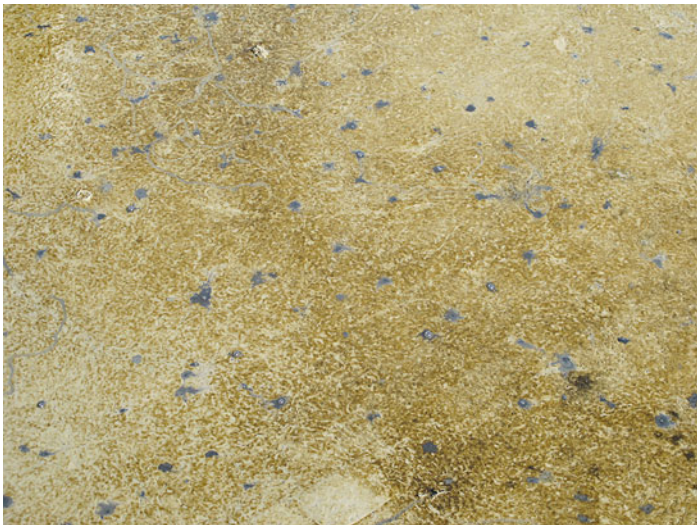
Die geläufige Bezeichnung Schneckentempo drückt sicherlich nicht gerade die allergrößte Hast aus. Das gilt natürlich auch für die auf Fels oder Weichsubstrat vorkommen-



Grüne Samtschnecke (*Elysia viridis*) auf ihrer bevorzugten Diät, der Grünalge *Codium* sp.

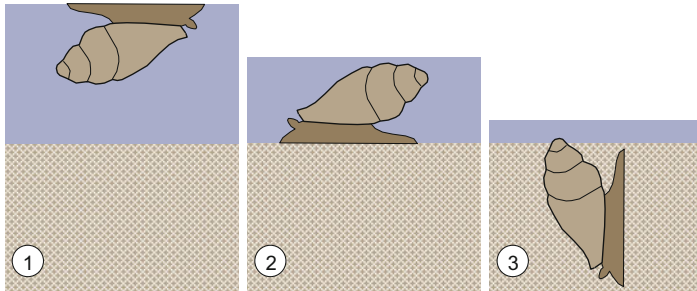
den Schneckenarten, die gewöhnlich (und überwiegend bei Flut) als überaus gemächlich kriechende Weidegänger unterwegs sind. Hierzu gehören auch die Wattschnecken (*Hydrobia ulvae*): Mit etwa 5 mm Gehäusehöhe sind sie relativ klein und werden deswegen von vielen Küstenurlaubern erst gar nicht wahrgenommen. Dabei sind sie vor allem im Schlickwatt geradezu extrem zahlreich. In Extremfällen hat man schon an die 500.000 Individuen auf nur einem Quadratmeter gezählt, aber die hier durchschnittlich zu erwartenden etwa 20.000 Tiere sind ja auch schon etwas. Wattschnecken sind eine ungemein wichtige Komponente im Nahrungsangebot für die zahlreichen Watt- und Watvögel. Wenn man im Spülsaum des Watts gleich schaufelweise ihre leeren Gehäuse antrifft, handelt es sich meist um die Reste von Tieren, die durch einen Vogelmagen gewandert sind.

Während einer Aktivitätsphase bewegen sich die Wattschnecken nur etwa 25 cm weit und hinterlassen dabei ei-



Die zahlreichen schmalen Kriechspuren verraten die Aktivitäten der Wattschnecken auf dem Schlickwattboden

ne schmale, meist vielfach gewundene Spur. Mit solchen Aktionsradien kommt man natürlich nicht weit. Deshalb setzt *Hydrobia* als einzige Schneckenart im Wattenmeer eine gänzlich andere Technik ein: Die Tiere hängen sich – eventuell unterstützt von einem kleinen Schleimband – an die Unterseite des Oberflächenhäutchens der Gezeitenwasserströme und lassen sich so kopfunter surfend in kurzer Zeit über weite Strecken verdriften. Ab Anfang Mai findet man junge Wattschnecken vor allem im oberen Gezeitenbereich. Ab Spätsommer suchen sie eher die mittlere und untere Gezeitenzone auf.



Aktivitätsphasen der Wattschnecke im Tidenzyklus: 1 Surfen in Rückenlage mit dem Gezeitenstrom, 2 Weidegang auf dem Sediment bei Ebbe, 3 Eingraben während des Trockenliegens

1.8 Die Stärke der (vermeintlich) Schwachen

Wenn die frisch gesottenen Miesmuscheln dampfend in einer Schüssel vor Ihnen stehen, erwartet Sie – eventuell begleitet von einem trockenen Weißwein vom Typ Muscadet oder Sancerre – ein unzweifelhaft leckeres Gericht, zumindest in den Monaten mit „r“ im Monatsnamen. Denn nur außerhalb der warmen Jahreszeit kann man (einigermaßen) sicher sein, dass die Muscheln keine toxischen Planktonalgen (Diatomeen sowie Dinoflagellaten) eingestrudelt und deren enorm potentes Gift in ihrem Körper akkumuliert haben. Wie alle Muscheln ernähren sich nämlich auch die Miesmuscheln ausschließlich als Filtrierer. Sie strudeln mithilfe des Cilienbesatzes ihres Kiemenapparates Meerwasser in die Mantelhöhle, entnehmen über ihre vier Kiemenblätter sowie die Manteloberfläche den Sauerstoff und filtrieren mit den Cilien auf den Kiemen auch die mitgeführten Nahrungspartikeln ab. Eine ca. 3 cm lange Miesmuschel pumpt so in einer Stunde etwa 1 L Wasser durch sich hindurch. Einmal im Monat passiert auf diese Weise das gesamte Wat-



Wenn ein Seestern naht, hat zumindest eine Miesmuschel verloren

tenmeerwasser der Nordsee die vorhandenen Muschelpopulationen auf oder im Wattboden. Die Partikeln werden von Sperrwimpern festgehalten und gegen den Atemwasserstrom auf die Stirnseite der Kiemenfäden befördert. Abwärts schlagende Cilien führen sie dem unteren Rand der Kiemen zu, wo sich eine Transportrinne befindet. Die Mundlappen kontrollieren die festgehaltenen Teilchen chemisch und mechanisch und leiten dann Geeignetes der Mundöffnung zu. Die Größe der aufgenommenen Nahrungspartikeln reicht etwa von 1 bis 100 μm und umfasst damit Bakterien, Detritusteilchen sowie Phyto- und Zooplankton. Sperrige oder unverdauliche Teilchen schleimt die Muschel ein und gibt sie als Pseudofaeces am Rand der Einströmöffnung wieder ab. Die Verdauungsreste selbst gibt sie über den After in das freie Wasser ab.

Attacke durch die Seesterne

Den Seesternen, die an den atlantischen Küsten zu den häufigsten und bekanntesten Stachelhäutern gehören, ist der jahreszeitliche Termin einer Muschelmahlzeit relativ gleichgültig. Miesmuscheln gehören nämlich ganzjährig zu ihrer Lieblingsdiät – auf Muschelbänken findet man daher unterhalb der Niedrigwasserlinie fast immer auch Seesterne in größerer Anzahl.

Im Unterschied zu Ihrem Besuch in einem Gastronomiebetrieb, bei dem die Miesmuscheln durch die thermische Zubereitung definitiv aus dem Leben geschieden sind und mit weit geöffneten Schalenklappen vor Ihnen ruhen, haben die hungrigen Seesterne mit den noch lebenden Muscheln einer Miesmuschelbank zunächst ein echtes Problem. Versuchen Sie einmal, eine noch lebende Miesmuschel mit bloßen Händen zu öffnen. Sie werden gewiss scheitern. Aber wie überwältigt man als räuberische Art erfolgreich eine große Muschel, die sich zudem – durch recht stabile Schalenklappen und eine kräftige Schließmuskulatur geschützt – in relativer Sicherheit vermutet?

Der Trick der Seesterne ist ebenso perfide wie unabweisbar wirksam: Miesmuscheln weisen am stumpfen Hinterende ihrer Schalenklappen getrennte, aber nahe beieinanderliegende Ein- und Ausströmöffnungen (Siphone) auf, mit denen sie – durch den Flimmerbesatz ihrer Kiemen – den nötigen Atemwasserstrom erzeugen. Der attackierende Seestern legt nun einfach einen seiner (meist) fünf Arme auf diese Öffnungen und blockiert auf diese Weise wirksam den lebensnotwendigen Atemwasserstrom. Irgendwann geht der Muschel buchstäblich die Luft – hier der notwendige Sauerstoff – aus und sie erlahmt zusehends. Jetzt zerzt der Seestern mithilfe seiner zahlreichen und bewundernswerterweise hydraulisch betriebenen Saugfüßchen die beiden Schalenklappen der wehrlos gewordenen Muschel auseinander, stülpt

seinen Magen in die Weichteile der Muschel und beginnt diese mithilfe der Aktivität abgesonderter Enzyme zu verdauen. Und damit ist das relativ jähe Ende einer Miesmuschel besiegelt.

1.9 Bohren, Fräsen und Zermürben

Manche Tiere ziehen sich zumindest zeitweilig gern von der Tagesoberfläche zurück, weil sie nicht unbedingt gesehen werden wollen. Andere suchen jedoch dauerhaft irgendwelche Substrate auf, um ein Leben im Verborgenen führen zu können. Sich eine zusagende Wohnstatt in hölzernen Konstruktionen wie Pfählen oder Planken anzulegen, ist für viele marine Wirbellose kein nennenswertes Problem, sondern normaler Bestandteil ihrer Autökologie. Eine Dauerbleibe in betonhartem Festgestein einzurichten, stellt sich im Vergleich dazu schon weitaus abenteuerlicher dar. Zugegeben: An den meisten magmatischen Gesteinen wie Basalt oder Granit scheitern sie alle, aber das an vielen Küsten anstehende und deutlich anfälligere Kalkgestein ist tatsächlich kein besonderes Hindernis und beherbergt unterhalb der mittleren Hochwasserlinie eine beachtliche Fauna – angesichts ihrer ausgefallenen Siedlungsplätze konsequenterweise als endolithische Infauna bezeichnet. Kalkbohrende Arten finden sich beispielsweise bei den Muscheln. Die auch in der Nordsee vorkommende Dattelmuschel (*Pholas dactylus*) trägt wie einige ihrer nahen Verwandten (Krause Bohrmuschel, *Zirfaea crispata*, sowie Weiße Bohrmuschel, *Barnea candida*) auf den Außenseiten ihrer Schalenklappen Reihen feiner und messerscharfer Zähnchen. Durch Pulsations- und Drehbewegungen fräsen diese Muscheln zentimetertiefe kreisrunde Löcher in das anstehende Kalkgestein (meist aus dem Mesozoikum: Muschelkalk, Jura, Kreide) und erweitern diese beim Wachstum ständig.

Echt ätzend

Bei Arten, die mechanische Mittel einsetzen, versteht man den steinermürbenden Effekt natürlich sofort. Aber wie gelingt es dem supersoften Bohrschwamm (*Cliona celata*), anstehendes Kalkgestein mit einem Gewirr dezimeterlanger Gänge zu durchtunneln? Wo keine Mechanik zur Verfügung steht, muss eben die Chemie her. Mit bestimmten Zellen sondert *Cliona* organische Säuren ab und löst damit ihr karbonatisches Umfeld einfach auf – so wie man mit Essig- oder Zitronensäure die völlig verkalkte Kaffeemaschine regeneriert.

Das Gestein ätzend zu durchtunneln, garantiert zwar einen sicheren Aufenthaltsraum, löst aber nicht das Problem, wie man an die nötige Nahrung kommt. Raffinierterweise legt *Cliona* überall kleine Fenster zur Außenwelt an. Über die hier bis an die Materialoberfläche reichenden papillenförmigen Scheibchen hat sie direkten Kontakt zum freien Ambiente. Hier münden mit feinen Poren – Osteolen genannt – die Ein- und Ausströmöffnungen zum Schwamminneren, durch die *Cliona* Mikroplankton als Nahrung einstrudeln kann.

Ziemlich zermürbend

Cliona befällt übrigens nicht nur Festgestein, sondern auch die Schalenklappen größerer Muscheln. An den Nordseeküsten findet man im Angespül nicht selten dicht an dicht perforierte Schalenklappen der Europäischen Auster (*Ostrea edulis*). Dabei handelt es sich allerdings um subfossile Exemplare, denn die heimische Auster ist schon seit geraumer Zeit durch Übernutzung ausgerottet. Ihren Platz nimmt heute weithin die Pazifische Auster (*Crassostrea gigas*) ein,

deren Schalenklappen aber von *Cliona* offenbar (bislang) nicht befallen werden.

Weitere Weichlinge in hartem Gehäuse

Die Fähigkeit, kalkiges bzw. karbonatisches Festmaterial durch Anätzen zu durchlöchern, kommt in mehreren Verwandtschaftsgruppen vor, darunter auch bei den Vielborstwürmern (Polychaeten). Auffällig sind beispielsweise die dichten Kolonien des Bohrwurms *Polydora ciliata*, der



Kaum zu glauben: Die vielen Löcher in der (subfossilen) Austernschale sind das Werk eines Bohrschwammes



Auch etliche andere Wirbellose wie die Bohrwürmer der Gattung *Polydora* können Kalkgestein wirksam und nahezu flächen- bzw. raumdeckend durchlöchern

U-förmige, etwa 1 cm lange Wohnröhren im Gestein oder auch in größeren (leeren) Schneckengehäusen anlegt. Eine nahe verwandte Art *Polydora ligni* hat sich indessen auf Holz spezialisiert.

Die im Gestein bohrenden Wirbellosen sind auf längere Sicht natürlich ein nicht zu unterschätzender Erosionsfaktor für die Kalkgesteine der Küsten. Für die Insel Helgoland, deren östlich vorgelagerte Düneninsel aus Muschelkalk- und Kreideklippen besteht, veranschlagt man die Gesteinszermürbung auf etwa 50 cm/Jahrhundert. Für diesen Vorgang haben die Küstengeologen den wunderbaren Zungenbrecher Biodeterioration entwickelt.

1.10 Absolut umwerfende Formen

Sommerferien an der Küste – eigentlich bei jedem Wetter eine wunderbare Erfahrung, weil man hier überall ein im Vergleich zur Alltagsumgebung so gänzlich andersartiges Ambiente erleben kann. Viele Küstenurlauber entdecken jetzt wieder ihre vielleicht schon in der eigenen Kindheit grundgelegte Vorliebe für die vielen Muscheln (genauer: Schalenklappen) im Angespül am Strand – jedenfalls sieht man an den Stränden mengenweise *beachcomber*, die akribische Ausschau nach netten Dekostücken halten. Oft liegen diese gut sichtbar und vor allem flach auf dem Sediment. Dabei sind nur zwei Orientierungen möglich: Entweder weist die konkave Innenseite nach oben oder die konvexe Außenflanke. Darin drückt sich nun zugegebenermaßen keine aktive organismische Leistung aus, sondern ein relativ simpler physikalischer Effekt *post mortem*.

Einladung zur Schalenforschung

Lust auf aktive Strandforschung?: Achten Sie bei Ihrem nächsten Strandspaziergang doch nur einmal auf die Lagerung der Leerschalen. Das wird Sie überraschen: Erstaunlicherweise liegen etwa 90 % aller Schalen mit der Konkavseite nach oben auf dem Strand. Das klingt fast so unglaublich wie die Tatsache, dass sich im angespülten Zivilisationsmüll an den Spülsäumen der Nordhalbkugel fast immer nur linke Sneakers oder Flipflops finden. Bei den Schuhen steht eine wissenschaftliche Erklärung des Phänomens noch aus, obwohl schlitzohrige Küstenfachleute den Urlaubern gerne das Argument auf-tischen, dieser Effekt sei erst nach der Eröffnung des Panamakanals aufgetreten – was natürlich blanker Unsinn ist.

Das Diktat der Strömung

Bei den Muschelschalen lässt sich die angetroffene Fundposition indessen ganz einfach aus den (relativ komplexen) Strömungsgesetzen nach dem schweizerischen Physiker Jakob Bernoulli (1654–1705) ableiten. Dazu könnten Sie sogar eigene Versuchsserien starten: Werfen Sie einfach einfach eine Handvoll eingesammelter Schalenklappen von Mies-, Herz-, Sandklaff- oder Venusmuscheln im knapp hüfthohen Wasser (etwa 1 m Wassertiefe) in das Meer, so wie Hagen von Tronje angeblich bei Worms den Nibelungenschatz im Oberrhein versenkte. Die Muschelschalen sinken durch die Wassersäule langsam nach unten und landen schließlich auf dem Boden – und mehrheitlich mit der konkaven Seite nach oben. Genau so lagern sie auch auf den tieferen und deswegen weitgehend strömungsfreien tieferen Meeresböden. Im Flachwasser wenden sich die Dinge eventuell buchstäblich. Heftige Wellenaktion dreht die Schalen durch Sogwirkung eventuell auf die andere Flanke (konvex nach oben), weil diese Position dann strömungstechnisch gesehen die günstigere ist. Ähnliche Wendemanöver vollziehen auch solche Muschelschalen, die irgendwie auf die höheren Strandpartien gelangt sind. Hier kommt es vor allem deswegen zu Umlagerungen, weil der Wind den Feinsand rings um die Schalenklappe wegbläst, diese damit in Schiefelage gerät und irgendwann von selbst auf die andere Seite kullert.

Die Paläontologen verwenden übrigens die Vorzugsorientierung fossiler Muscheln in Sedimentgesteinen zur Klärung der Frage, ob das betreffende Material unter Flach- oder Tiefwasserbedingungen abgesetzt wurde. Am Kölner Dom und für einige umliegende Gebäude wurde im 19. Jahrhundert Krensheimer Muschelkalk verwendet. Die geglätteten Werksteine bestehen überwiegend aus dicht gepackten, durch die Bearbeitung meist mittig angeschnittenen Scha-



Die Mehrzahl aller Muschelleerschalen liegt aus hydrodynamischen Gründen mit der Konkavseite nach oben am Strand

lenklappen in ziemlich einheitlicher Lagerung. Allerdings sind die Werksteine nicht immer entsprechend der ursprünglichen Fundlage im Steinbruch eingebaut worden. Auch im triassischen Meer Süddeutschlands lagen sie sicherlich mit der Konkavseite nach oben im anwachsenden Sediment.

1.11 Einfach mal austrocknen

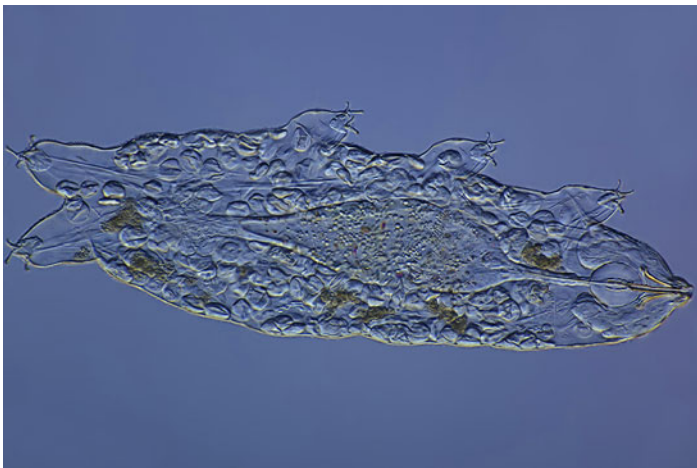
Eine alte gärtnerische Erfahrung verkündet vollmundig und absolut überzeugend: „Einmal vertrocknet, für immer tot.“ Für (fast) alle höheren Pflanzen gilt diese Erkenntnis tatsächlich nahezu uneingeschränkt, aber bei vielen anderen Lebewesen mit pflanzenähnlichem Primärstoffwechsel (i.e. Photosynthese) finden sich durchaus bemerkenswer-

te Ausnahmen. Da wären etwa die in der Gezeitenzone unserer Küsten siedelnden Rotalgen der Gattung *Porphyra* zu erwähnen (sie liefern übrigens die dunkle Verpackung der Sushis), die während der Niedrigwasserzeiten stundenlang knistertrocken ihrem felsigen Substrat anliegen, aber trotz dieser erstaunlichen Trockenstarre durchaus nicht tot sind, sondern nach Wiederbenetzung durch die ersten Wasserspritzer der auflaufenden Flut innerhalb weniger Augenblicke in das aktive Leben zurückkehren. Ein weiteres Beispiel sind die als eigenständiger Lebensentwurf ohnehin äußerst seltsam anmutenden Flechten, die – wenn sie denn exponiert auf sonnendurchglühtem Gestein siedeln – eben auch längere Trockenphasen schadlos überstehen. Viele Laubmoosarten stehen ihnen darin kaum nach.

Bei Tieren ist der weitgehende oder zeitweilig gar totale Wasserverlust dagegen schon etwas sehr Ungewöhnliches. Für die weitaus meisten Tierarten gilt zweifellos die eingangs zitierte gärtnerische Erfahrung: Frei verfügbares Wasser ist für die große Mehrheit aller Tiere ein völlig unverzichtbares Gut. Immerhin – alle Lebensprozesse sind untrennbar an das universelle Lösemittel Wasser gebunden, denn *Corpora non agunt nisi soluta* (Stoffe reagieren nur, wenn sie [in Wasser] gelöst sind) ist eine bereits den ansonsten reichlich seltsamen Alchimisten durchaus vertraute und bis heute gültige Erkenntnis.

Bärtierchen sind zweifellos Ausnahmeorganismen

So wie es mit einigen Algen und dem überaus seltsamen Lebensentwurf „Flechten“ durchaus überzeugende Beispiele von Organismengruppen gibt, die sich zumindest zeitweilig recht erfolgreich aus dem Diktat der Wasserverfügbarkeit auskoppeln können, gibt es für diese physiologisch



Bärtierchen gehören zweifellos zu den seltsamsten Lebewesen

hervorhebenswerte Besonderheit tatsächlich auch tierische Beispiele: Zu diesen unbedingt erwähnenswerten Sonderlingen gehören die weltweit mit etwa 600 Arten verbreiteten Bärtierchen (Stamm Tardigrada). Die meisten Leser dieser Zeilen werden sie weder je gesehen noch sonstwie von ihnen Notiz genommen haben – fast alle Arten dieser eigenartigen Verwandtschaft sind deutlich unter 1 mm lang und gehören somit bereits deutlich der mikroskopischen Dimension an. Auch wenn sie der üblichen Wahrnehmung damit deutlich entrückt sind, erscheinen sie in unserem hier behandelten Kontext unbedingt erwähnenswert: Bärtierchen tragen ihren Namen zu Recht. Am besten stellt man sie sich als winzige und immer achtbeinige Gummibärchen vor. Sie bewegen sich äußerst langsam und somit recht behäbig. Ihre kurzen Stummelfüße sind ungegliedert, weshalb man sie in der zoologischen Systematik nicht bei den Gliederfüßern (vgl. Kap. 2) einsortiert. Ungeklärt ist indessen die Frage, ob die Tardigraden eine ursprüngliche Ausgangs-

gruppe der Gliederfüßer darstellen oder eine davon stark abgeleitete Sonderverwandtschaft sind.

Bärtierchen kommen weltweit (und meist unerkant) in fast allen Lebensraumtypen vor. In den Minipfützen, die sich auf den herbstlichen Falllaubsschichten am Park- oder Waldboden ansammeln, sind sie ebenso vertreten wie in verstopften Regenrinnen, in wassergefüllten Astlöchern, Moospolstern oder im Sandlückensystem der Küstenboden. Eines ihrer erstaunlichsten Merkmale ist jedoch die Fähigkeit, nahezu komplett austrocknen zu können und in dieser bemerkenswerten Trockenstarre (Ana- bzw. Kryptobiose) eventuell wochen- bis monatelang (oder noch länger) zu verharren. Sie schrumpfen dann zu tönnschenförmigen Gestalten und werden in dieser Form zu staubfeinen Partikeln des Anemoplanktons. Das erklärt ihre bemerkenswert weite Verbreitung in allen möglichen Ökosystemen.

Ungewöhnlich hart im Nehmen

Ausgetrocknet ertragen die Bärtierchen – was experimentell mehrfach überprüft wurde – sogar einen mehrstündigen Aufenthalt in flüssigem Helium (bei $-272\text{ }^{\circ}\text{C}$), eine längere Aufbewahrung in einer reinen CO_2 - oder N_2 -Atmosphäre sowie eine nachweislich bis über 100 Jahre andauernde Trockenstarre bei Lagerung unter Zimmertemperatur. Vergleichbar Erstaunliches kennt man bislang von keiner anderen tierischen Verwandtschaft.

Eines der biochemischen Geheimnisse der total eingetrockneten Bärtierchen ist indessen gelüftet: Die in der Anabiose zur Tönnschenform geschrumpften Individuen enthalten hohe Mengen an dem Disaccharid Trehalose, und von dieser in der Natur nicht allzu häufig vorkommenden Substanz ist bekannt, dass sie als molekularer Spacer das Verkleben der Zellmembranen verhindert.

Übrigens: Aus ihrer gegebenenfalls längeren Trockenstarre kehren die Bärtierchen nach erfolgreicher Wiederbefeuchtung innerhalb von rund 45 min wieder in das aktive Leben zurück.

1.12 Löchern bis zum Untergang

Von Antje Rávic Strubel gibt es eine durchaus lesenswerte *Gebrauchsanweisung für Schweden*. Darin bewundert die Autorin unter anderem das berühmte schwedische Schiff *Wasa*, das den Schweden im Dreißigjährigen Krieg die Seemacht über die gesamte Ostsee sichern sollte. Indessen kam es aber tragischerweise ganz anders, und zwar gänzlich unerwartet und überdies geradezu blamabel, denn: Die reichlich überdimensionierte und offenbar unzureichend austarierte *Wasa* kippte schon bei ihrer Jungfernfahrt 1628 nach einer bemerkenswert kurzen Strecke von wenigen hundert Metern noch im Hafen von Stockholm einfach um und versank hier jämmerlich. Erst Anfang der 1960er-Jahre konnte man dieses sicherlich bedeutende Wrack wieder heben. Mit ziemlich aufwendiger Technik wurde es präpariert und ist heute im überaus besuchswerten Vasa-Museum in Stockholm entsprechend zu bestaunen. Die erwähnte Autorin wundert sich indessen ausgiebig darüber, dass der sonst so gefräßige Schiffsbohrwurm es in fast 300 Jahren nicht geschafft hat, das hölzerne Wrack der *Wasa* auf dem Meeresgrund der Ostsee wirksam zu ruinieren. Aber diese Frage ist rasch geklärt: Die so ruinös wirkenden Schiffsbohrwürmer sind eben typische marine Arten, und Kaltwasserbedingungen mögen sie eben auch nicht. Gerade noch mal im Norden von Rügen benagen sie die Buhnen von Dranske, ertragen aber schon vor Saßnitz östlich der berühmten Rügäner Kreideklippen des Nationalparks Jasmund das hier schon viel zu salzarme Ostseewasser überhaupt nicht mehr. Vor Stock-

holm ist der Salzgehalt sogar noch geringer. Somit konnte der Schiffsbohrwurm überhaupt nicht bis in diese Küstengegend vordringen.

Ein „Wurm“, der gar keiner ist

Aber wie so oft: Der griffige Name täuscht indessen gewaltig, denn diese besondere Tierart ist nämlich absolut kein Wurm, sondern eine stark umgestaltete Muschel. Ihr wurmförmiger Körper ist allerdings bis zu 20 cm lang und trägt nur eine arg reduzierte, nur etwa 1 cm lange zweiseitige Schalenklappe. Viel zutreffender ist daher die zoologisch korrekte Bezeichnung Schiffsbohrmuschel (*Teredo navalis*). Im Unterschied zu den gewöhnlichen Muscheln dienen die beidseitig angebrachten Schalenklappen aber nicht zum Schutz der weichen Körperteile. Die Muschel setzt sie nämlich zum Bohren, Fräsen und Durchlöchern des Holzes von Schiffsplanken, Buhnenpfählen oder Treibgut ein. Hierin fräst dieser seltsame Organismus tatsächlich bis etwa 1 cm Durchmesser erreichende Gänge in das Substrat und kleidet diese mit einer auffälligen weißen Kalkschicht aus. Die Zellulose des unentwegt abgeraspelten Holzes dient ihr als Nahrung. Die zum Aufschluss des sonst für die meisten Tiere gänzlich unverdaulichen Makromoleküls Zellulose benötigten Enzyme – üblicherweise sind es die hochwirksamen β -Cellulasen – stammen vermutlich von Bakterien, die als Symbionten überaus zahlreich im Bereich der Muschelkiemen leben. Etliche Details dieser bemerkenswerten Nahrungsvorliebe sind allerdings immer noch unverstanden. So ist beispielsweise unklar, wie diese wichtigen Enzyme von den Bakterien überhaupt in den Verdauungstrakt der bohrenden Muschel gelangen.

Die seltsame Schiffsbohrmuschel kommt weltweit bis in die gemäßigten Zonen vor. Der Ursprung der Familie

Schiffsbohrwürmer sind die warmen, tropischen Meere. Nur wenige Arten schaffen es tatsächlich bis in die temperierten Meere. Hier erträgt *Teredo* immerhin Temperaturen bis zum Gefrierpunkt und toleriert auch Brackwasserbedingungen bis zu etwa 9 ‰, sodass die Art auch in die Ostsee bis etwa Rügen vordringen kann.

Die Bohrmuscheln sind immer Zwitter. In einem Jahr produzieren sie bis zu 5 Mio. Eier. Die zunächst mikroskopisch kleinen Larven halten sich nur wenige Wochen im Plankton auf und setzen sich dann auf einem geeignet erscheinenden Substrat fest. Nach der Verankerung beginnen sie sofort sich einzubohren. Anfangs ist der Bohrkanal noch dünn, aber schon mit Kalkschichten ausgekleidet. Aus den winzigen Öffnungen zur Außenwelt ragen letztlich nur die beiden Atemschläuche hervor, die ihre Bewohner mit sauerstoffreichem Wasser versorgen. Der Befall eines Holzstücks ist daher von außen kaum zu sehen und tatsächlich erst dann zu bemerken, wenn es mit Sicherheit zu spät ist.

Schon im Altertum gefürchtet

Schon in der Antike waren die von Schiffsbohrmuscheln verursachten Schäden an den hölzernen Schiffsrümpfen der mediterranen Flotten bekannt und äußerst gefürchtet. Die Römer schützten daher ihre Galeeren im Unterwasserbereich mit unangreifbaren Metallblechen oder schleppten die Schiffe für einige Zeit einfach in eine Flussmündung. Deren Süßwasserbedingungen erträgt die Schiffsbohrmuschel überhaupt nicht. Dieses wichtige Wissen ging allerdings im Laufe der Zeit offenbar wieder verloren: Der ansonsten erfolgreiche Seefahrer Christoph Kolumbus berichtet in seinen Logbüchern gänzlich entgeistert, dass seine Schiffe aus zunächst nicht erkennbaren Gründen urplötzlich einfach auseinander brachen. Immerhin: Auf seinen vier historisch bemerkenswerten und auch folgenreichen Reisen verlor er



Das Ergebnis ist immer ruinös: Von Pfählobohrmuscheln zerfressene Buhnenpfähle

dadurch immerhin neun Schiffe. Auch weitere Schadensfälle sind überaus bemerkenswert: In den Niederlanden zernagten die Schiffsbohrwürmer oft genug die hölzernen Deichtore – mit dem üblen Effekt, dass diese, wie etwa im Jahre 1731, bei einer schweren Sturmflut gänzlich überraschend wegbrachen. Außerdem haben sie immer wieder etliche Hafenanlagen geradezu perforiert, was den Handel mit der übrigen Welt zeitweilig doch spürbar einschränkte. Die verbreitete Redewendung „Holland in Not“ führt man heute auf die muschelbedingte Zerstörung von Hafenanlagen zurück und nicht (nur) auf die sicherlich nicht minder katastrophalen Sturmfluten.

2

Gliederfüßer – eine ganz geheimnisvolle Großmacht



Arthropoden oder Gliederfüßer nennen die Zoologen die enorm artenreichen Verwandtschaftsgruppen der Insekten, Krebse, Spinnen, Tausendfüßer sowie einiger weiterer Unterstämme bzw. Klassen. Ebenso zutreffend könnte man sie auch als Gliedertiere bezeichnen, denn bei den meisten Vertretern ist der Körper zumindest in einen Kopf-/Brustteil (Cephalothorax) und einen davon abgesetzten Hinterleib (Abdomen) unterteilt. Ein Insektenkörper besteht dagegen immer aus drei getrennten Teilen, nämlich Kopf, Brust (mit den daran ansetzenden Flügeln und Beinen) sowie Hinterleib. Weil diese Körperregionen voneinander klar abgesetzt sind, haben sie dieser Tierklasse sogar den Namen „Insekten“ eingetragen – abgeleitet vom lateinischen *insecare* = einschneiden. Eine leicht antiquierte Bezeichnung benennt sie daher auch als Kerbtiere oder – heute allerdings weithin unverständlich – als Kerfe.

Natürlich gehören auch die Gliederfüßer zu den Wirbellosen, aber mit ihrer geradezu gigantisch großen Artenfülle verdienen sie auf jeden Fall ein eigenes Kapitel. In dieser kaum zu überblickenden Verwandtschaft finden sich erwartungsgemäß neben Morphologien mit faszinierender Form- und Farbgestaltung natürlich auch jede Menge Fallbeispiele mit höchst eigenartigen Lebensentwürfen. Der berühmte französische Entomologe Jean-Henri Fabre (1823–1915) hat ihnen gar das 10-bändige Werk *Souvenirs entomologiques* gewidmet. Da fällt die allenfalls begrenzt mögliche Auswahl nur für ein Kapitel in diesem Buch verständlicherweise schwer, versucht aber dennoch ein paar interessante Schlaglichter zu setzen. Das Leben einer scheinbar belanglosen Blattlaus birgt eben genauso viele mitteilenswerte Sachverhalte wie die fast ans Wunderbare grenzenden Tarn- und Warnkleider vieler anderer Insekten, die entweder wie harmlose Pflanzenteile aussehen oder sofort für Alarmstimmung sorgen. Lassen Sie sich überraschen.



Klein, aber mein: Viele (extrem bunte) Krabben in der Gezeitenzone der Mangroven nehmen in leeren Schneckenhäusern Wohnung – ähnlich unseren heimischen Einsiedlerkrebsen

2.1 Wie Käfer ihre Flügel falten

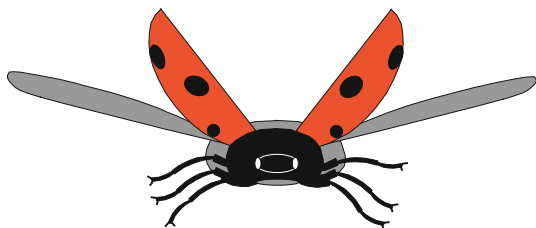
Einen fliegenden Marienkäfer oder gar einen Maikäfer hat gewiss jede(r) schon einmal live erlebt: Mit leisem bzw. – je nach Größe – auch lauterem Gebrumm sind die Tiere relativ behäbig in der Luft unterwegs und setzen mit gekonnter Navigation irgendwo zur Landung an. Wie (fast) alle Insekten besitzen auch die Käfer zwei Flügelpaare. Während des Fluges werden aber nach typischer Käfermanier die harten, weil stark sklerotisierten Flügeldecken (Vorderflügel, Elytren) schräg nach vorne und nach oben abgespreizt, während nur die dünnen häutigen und viel größeren Hinterflügel als die eigentlichen Flugorgane im Einsatz sind.

Jetzt aber wird es spannend: Unmittelbar nach der Landung vollzieht sich nun ein meist nur wenig beachtetes, aber

einzigartiges Manöver: Der sitzende Käfer klappt seine harten Elytren herunter, und nur für ein paar kurze Augenblicke schauen am Hinterende die gewöhnlich dunkelgrauen Zipfel der Flugflügel hervor. Schließlich rutschen auch diese rasch unter die Elytren, und der Käfer sitzt in seiner vertrauten Gestalt auf dem angesteuerten Zielpunkt. Der letzte Akt der Landung ist mindestens so faszinierend wie die bewundernswerte Flugleistung. Es stellt sich jetzt nämlich die Frage, wie eigentlich der Käfer die relativ großen häutigen Flügel unter den deutlich kleineren Elytren verstaut.

Bei anderen ist es einfacher

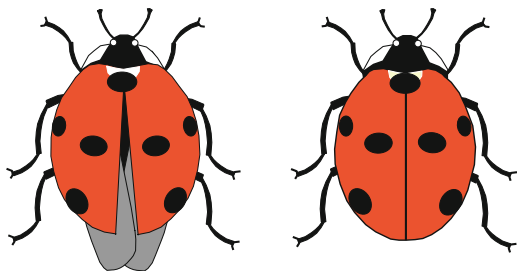
Bei vielen anderen geflügelten und deshalb flugfähigen Insekten stellt sich das Problem der Flügelverpackung so gar nicht. Bienen und Wespen fliegen mit ihren ausgebreiteten vier Flügeln, von denen jeweils der kleinere Hinterflügel mit dem größeren Vorderflügel verhakt ist und deshalb mit diesem synchron schlagen kann. Wenn diese Vertreter der Hymenopteren landen, klappen sie die Flügelpaare einfach ein und legen sie über dem Hinterleib aufeinander. So verschlanken sich die Bienen, können dann konsequenterweise bequem das Flugloch des Bienenstocks passieren und sich auch relativ hemmungslos zwischen den engen Waben bewegen, ohne die zarten Flügel zu beschädigen. Auch beim zuvor erledigten Blütenbesuch lagen die Flügel in Ruhestellung über dem Abdomen. Wespen und Hornissen falten beim Zurücklegen die Flügel sogar einmal entlang deren Längsachse, weshalb man sie korrekterweise zur Familie der Faltenwespen zählt. Die meisten Fliegen legen ihre beiden Vorderflügel – ihre Hinterflügel sind zu Schwingkölbchen stark reduziert und nicht mehr flächig entwickelt – nach hinten flach und sehen dann im Umriss dreieckig aus wie ein abgestellter Kampfjet. Die meisten Nachtschmetterlin-



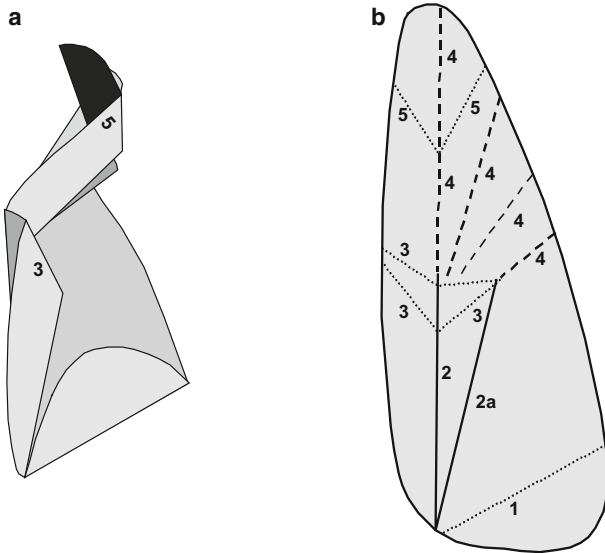
Käfer fliegen nur mit ihren häutigen Hinterflügeln. In Flugposition bleiben die harten Flügeldecken nach oben geklappt. Während des Streckenfluges sind die Beine allerdings angewinkelt – das dargestellte Exemplar befindet sich im Landeanflug

ge legen ihre vier Flügel in Ruhestellung über dem Körper zusammen. Die Tagfalter klappen ihre Flügel, bei denen die Vorder- und Hinterflügel ebenfalls jeweils miteinander verbunden sind, über dem Rücken zusammen und lassen sie aufgerichtet stehen.

Unter biomechanischen Aspekten erscheint als besondere technische Schwierigkeit bei den Insekten mit Faltpflügeln die Tatsache, dass sie keine Zapfen-Drehgelenke oder vergleichbare Konstruktionen aufweisen, wie man dies von ihren Gliederbeinen her kennt. Insektenflügel sind tatsäch-



Nach der Landung schauen die Spitzen der häutigen Flügel noch für einen kurzen Augenblick unter den bereits heruntergeklappten Elytren hervor (*links*). Dann sehen die Marienkäfer so aus, wie man sie kennt



a So liegt der rechte häutige Käferflügel unter der Flügeldecke – eine offenkundig vielfältige Angelegenheit. **b** Kopiervorlage für Bastelfreudige. Zuerst wird der runde Lappen um die *Linie 1* nach unten umgeklappt. Im nächsten Schritt klappen die S&S die obere Flügelhälfte um die *Linie 2+4* auf die Flügelfläche und anschließend wieder zurück. Die *Linie 2a* wird gegenläufig geknickt. Die *Linien 3* werden so geknickt, dass das von ihnen begrenzte Dreieck nach vorn zwischen die *Linien 2* und *2a* eingefaltet werden kann. Die *Linien 4* werden abwechselnd nach oben und unten gefaltet. Die Flügelspitze wird um die *Linien 5* nach vorn geknickt

lich nur Ausstülpungen des Chitin-Außenskeletts und bestehen – in fertig ausgebildetem Zustand – aus einer doppelten zarten Chitinlage, durch die als stabilisierende Leisten zahlreiche hohle Flügeladern ziehen. Genau genommen sind dies Tracheenäste, neben denen jeweils ein Nerv verläuft. Insektenflügel enthalten dagegen keine Muskeln. Das Falten erfolgt allein entlang der Flügeladern mithilfe von Muskeln, die alle im Brustteil der Tiere liegen. Die faltbaren Insektenflügel sind somit höchst raffinierte Gebilde.

Die jeweiligen Knickstellen (Plikaturen) sind festgelegt – die dünnhäutigen Felder zwischen den Adern legen sich also nicht jedes Mal zufällig in andere Falten wie die Stoffanteile eines zusammengeklappten Regenschirms. Das Zusammenfalten und das erneute Entfalten beim Start verläuft demnach über einen komplizierten Mechanismus, den man allenfalls mit dem Seilzug eines großen Sonnenschirmes oder einer Wäschetrockenspinne vergleichen könnte.

Die weitaus raffiniertesten Verpackungskünstler für Flügel sind die Ohrwürmer (*Forficula auricularia*, Ordnung Dermaptera) sowie die Kurz(deck)flügler (Familie Staphylinidae) unter den Käfern. Ihre Vorderflügel sind zu sehr kleinen Schuppegebilden reduziert. Die Hinterflügel sind halbrunde, fächerförmige und zarthäutige Gebilde, die – mehrfach zusammengelegt – unter den winzigen Deckflügeln verstaut werden. Im Vergleich dazu mutet der recht übersichtliche Mechanismus des Faltdaches eines Cabriolets geradezu primitiv an.

2.2 Schauriges: Wie fliegt denn eine Mücke im Regen?

Das werden wir fast jeden Sommer sicher häufig genug erleben, denn es gehört einfach zum normalen Wettergeschehen: Ein paar blaue Stellen am Morgenhimmel deuten zunächst zaghaft einen halbwegs sonnigen Tag an, aber wenig später tropft es schon wieder heftig und gegebenenfalls auch ungemütlich anhaltend. Obwohl Wasser für die Natur einfach unentbehrlich ist, mögen auch viele Tiere solches Wetter übrigens auch nicht. Sie sitzen oder stehen dann eher lustlos herum. Größere Insekten wie Hummeln und Schmetterlinge suchen sich bei solchen Gelegenheiten einen einigermaßen trockenen Unterschlupf z. B. unter größeren Blüten oder Blättern. Nicht so die Mücken und andere ge-

flügelte Kleininsekten – sie fliegen tatsächlich einfach weiter. Viele von ihnen sind dabei so unglaublich geschickt, dass man ihnen glatt einen komplizierten Slalomflug zwischen den einzelnen Regentropfen zutraut. Aus der Nähe betrachtet stellt sich die Sache jedoch überraschend anders dar.

Wenn die Regentropfen buchstäblich aus allen Wolken fallen, schieben sie die Luft unter sich ein wenig zur Seite – vergleichbar der Bugwelle eines Schiffes im Fahrwasser. Diese Druckwelle schubst genügend kleine und somit ziemlich leichte Lebewesen einfach weg. Sie bleiben also definitiv trocken. Selbst im Falle einer direkten Kollision wird das fliegende Kleininsekt nicht nass, denn es durchdringt ja nicht das Oberflächenhäutchen des Tropfens.

Nur eine kurze Ablenkung

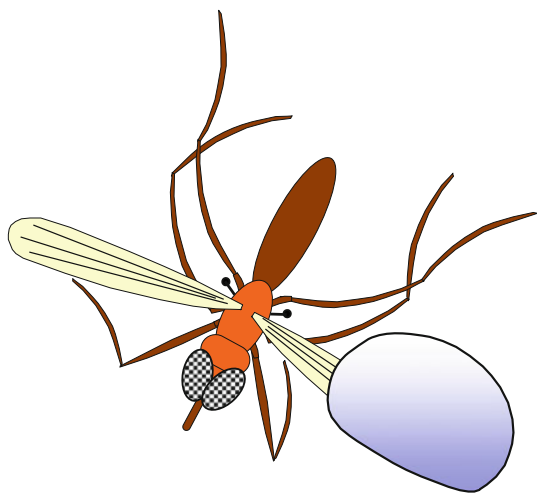
Regentropfen sind zwar nur ungefähr so groß wie eine Stechmücke, weisen aber eine 2- bis 5-mal größere Masse auf. Während des Fluges macht der Mücke aber selbst ein ziemlich großer Regentropfen erstaunlicherweise gar nichts aus. Trifft etwa ein Tropfen auf einen Flügel, wird das Insekt nur kurz abgelenkt, taumelt vielleicht ein wenig zur Seite, fängt sich aber augenblicklich wieder und fliegt geradewegs weiter, als wäre nichts gewesen. Fällt der Tropfen auf den Körper und damit in das Massezentrum des fliegenden Tieres, wird es kurz nach unten gedrückt, weicht aber mit wenigen schnellen Flügelschlägen seitlich aus und richtet sich erneut in die normale Fluglage aus. Gefährlich wird es nur, wenn die Mücke sehr dicht am Boden fliegt. Dann könnte ein Regentropfen tatsächlich zur Fliegenklatsche werden.

Beim Auftreffen überträgt ein Regentropfen nur sehr wenig seiner kinetischen Energie, aber er beschleunigt das

fliegende Insekt kurzfristig sehr stark – erstaunlicherweise mit der 100- bis 300-fachen Erdbeschleunigung. Das relativ starre Chitinskelett auch eines kleinen Insekts kann diesen Druck jedoch folgenlos verkraften. Es würde tatsächlich erst bei einem 10-fach stärkeren Druck zerbrechen.

Nur Nebel legt sie lahm

Wie bei allen Zweiflüglern ist auch bei Mücken das ursprünglich vorhandene rückwärtige Flügelpaar zu Schwingkölbchen (Halteren) umgebildet. Während des Fluges schwingen diese mit hoher Frequenz und liefern dem Insekt wichtige Informationen über seine Raumlage und – vergleichbar einem Kreiselkompass – über Drehbewegungen. Bei dichtem Nebel setzen sich mengenweise feinste Nebeltröpfchen auf den Halteren fest und behindern sie so



Sie taumelt zwar, wenn sie ein Tropfen trifft – aber tragisch endet der Aufprall gewöhnlich nicht

stark, dass die Mücke irgendwo besseres Flugwetter abwarten muss.

2.3 Grüne Inseln im bunten Herbstlaub

Fantastisch; In den Herbstwochen verzaubern die Wald- und Parkbäume uns mit einem gigantischen und bewundernswerten Farbspektakel. Das ist jedoch nicht nur eine besonders theatralische Inszenierung, denn darin drückt sich tatsächlich eine raffinierte Materialbewirtschaftung aus: Vor allem die Moleküle des wichtigen Blattfarbstoffs Chlorophyll stellen nämlich eine wichtige Ressource dar, denn ein jedes von ihnen enthält vier gebundene Stickstoffatome. Diesen energetisch wertvollen Vorrat verabschieden die laubwerfenden Bäume aber nun nicht einfach als Einweggut, sondern bauen die grünen Pigmente schrittweise ab und speichern sie bis zum Wiederabruf beim Ergrünen im folgenden Frühjahr in ihren ast- bzw. stamminternen Vorratsgeweben. Die herbstliche Umfärbung ist mithin eine bewundernswert effiziente Stoffrückrufaktion.

Beim genaueren Hinsehen entdeckt man fallweise allerdings Auffälliges: In den weitgehend umgefärbten und dann meist kräftig gelben bis bräunlichen Blättern von Ahorn, Birke, Buche und Eiche, die bereits geraume Zeit am Boden liegen, finden sich immer wieder kleine Blattinseln in sommerlich frischem Grün. Noch genaueres Hinsehen liefert den Schlüssel zu diesem Phänomen: Zu jeder dieser meist nur etwa fingernagelgroßen grünen Blattinseln gehört der schmale Fraßgang einer minierenden Insektenlarve. Den entdeckt man sogleich, wenn man das so seltsam ungleich verfärbte Blatt im Gegenlicht betrachtet. Oft ist dann auch noch ihr winziger Bewohner zu entdecken.

Folgenreiche Störung

Offensichtlich bringen die im Blattgewebe minierenden Insektenlarven den normalen Lebensrhythmus der betroffenen Blattregion völlig durcheinander. Beim ruinösen Durchtunneln des saftigen grünen Blattgewebes zerstören die umsatzfreudigen Insektenlarven unter anderem auch die feinen Stoffleitbahnen, welche die gesamte Blattfläche als reich verästeltes Ader- bzw. Netzwerk durchziehen. Dabei trennen sie kleinere Blattareale von den stofflichen Signalflüssen der übrigen Blattbereiche kurzerhand ab. So können sich beispielsweise die steuernden Pflanzenhormone nicht mehr gleichmäßig über die gesamten Blattgewebe ausbreiten, denn die herbstliche Blattumfärbung wird von solchen hochwirksamen Signalstoffen koordiniert. Die solchermaßen isolierten Gewebebezirke bekommen also den entscheidenden Hinweis zum Blattgrünabbau und zu sonstigen stofflichen Rückzugsmanövern gar nicht mehr mit. Solche indirekten Eingriffe in die stofflichen Betriebseinsläufe eines Laubblattes wären an sich schon raffiniert genug, aber die Larven setzen sogar noch eins drauf: Sie geben nämlich ihrerseits pflanzenwirksame Signalstoffe ab, die den Blattgrünabbau wirksam blockieren. Im Klartext: Eine kleine Insektenlarve produziert demnach artspezifische Phytohormone und greift damit gezielt sowie erfolgreich in den Stoffwechselbetrieb ihrer Tunnelanlage ein.

Verlängerte Frischfuttermversorgung

Für die im Blatt minierenden Insektenlarven hat dieser Effekt eine enorm praktische Konsequenz: Die grünen Inseln bieten ihnen nämlich noch weit in die Herbstwochen hinein jede Menge appetitliches Frischfutter. Gewöhnlich arbeiten im grünen Blattgewebe die Raupen der Zwergmotten



Trickreich sichern sich die in Buchenblättern minierenden Raupen der Zwergmotten bis weit in den Herbst hinein ihre Frischfutterversorgung

(Gattung *Nepticula*), der kleinsten europäischen Schmetterlinge. Die im Blattgewebe angelegten Fraßgänge zeichnen gleichsam ihre gesamte Biographie nach. Mit zunehmender Größe der Raupen wachsen auch die Durchmesser der verschlungenen Futtergänge und liefern somit ein augenfälliges Maß für den zunehmenden Appetit der Tiere. Schon mit etwa 2 bis 3 mm Länge ist die Zwergmottenraupe erwachsen. Sie verlässt dann ihre grüne Speisekammer und verpuppt sich im Boden. Wenn sie schon vorher mit ihrem durchtunnelten Blatt zu Boden ging, bleibt ihr sogar ein mutiger Sprung aus luftiger Höhe erspart.

2.4 Flitzer auf Flügeln – die flinke Fliege im fahrenden ICE

Die diversen Versionen (1–5) des zweifellos schicken Intercity Express (ICE) sind – wenn sie denn überraschenderweise einmal fahrplanmäßig verkehren sollten – die schnellsten Paradedepferde der Deutschen Bahn (DB). Abschnittsweise, aber eben nur auf speziell dafür ausgelegten Neubaustrecken, schießen sie mit etwa 300 km/h durch die Region. Die jeweils einbettende Landschaft ist dabei als solche jedoch kaum noch wahrzunehmen. Da mag Ihnen die Lektüre eines unterhaltsamen Buches (zum Beispiel gerade dieses ...) oder notfalls einer Zeitung zu Recht wesentlich kurzweiliger und ergiebiger erscheinen. Oder auch die Beobachtung einer mitreisenden Stubenfliege, die Sie so vielleicht noch nie betrachtet haben.

Fahrgast Fliege

Sicherlich gehört eine Stubenfliege zu den eher ungefragten Passagieren im ICE-Großraumwagen. Ganz ungeniert zieht sie nämlich auch hier fortan und wie gewohnt ihre Flugbahnen. Dieses höchst kommune, meist aber nicht besonders bestaunte, aber dennoch bewundernswerte Wesen ist unter den Insekten so etwas wie der erfolgreiche Kulturfolger schlechthin. Es trägt sicherlich zu Recht den wissenschaftlichen Namen *Musca domestica* (wörtlich: die häusliche Fliege). Stubenfliegen sind tatsächlich weltweit verbreitet und selbst in unserem Klima während des größten Teils des Jahres aktiv. In Deutschland umfasst ihre engere Verwandtschaft immerhin etwas über 300 Arten; weltweit sind es nach bisherigem Kenntnisstand sogar ungefähr 4000. Vor allem die geradezu extrem häufige Große Stubenfliege begibt sich gerne auf unentwegte Rundkurse um Lampen oder

andere Einrichtungsgegenstände der Wohnung und landet geradezu hemmungslos überall, auf dem Kopf des heftig Nachdenkenden ebenso wie zum Entsetzen des genervten Erste-Klasse-Fahrgastes auf dem gerade frisch servierten Käsebrötchen. Die Stubenfliegen (und auch die im ICE) sind allerdings auf menschliche Nähe nur eher indirekt angewiesen – ihre Larvenentwicklung läuft vorzugsweise in den warmen Misthaufen vor Bauernhöfen innerhalb nur einer Woche ab.

Wie lästig ...

Zu Hause in der Wohnung und ebenso im ICE sind Stubenfliegen aus mancherlei Gründen keine besonders gern gesehenen Gäste. Sie gelten eben als Lästlinge, weil sie sich nur mit ziemlich mäßigem Erfolg verscheuchen lassen und partout immer dorthin zurückkehren, wo sie wenige Augenblicke zuvor zum betonten Ärgernis wurden. Überaus erstaunlich ist jedoch, wie unfassbar reaktionsschnell sich eine Fliege aus praktisch jeder bedrohlich erscheinenden Lebenslage in Sicherheit bringt – ein minimaler Schatten oder erst recht ein leichter Luftzug lösen augenblicklich ein meist verblüffend erfolgssicheres Ausweichmanöver aus: Die zur Attacke ausholende Hand trifft also fast immer ins Leere. Schon allein wegen solch fortgesetzten Verdrusses hat die Fliege so gut wie keine Chance, zu einem echten Sympathieträger zu werden, obwohl sie nun wirklich ein ganz besonderes Tier ist.

Bauchlandung in Rückenlage

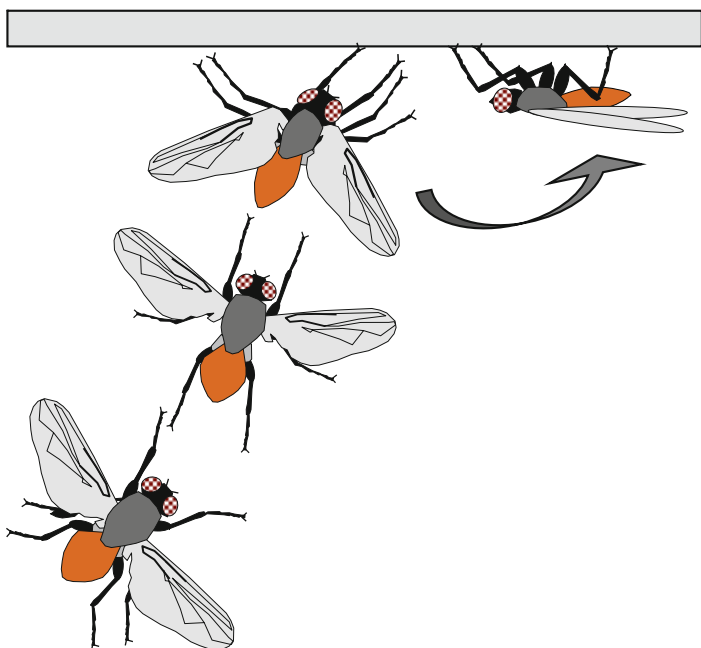
Zumindest hätte sie nämlich eine gewisse Bewunderung verdient, denn ihre fliegerischen Leistungen stellen jeden noch so tollen Kunstflugakrobaten vollends in den

Schatten. Das mit Abstand absolut hervorhebenswerte Parademanöver einer Stubenfliege ist vor allem die Landung an der Zimmerdecke. Die dabei ablaufenden Einzelbewegungen folgen indessen so rasch aufeinander, dass das menschliche Auge die flugtechnischen Details zeitlich gar nicht auflösen kann. Nur die bewundernswerten Serien ultraschneller Blitzlichtaufnahmen, wie sie erstmals dem britischen Naturfotografen Stephen Dalton vor wenigen Jahren gelangen, konnten die Einzelheiten analysierbar genauer festhalten. Danach erfolgt der Landeanflug aus der Normallage in leicht ansteigendem Winkel von etwa 45° gegen den angepeilten Aufsetzpunkt an der Decke. Das vorderste Beinpaar, im Streckenflug sonst eng angewinkelt, streckt sich nunmehr weit nach vorne und erhält somit als Erstes den Zimmerdeckenkontakt. Die beiden feinen Greifhäkchen an jedem der Fliegenfüße rasten nun an irgendeiner minimalen Unebenheit der Decke ein und hängen das Tier zunächst wie an einem Reck auf. Der restliche Schwung vom Anflug lässt auch die zweiten und dritten Fußpaare auf vergleichbare Weise rasch und sicher verankern. Die gesamte Landung gleicht demnach einem halben Salto rückwärts – die Fliege sitzt nämlich anschließend mit dem Kopf gegen die ursprüngliche Flugrichtung. Und noch etwas ist erstaunlich: Die Haftung an der gewählten Oberfläche ist eine durchaus vorübergehende. Selbst die Fliege auf der nach unserem Empfinden extrem glatten Fensterscheibe kann – aufgescheucht – ihren Sitzplatz zuverlässig und zudem augenblicklich verlassen. Wie diese „Gesellschaft mit beschränkter Haftung“ im molekularen Rahmen tatsächlich funktioniert, ist gegenwärtig ein intensiv bearbeiteter Gegenstand der Grundlagenforschung. Auf deren Ergebnisse darf man sicherlich gespannt sein.

Wie schnell ist sie denn wirklich?

Nun lassen Sie die eventuell lästige, aber flugtechnisch durchaus fantastische Fliege mal ungehindert ihren Kurs durch den Großraumwagen nehmen. Ist sie jetzt – vorausgesetzt, sie fliegt in Fahrtrichtung – schneller als der ICE oder tatsächlich nur so schnell wie der unentwegte Lampenumkreiser zu Hause?

Die zutreffende Antwort hängt wie immer vom gerade betrachteten Bezugssystem ab. Bezogen auf den ICE-Großraumwagen ist die Fliege natürlich mit ihrer normalen Fluggeschwindigkeit unterwegs. Die beträgt, wenn das Insekt keine betonte Eile entwickelt, rund 7 km/h. In Bezug



Bauchlandung in Rückenlage – mit einem halben Salto rückwärts und Parkposition entgegen der ursprünglichen Flugrichtung

auf einen Beobachter neben der ICE-Trasse in der freien Landschaft, die der Zug gerade durchrast, gilt allerdings das sogenannte und geradezu klassische Newton'sche Additionstheorem: Die Fliege ist demnach tatsächlich mit $300 \text{ (ICE)} + 7 \text{ km/h (Fliege)}$ unterwegs und damit klar ein wenig schneller als der Zug selbst. Kehrt sie übrigens um und fliegt gegen die Fahrtrichtung, ist sie natürlich entsprechend langsamer. Solange der ICE mit gleichbleibender Geschwindigkeit fährt und nicht gerade in eine Kurve biegt, bekommt die Fliege das Newton'sche Theorem übrigens gar nicht zu spüren. Nur beim Beschleunigen oder Bremsen des Zuges muss sie die eigenen Flugmanöver entsprechend anpassen. Aber selbst eine bremsbedingt ziemlich unsanfte Landung an der nächsten gläsernen Abteiltür, bei der sich physikalisch gesehen die Impulse beider bewegter Körper gnadenlos addieren, können der Fliege nichts anhaben. Ihr erstaunlich flexibler Chitinpanzer kann nämlich eine Menge wegstecken. Nur die erbarmungslose Fliegenklatsche wird ihr zum Verhängnis.

2.5 Die Bienenwohnung im Schneckenhaus

Wenn von Bienen die Rede ist, denkt man fast automatisch an die Honigbiene und die Imkerei, die uns den köstlichen Honig für das Frühstücksbrötchen bereitstellt. Die heimische Bienenverwandtschaft umfasst aber weitaus mehr Arten: In Mitteleuropa kommen immerhin etwas mehr als 700 Arten von Wildbienen vor, von denen viele sehr eigenartige bis ausgesprochen ausgefallene Lebensweisen praktizieren. Nur wenigen Naturbeobachtern sind sie zumindest vom Anblick her einigermaßen vertraut, auch wenn die aktuelle Naturschutzbewegung bei vielen Gartenbesitzern sowie öffentlichen Einrichtungen (Kindergärten, Schulen

u. a.) die Aufstellung von Insektenhotels initiiert hat, die generell gerne von bestimmten Arten unserer Wildbienen bezogen werden. Einige Arten der Mauerbienen wird man allerdings nie als Untermieter in den gut gemeinten Insektenhotels antreffen, denn sie bauen ihre Nester ausschließlich und stets in leere Schneckenhäuser. Alle heimischen Arten mit dieser bemerkenswert ausgefallenen Vorliebe gehören zu den Bauchsammlerbienen (Familie Megachilidae) – sie unterscheiden sich von den übrigen Bienen dadurch, dass sie den Pollen nicht wie üblich an der Außenflanke ihrer Hinterbeine transportieren, sondern mit einer besonderen Bauchbürste auf der Unterseite ihres Hinterleibs sammeln. Sämtliche Arten dieser Verwandtschaft leben solitär.

Die in leeren Schneckenhäusern siedelnden Arten bezeichnet man zutreffend als helicophil, also schneckenliebend – es sind die sechs Arten der Gattung *Osmia* (Mauerbienen). Davon ist die nur etwa 10 mm lange Zweifarbige Mauerbiene (*Osmia bicolor*) in Mitteleuropa bis etwa zur Nordgrenze der Mittelgebirge verbreitet und nicht allzu selten. Insofern ist auch ihr Verhalten sehr gut erforscht. Die übrigen Arten gelten eher als selten, und folglich weiß man von ihrer sicherlich ausgefallenen Brutbiologie noch nicht allzu viel.

Die Suche nach dem passenden Eigenheim

Schon im Vorjahr haben die markant schwarz-rot gezeichneten Weibchen leere Schneckenhäuser gesucht und gegebenenfalls bezogen. Bevorzugte Leerwohnungen sind die mittelgroßen Gehäuse von Schnirkelschnecken (*Cepaea* spp.) und einiger anderer heimischen Landschnecken. Die meist viel zu großen Gehäuse der Weinbergschnecken (*Helix pomatia*) werden meist nicht akzeptiert. Ab März inspizieren die eher unauffällig braunen Männchen ver-

dächtige Schneckenhäuser, um sich mit den hier bereits längere Zeit residierenden Weibchen zu paaren. Wenige Wochen später – meist in der Monatswende April/Mai – beginnen diese mit dem Nestbau. Sie zwängen sich in Rückenlage unter das leere Schneckenhaus und strampeln mit den Beinen so lange, bis die Gehäuseöffnung seitlich liegt oder leicht nach unten geneigt ist. Sodann bereitet das Weibchen aus zerkauten Blättern (offenbar nur von bestimmten Rosengewächsen wie Wald-Erdbeere oder Wiesenknopf) eine breiige Masse und verteilt diese über das ausgewählte Schneckenhaus, sodass dieses zuletzt perfekt tarnfarben grünlich gesprenkelt aussieht. Nun folgt die Proviantierung der hergerichteten Wohnung. *Osmia bicolor* trägt mit etwa 40 Versorgungsflügen eine ordentliche Portion Pollen ein, deponiert diese in den oberen Gehäusewindungen und legt ein Ei in diese Brutzelle. Dann verschließt sie den Gehäuseeingang mit kleinen Erdbröckchen oder Steinen. Zuletzt häuft sie über dem so bestückten Eigenheim zur perfekten Tarnung auch noch kurze Grashalme, Koniferennadeln oder anderes pflanzliches Kleinmaterial zu einem bis zu faustgroßen Gebilde an, sodass die fertige *Osmia*-Wohnung im Schneckenhaus gewöhnlich kaum zu entdecken ist. Damit ist der durchaus aufwendige Job des Weibchens erledigt.

Der weitere Gang der Dinge

Die aus dem einzigen Ei schlüpfende Larve spinnt sich nach Aufzehren der Pollenvorräte in einen festen Kokon ein, verpuppt sich darin im Laufe des Hochsommers und schlüpft als fertige Biene zum Sommerende. Sie verbleibt aber vorerst bis zum nächsten Frühjahr im Kokon. Erst dann öffnet sie portionsweise den Verschluss des Schneckenhauses, und der Zyklus mit seinem beachtlich komplexen Verhal-

tensrepertoire beginnt erneut. Eventuell kommt es zu einer Nachnutzung der nunmehr leeren Bienenwohnung durch die Folgegeneration.

Naturschutztipp: Wirksame Hilfe

Wildbienenhotels werden heute in vielen Gartencentern angeboten, aber nicht immer sind sie mit geeignetem Nistmaterial bestückt. Völlig unsinnig ist vor allem das Angebot leerer Schneckenhäuser (vor allem der Weinbergschnecke), denn die werden garantiert nie genutzt. Die in der heimischen Wildbienenfauna allein helicophilen *Osmia*-Arten beziehen tatsächlich ausschließlich am Boden liegende Leergehäuse. Mit dieser ausgeprägten Vorliebe kann man ihnen allerdings vor allem im eigenen Garten wirksam entgegenkommen. Bei den allfälligen Arbeiten auf den Gartenbeeten wird man immer wieder einmal Leergehäuse der



Zweifarbige Schneckenhaus-Mauerbiene in voller Aktion bei der Inspektion ihrer Wohnung

Garten-Schnirkelschnecke (*Cepaea hortensis*, mit heller Umrandung der Gehäusemündung) oder der Hain-Schnirkelschnecke (*Cepaea nemoralis*, mit dunklem Rand an der Gehäusemündung) finden. Diese sollte man irgendwo fernab der Gartenwege auf dem Boden deponieren, wo sie nicht zertreten oder durch nachfolgende Gartenarbeiten ständig beeinträchtigt werden. Mit großer Wahrscheinlichkeit wird sich hier ein ob der vorgefundenen Leerwohnung beglücktes Weibchen der Zweifarbigen Mauerbiene oder einer anderen Art mit vergleichbarer Lebensweise einfinden.

2.6 Ab in die Mitte – und direkt ins Verhängnis

Kein Gastronomiebetrieb kommt ohne einladend wirkende Reklame aus. Selbst eine Kneipe benötigt ein werbewirksames Aushängeschild mit der unentbehrlichen Aufgabe der Besucherlenkung. Aus exakt dem gleichen Grunde sind auch die ursprünglich völlig unauffälligen, weil nur mit dem Wind und selten mit dem Wasser als Mittel der Pollenausbreitung arbeitenden Blüten zu ungemein attraktiven Blumen geworden: Diese erregen mit allerhand optischen (und auch duftenden) Mitteln Aufmerksamkeit und richten damit besondere Signaladressen an ihre potenziellen Besucher bzw. Bestäuber. Fast könnte man behaupten, dass die blumigen Blütenpflanzen die plakative Werbung erfunden haben.

In unseren Breiten sind im völlig unentbehrlichen Bestäuberjob fast ausschließlich Insekten tätig. Sie erlernen individuell aus Erfahrung, welche Blüte besonders ergiebige Nektar- und/oder Pollenvorräte im Schilde führt. Farbwert und Farbsättigung der Blüten sind dabei besonders relevante Größen. Bezeichnenderweise sind in Europa die spektral

reinen Rottöne deutlich unterrepräsentiert, weil sehr viele Blütenbesucher unter den heimischen Insekten erwiesenermaßen rotblind sind. In tropischen Regionen sind dagegen Rotblüher prozentual wesentlich häufiger, weil ihre Signalempfänger unter anderem die besonders rottüchtigen Nektarvögel oder Kolibris sind.

Die Zielscheibe als Funktionsprinzip

Allein ein heftig-intensiver Farbkleck auf sonst beliebig neutralgrünem Hintergrund macht einen potenziellen Blütenbesucher allerdings kaum neugierig. Die Gesamterscheinung einer Blüte ist bei genauerem Hinsehen deswegen deutlich mehr als nur ein simpler farbgesättigter Blickfang oder visueller Aufreißer. Blüten versorgen ihre potenziellen Besucher nämlich gerade im optisch-visuellen Bereich mit allerhand nützlichen Zusatzinformationen. Anstelle eines nur plakativ wirkenden und ansonsten weitgehend undifferenzierten Farbflecks zeigen fast alle Blüten bei näherem Hinsehen ausfärbungsbedingt spezielle Muster, die allesamt besondere Signalfunktionen übernehmen.

Wer durstig bzw. hungrig ist und hoffnungsfroh ein Gasthaus ansteuert, möchte verständlicherweise nicht lange nach dessen Eingang suchen müssen. Diese lenkende Minimalinformation bietet fast jede Blüte aber wie selbstverständlich dem anfliegenden Insekt. Eine hochwirksame Lenk- und Landehilfe ist dabei vor allem die durch unterschiedliche Ausfärbung kontrastbetonende Unterscheidung zwischen dem Blütenzentrum und dem Blütenrand. Nahezu alle insektenbestäubten Blüten färben ihre für die Besucher ausschließlich interessante Mitte entweder deutlich heller oder wesentlich dunkler aus als die umgebenden Randbereiche. Beispiele aus den radförmigen Blütenkonstruktionen sind unter anderem Gauchheil, Leberblüm-

chen, Malven, Rosen, Storchschnabel und Vergissmeinnicht. Von den zweiseitig symmetrischen Blütenmodellen wären etwa zu nennen die Ehrenpreis-Arten, ferner Fingerhut, Rittersporn, Veilchen und Vogel-Wicke. Was man so bei den heimischen Wildpflanzen beobachten kann, gilt natürlich auch bei Garten- und Zierpflanzen. Schauen Sie sich mal in Ihrem Garten um.

Gelenkt über ein solchermaßen wirkames Kontrastprogramm wird das anfliegende Insekt zuverlässig und immer zielgenau in das Blütenzentrum geführt, wo sich üblicherweise der Zugang zu den offen oder verborgen präsentierten Nektarvorräten sowie zum Pollenangebot befindet. Während also die Gesamtblüte oder fallweise auch ein ganzer Blütenstand mit ihrer enormen Farbigkeit eher wie eine Leuchtreklame mit heftiger Fernwirkung erscheinen, dienen die genaueren Blütenmuster jeweils der Feinnavigation ihrer Besucher im Nahbereich. Farbkontraste zwischen innen und außen bzw. Mitte und Rand sind dazu ein außerordentlich wirksames Mittel, wie schon allein der kritische Selbstversuch bestätigt: Fast selbstverständlich werden auch unsere Blicke zuverlässig zum geometrischen Mittelpunkt einer Blüte hingezogen, wie etwa die besonders farbinintensiven Primel-Hybriden oder das bunte Sortenbild von Stiefmütterchen zeigen. Und interessant genug: Von den vielen blütenbesuchenden Vertretern verschiedener Verwandtschaftsgruppen der Insekten kennen oder lernen alle das plakative Erscheinungsbild lohnenswerter Blüten oder Blütenstände: Käfer kommen nur, um hier das eventuell reiche Pollenangebot zu nutzen. Hautflügler wie Bienen und Hummeln nutzen die blüteneigenen Nektarquellen ebenso wie die üppigen Pollenvorräte. Schmetterlinge und Schwebfliegen sind nur auf die Nektarvorräte abonniert; wegen ihrer besonderen Mundwerkzeuge können sie nur Flüssignahrung nutzen. Die Lenk- und Locksignale wirken auf alle diese Bestäubergruppen gleichsinnig.

Weniger scheinen als sein

Dieses Zielscheiben-Grundmuster der kontrastbetonten Unterscheidung zwischen Mitte und Rand hat sich in der Koevolution zwischen Blüte und Bestäuber offenbar hervorragend bewährt und daher selbst verstärkt. Nur so sind auch etliche pflanzliche Sonderarrangements zu verstehen, darunter bezeichnenderweise auch recht komplexe Blütenstände aus vielen kleinen Einzelblüten. Schon das Beispiel Gänseblümchen bzw. Sonnenblume zeigt wie alle übrigen Vertreter der Korbblütengewächse, wie der aus gestaltlich völlig unterschiedlichen sterilen und fertilen Elementen komponierte Blütenkorb (= Blütenstand) in seinem Erscheinungsbild den Gesamteindruck „Lohnende Großblume“ hinbekommt. Auch bei den Doldenblütengewächsen werden auf diese Weise vielteilige Blütenstände aus etlichen Einzelblüten zu einer beeindruckenden, als Pseudanthium bezeichneten Superblume, die als einladende Sonnenterrasse ihre Besucher zuverlässig anzieht.

Die blumige Gesamterscheinung mit abweichendem Design zwischen innen und außen kommt hier durch stark größenverschiedene Elemente der jeweiligen Blütenhüllen zustande – sehr kleine bis fast fehlende Kronblattkreise bei den Einzelblüten des Zentralbereichs und „strahlende“, oft auch noch mehrzipflige Blütenhüllblätter nur bei den Randblüten. Beispiele für diesen optisch ungemein wirksamen Trick sind der Wiesen-Bärenklau oder die Wilde Möhre. Tendenziell ähnliche Entwicklungen zeigen manche Vertreter der Geißblattgewächse wie der Wasser-Schneeball. Bei einigen Schneeball-Arten sind die als Pseudanthien angelegten Blütenstände so dekorativ, dass man sie ebenso wie manche Formen der Hortensien gerne als Park- und Ziergehölze verwendet.

Jeweils auf die Linie achten

Die Blicke lenken und einen anfliegenden Blütenbesucher ins Ziel führen erreichen viele Blüten auch durch ein zusätzlich aufgetragenes Make-up, nämlich mal zarter oder dann auch wieder kräftiger ausgeführte Strichmuster auf ihren Kronblättern. Bezeichnenderweise laufen diese nicht beliebig oder gar in konzentrischen Kreisen, sondern immer streng radial ausgerichtet zur Blütenmitte wie die Radspeichen zur Nabe. Selbst wenn die betreffende Blüte gar nicht sternförmig oder radiärsymmetrisch aufgebaut ist und somit nicht die fast automatisch zentrierende Wirkung ihrer Bauelemente nutzen kann, sondern ein eher bizarres Gebilde mit medianer Spiegelungsachse darstellt, helfen deutliche Strich- und Linienmuster an den Flanken oder anderer gut platzierter Stelle bei der raschen Orientierung zur Mitte. Sie werden damit zu äußerst hilfreichen Wegweisern bzw. optischen Leitplanken, die dem Besucher das Blütenzentrum mit seinen reichen Nektar- und/oder Pollenvorräten im Direktverfahren anzupeilen helfen.

Dieses Blütenmuster ist mehrfach in ganz verschiedenen Familien entwickelt und optimiert worden. Man findet es beispielsweise bei den Veilchengewächsen, aber ebenso bei den Rachenblütengewächsen und natürlich bei vielen Orchideen. Einem blütenbesuchenden Insekt mag es im Grunde nicht viel anders ergehen als einem systematisch arbeitenden Botaniker – beide sehen sich bei den attraktiven und ergiebigen Blüten einer unglaublichen Fülle verschiedener Gestalttypen und deren vielfältiger Abwandlung gegenüber. Solche Vielfalt müsste die Beteiligten eigentlich frustrieren, gäbe es da nicht auch die zuverlässigen optischen Signalstrukturen, die bei aller Varianz des Gesamterscheinungsbildes immer wieder die wesentlichen Grundzüge des gemeinsamen Blütenbauplans aufnehmen. Es genügt also im

Zweifelsfall jeweils, besonders auf die Linie zu achten, um trotz aufwendig gestalteter Blütenumrisse dennoch zuverlässig das nahrungsspendende Blütenzentrum zu erreichen.

Aber manchmal gibt es Betriebsunfälle

Es ist fast so wie im richtigen Leben: Ein gut funktionierendes etabliertes System wird eventuell schon recht bald auch pervertiert und für räuberisch-eigennützige Zwecke missbraucht. Im Fall der im Prinzip harmlosen Blüten



Mit mancherlei Signalen (Zentralfleck, Strichmuster) locken die Blüten ihre Besucher in das ernährungstechnisch interessante Zentrum



Aber manchmal lauert dort das finale Verhängnis in Gestalt einer prächtig getarnten Krabbenspinne

tun dies die Vertreter der Krabbenspinnen (*Misumena vatia*), die man meist zwischen Mai und Juli in blumigen Wildpflanzenvorkommen antrifft. Bei den Weibchen variiert die Körperfärbung zwischen hellgelb, gelbgrün und weiß. Sie kann tatsächlich in gewissen Grenzen dem Untergrund angepasst werden. Mit diesem spezifischen Outfit setzen sich die Weibchen mitten in geeignete Blüten und unterstützen damit die von der Natur vorgesehene kontrastbetonende Ausfärbung von Blüten(stands)mitte zur Blüten(stands)peripherie. Anfliegende und auf die Ausbeutung der blütenspezifischen Nahrungsangebote trainierte Blütenbesucher erkennen die Gefahr gewöhnlich zu spät: *Misumena* ergreift sie mit ihren Vorderbeinen und erledigt sie durch einen offensichtlich ziemlich schnell wirkenden Biss in den Hals. Die Krabbenspinne nutzt also perfiderweise den Effekt, aufgrund ihres kontrastierenden Erscheinungsbildes als lohnendes zentrales Anflugziel innerhalb einer Blüte oder eines Blütenstandes missverstanden zu werden.

2.7 Tanken im Schwirrflug

Vermutlich konnten die Insekten als artenreichste Verwandtschaft im Tierreich sich nur deswegen so überaus und geradezu verwirrend typenreich entwickeln, weil sie sich im Laufe ihrer Evolution bemerkenswert erfolgreich so gänzlich unterschiedliche Nahrungsquellen erschlossen haben. Das setzte wiederum eine entsprechende Ausgestaltung und Anpassung ihrer Mundwerkzeuge in zum Teil recht komplizierte Gebilde voraus, wie das eindrucksvolle Fallbeispiel Taubenschwänzchen zeigt.

Diese kleine Falterart, *Macroglossum stellatarum*, gehört zur äußerst fluggewandten Falterfamilie der Schwärmer (Sphingidae) und ist einer der ganz wenigen tagaktiven Vertreter dieser Verwandtschaft, die generell außerordentlich rasante, aber eben überwiegend dämmerungs- bzw. nacht-aktive Flieger umfasst. Eigentlich ist das Taubenschwänzchen vor allem südeuropäisch verbreitet, wandert aber regelmäßig und offenbar in beachtlicher Anzahl während der Sommermonate (ab Juni und in den Folgemonaten) auch nach Mitteleuropa ein. In Südeuropa (Mittelmeergebiet von der Balkan- bis zur Iberischen Halbinsel) kann man diese Art sogar ganzjährig erleben. Bei uns ist sie eher ein gern gesehener und durchaus nicht seltener Sommergast.

Es sind tatsächlich keine Kolibris

Oft werden diese typischen Wanderfalter aus dem Süden wegen ihres bemerkenswerten Schwirrfluges vor den besuchten Blüten (und das auch noch während des Tages) von weniger Kundigen für Kolibris gehalten, die in der Alten Welt natürlich nicht beheimatet sind. Die Falter landen nicht auf den besuchten Blüten, sondern stehen im durchaus energieaufwendigen Schwirrflug direkt davor und

gelingen dabei durch Eintauchen ihres langen Saugrüssels an den begehrten Nektar. Das Spektrum der gerne zum Nektartanken aufgesuchten Blüten ist groß und schließt unter den üblichen Gartenpflanzen sogar die Geranien bzw. Pelargonien von Balkonkästen ein. Der Bestäubungserfolg ist trotz des distanzierten Schwirrfluges dennoch gesichert, weil die Falter den Pollen eben über ihren nektarbesmiedten Saugrüssel transportieren.

Als Wanderfalter kann sich das Taubenschwänzchen unter günstigen Bedingungen auch in Mitteleuropa erfolgreich fortpflanzen. Ein Teil dieser Nachkommen wandert (möglicherweise) wieder nach Südeuropa zurück. In wintermilden Gegenden ist regional sogar eine erfolgreiche Überwinterung zu erwarten.

Wunderwerkzeug Saugrüssel

Fast immer lassen sich die Mundwerkzeuge der geflügelten Insekten auch nach eventuell durchgreifend umgestaltender Spezialanpassung auf den kauend-beißenden Allgemein- oder Grundtyp zurückführen, wie ihn die Vertreter relativ ursprünglicher Verwandtschaftskreise (wie Heuschrecken oder Schaben) zeigen. Die am vorderen Kopf angebrachten und nur in der genaueren Lupenbeachtung gut erkennbaren Teile umfassen im Wesentlichen immer drei Funktionsbereiche: Auf die unpaare, direkt am Kopfschild ansitzende Oberlippe (Labrum) mit oft weichhäutigen Innenteilen folgen die ungegliederten Oberkiefer (Mandibeln) zum Zerkleinern der Nahrung und die gegliederten Unterkiefer (vordere Maxillen = Maxillen 1) zur Nahrungsaufnahme; sie können aus einer Außen- und einer Innenlade bestehen und tragen ferner einen langen, gegliederten Taster (Palpus). Den Mundraum schließt nach rückwärts die Unterlippe (Labium) ab. Man bezeichnet sie

auch als hintere Maxillen oder Maxillen 2. Meist verwachsen diese während der Entwicklung des Insekts entlang einer Mittellinie zu einem einheitlichen, aber gegliederten Gebilde. Auch hier können paarige Taster angebracht sein.

Dieses Basisarrangement, wie es auch die schematisch vereinfachende Abbildung zeigt, ist bei den verschiedenen Insektenordnungen vielgestaltig abgewandelt worden, bei den Stechmücken und Raubwanzen beispielsweise zu langen, schmalen Stiletten. Die Details der jeweiligen Umwandlung sind jeweils charakteristisch für die einzelnen Insektenordnungen. Bei den ausschließlich Nektar saugenden Schmetterlingen ist es dagegen weitgehend vereinfacht und besteht praktisch nur noch aus dem aufrollbaren langen Rüssel. Bei den weitaus meisten Schmetterlingen sind Oberkiefer und Unterlippe weitgehend zurückgebildet. Nur der Unterkiefer ist kräftig entwickelt – er bildet mit seinen beiden mittleren Fortsätzen den oft sehr langen Saugrüssel – ein geradezu unglaubliches Wunderwerk der Natur, das so tatsächlich nur bei den Schmetterlingen vorkommt.

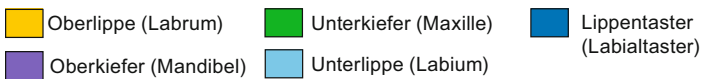
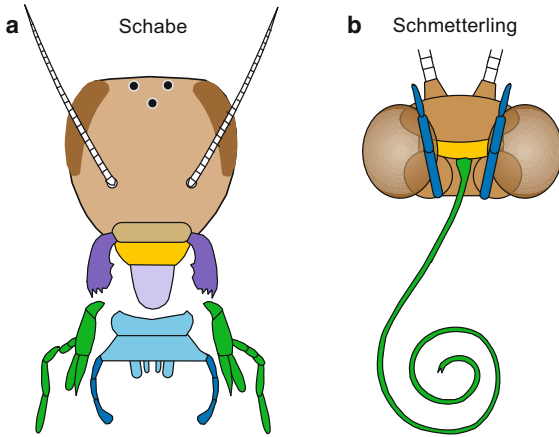
Schneidet man einen Schmetterlingsrüssel quer durch und betrachtet ihn unter dem Mikroskop oder mit einer stärker vergrößernden Lupe, erkennt man auf der Schnittfläche zwei im Prinzip mondsichelförmige und symmetrische Strukturen. Sie legen sich so aneinander, dass in der Mitte dazwischen ein Hohlraum entsteht. Das ist das zentrale Saugrohr, durch das die Falter den Nektar einsaugen. In den beiden rechts und links verlaufenden Röhren sind Nerven, Blutbahnen (Leitungen für die insektentypische Hämolymphe) und einige Muskelstränge untergebracht.

Obwohl der Rüssel aus zwei nicht dauerhaft miteinander verwachsenen Teilen besteht, ist die zentrale Saugröhre absolut dicht – beim Saugakt geht also überhaupt kein wertvoller Nektar verloren. Die beiden Rüsselhälften haften durch eine Art Klettverschluss erstaunlich fest aneinander

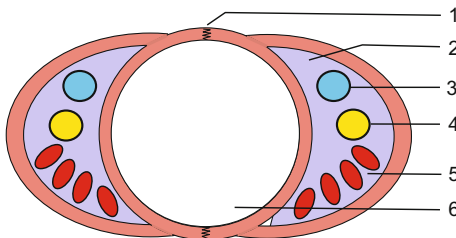
und weichen auch dann zuverlässig nicht auseinander, wenn beim Saugakt der Innendruck ansteigt.

Wenn ein Falter eine ergiebige Nektarquelle entdeckt und angefliegen hat, setzt er sich auf die Blütenkrone und streckt seinen Saugrüssel entrollend aus. Das geschieht einerseits sozusagen hydraulisch – nämlich durch Druck-erhöhung in den beidseits flankierenden Hohlräumen des Saugrohres, in die nun Blutflüssigkeit (Hämolymphe) gepumpt wird. Zusätzlich unterstützen die hier verlaufenden und bezeichnenderweise schräg gestellten Muskeln das Ausfahrmanöver. Das geschieht so bewundernswert präzise, dass die suchende Rüsselspitze auch sehr enge Blüteneingänge fast augenblicklich und absolut zielsicher trifft. Das elegante Taubenschwänzchen und andere Vertreter der Schwärmer schaffen das sogar im komplizierten Schwirrflug vor der Blüte. Beim Saugvorgang verformen die Muskeln den Rüsselquerschnitt nun zu einer bohnenförmigen Querschnittfigur. Der Nektar strömt alsbald ungehindert durch das zentrale Saugrohr, weil sich die Schlundabschnitte im Kopfbereich durch Muskeltätigkeit rhythmisch erweitern und dadurch wie eine Saugpumpe funktionieren.

Ist die Nektaraufnahme beendet, rollen die Falter ihren Rüssel augenblicklich wieder ein. Dieser Ablauf funktioniert tatsächlich rein passiv und ohne jegliche Beteiligung der Muskulatur. Wirksame Kraft ist dabei allein ein besonders elastisches, als stabförmige Feinstruktur in die Außenwand jeder Rüsselhälfte eingelassenes Protein (Resilin genannt). Dessen Rückstellkraft ist so zuverlässig wie eine stählerne Uhrfeder und bringt den Rüssel sofort wieder in seine charakteristische Ruheposition – und auch die ist bewundernswert: Sie entspricht nämlich aus seitlicher Ansicht exakt einer archimedischen (und somit logarithmischen) Spirale. Ein Wunder der Natur? Mit Sicherheit ...



Schaben (a) besitzen unter den lebenden Insektenarten den ursprünglichsten Typ der Mundwerkzeuge. Bei Bienen und anderen Hautflüglern ist dieses Grundmuster schon stärker abgewandelt. Schmetterlinge (b) repräsentieren mit ihrer einzigartigen Sonderbildung Saugrüssel im Vergleich dazu immer einen stark veränderten Typus



Querschnitt durch einen Schmetterlingsrüssel: 1 Klettstelle zwischen den beiden Galea-Hälften, 2 Hämolymphe, 3 luftgefüllte Trachee, 4 Rüsselnerv, 5 Muskeln, 6 effektives Saugrohr für den Nektarstrom



Zweifellos eine geniale Leistung des Taubenschwänzchens – den fragilen Rüsseln zielgenau in der aufgesuchten Blüte zu positionieren

2.8 Die Magie der Moleküle: Locken mit allerfeinsten Düften

Man kann es fast täglich erleben – beim Einkaufen, in der Bahn, im Restaurant oder schlimmstenfalls auch im Wartezimmer: Eine schick aufgemachte Dame streift vorbei, flankiert von einer klar wahrnehmbaren Duftwolke aus ätherischen Ölen, deren meist komplex zusammen-gemischte Komponenten entweder pflanzlicher und/oder tierischer Herkunft sind. Je nach dem Geschmack der Trägerin sind hier frühlingshaft blumige oder auch stärker fruchtige Noten im Spiel, aber manchmal auch ziemlich wuchtige Nuancen, die eher an eine schwerlastige Gewitterwolke erinnern. Die Signaladresse ist im Allgemeinen klar: Die gezielt eingesetzte Duftfahne einer parfümierten Dame richtet sich in erster Linie an die Männerwelt; die aus dem Flakon aufgetragene Chemie soll deren (hoffentlich ge-

nügend) sensible Nasen erreichen, um dann momentan ein anderes Sensorium einzuschalten – fast immer richten sich nach der erfolgreichen olfaktorischen Wahrnehmung die Augen der somit chemisch Adressierten sofort auf die Duftquelle, um dann, abhängig von deren BMI (Body Mass Index) und je nach Situation, darauf kürzer oder länger zu verweilen. Von der Analyse weiterer Reaktionsketten können wir in diesem Kontext sicherlich absehen.

Ein ganz sensibles Fühlerchen

Als Erster entdeckte der bedeutende französische Naturforscher Jean-Henri Fabre (1823–1915) am Großen (Wiener) Nachtpfauenaugen (*Saturnia pyri*), mit rund 14 cm Spannweite einer der größten mitteleuropäischen Nachtfalter, das folgende Phänomen: In seinem Umfeld hatte er einige an Mandelbäumen lebende Raupen dieser Spezies gesammelt und sich verpuppen lassen. Wenn er ein frisch geschlüpfes Weibchen unter einen feinmaschigen Drahtkäfig setzte, kam es nach einbrechender Dunkelheit an den nächsten Folgetagen geradezu zu einer Invasion von Männchen. Das führte den emsigen Forscher folgerichtig zu der Frage, wie denn eigentlich die mit besonders prächtigen und reich verzweigten Fühlern ausgestatteten Männchen die offenkundig paarungsbereiten Weibchen auffinden. Einige Experimente und genauere Überlegungen brachten ihn bald auf die richtige Spur: Es müssen wohl (um in seiner bildreichen Sprache zu bleiben) „besondere Ausdünstungen“ des Weibchens sein, welche die Männchen letztlich recht zielgenau zur Paarungspartnerin zu führen. Im O-Ton: „Der Nachweis ist somit gelungen: Um die Schmetterlinge der ganzen Umgebung zur Hochzeit zu laden, sie in der Ferne zu benachrichtigen und sie zu geleiten, sendet das heiratsfähige Weibchen einen ungemein feinen Duft aus, der für menschliche Riechorgane gar nicht wahrnehmbar ist.“

Jedes Molekül zählt

Mit den analytischen Mitteln seiner Zeit konnte Fabre die genauere chemische Natur des „feinen Duftes“ noch nicht näher ergründen. Das gelang erst einige Jahrzehnte später dem bedeutenden Biochemiker Adolf Butenandt (1903–1995). Nach fast 20-jähriger Arbeit hatte er aus etwa 300.000 Duftdrüsen vom Hinterleib der weiblichen Seidenspinner (*Bombyx mori*) in genügender Menge die Substanz isolieren und in allen Details ihrer Struktur aufklären können, mit denen auch diese Weibchen die artgleichen Männchen letztlich zielgenau anlocken. Die Wahl dieses Untersuchungsobjektes war glücklich, denn Seidenspinner lassen sich relativ leicht in größeren Mengen züchten. Die beteiligte Substanz nannte Butenandt nach dem Gattungsnamen Bombykol. Nachdem die Struktur geklärt war, konnte man die Substanz auch synthetisch herstellen, was für die weitere entomologische Forschung ein großer Glücksfall war.

Die duftenden Signalstoffe, mit denen die Paarungspartner zielsicher zusammengeführt werden, nennt man – nach einem Vorschlag des Marburger Chemikers Peter Karlson (1918–2001) und des Berner Zoologen Martin Lüscher (1917–1979) seit 1959 Pheromone. Sie interagieren mit den spezifischen Riechzellen auf den Fühlerzweigen der Männchen schon in unglaublich geringen Mengen: Bereits rund 100 Pheromonmoleküle führen die paarungswilligen Schmetterlingsmännchen auf die richtige Spur – meist allerdings im Zickzackflug, denn bei wirksamen Distanzen von bis zu 10 km sind die Verwirbelungen der Duftfahne doch recht ungleichförmig.

Synthetische Pheromone haben heute in der Schädlingsbekämpfung eine enorme Bedeutung. Während man früher gegen die weniger erwünschten Insekten mit Unmengen des Problemstoffes DDT anrückte und dabei auch alle

anderen Arten traf, geht es heute weitaus spezifischer – sogar gegen moderne Invasoren wie den aus Ostasien eingeschleppten Buchsbaumzünsler (*Cydalima perspectalis*), der unter den Ziergehölzen schon große Verheerungen angerichtet hat.

Kurz zurück zur Ausgangsbetrachtung: Männerfang mit chemischen Mitteln – wer hätte denn tatsächlich gedacht, dass die in jeder Einkaufsmeile angesiedelten Parfümerieketten mit ihren regelweise und in verwirrender Bandbreite sowie jeglicher Preislage angebotenen „Pheromonfallen“ in spezifisch markentypischem Design ein uraltes Prinzip inszenieren, dass in der Natur schon seit Jahrmillionen mit großem Erfolg praktiziert wird? Die Damen mögen es bedenken – jeder heftige Parfümauftrag vermittelt dem Wisenden ein klares, aber so von der Senderin vielleicht gar nicht gemeintes Signal, nämlich: „Hallo, liebe Männerwelt, ich bin paarungsbereit!“

2.9 Wie man seinen Wirt manipuliert: Pflanzen mit Gallen

Stängel, Blätter, Blüten und Früchte sehen bei den rund 3500 in Mitteleuropa heimischen Pflanzenarten und den nicht minder zahlreichen Gartenpflanzen für den Ungeübten schon seltsam genug und zudem reichlich unübersichtlich aus. Noch eigenartiger erscheinen jedoch die auffälligen Wucherungen an allen möglichen Pflanzenteilen, die man sofort als etwas Untypisches bzw. aus der üblichen Norm Fallendes erkennt. Diese oftmals geradezu kuriosen Gebilde bezeichnet man üblicherweise als Pflanzengallen. Mit der namensähnlichen Galle(nflüssigkeit) bzw. der Gallenblase in unserer eigenen Anatomie haben sie indessen überhaupt nichts zu tun. Sie stellen vielmehr eine örtlich und zeitlich begrenzte, aber durchaus kräftig wuchernde Wachstums-

leistung eines bestimmten Pflanzenorgans dar, die unter direkter und ursächlicher Vermittlung eines (meist) tierischen Gallenerzeugers zustande kommt. Dabei entstehen an allen möglichen Pflanzenorganen geschwulstähnliche Gewebewucherungen, die mit den eigentlichen Aufgaben der betroffenen Pflanzenteile überhaupt nicht zusammenhängen und auch sonst kaum Ähnlichkeit mit einem typischen Pflanzenorgan aufweisen.

Gallträger und Gallerzeuger

Eine Pflanzengalle als solche eindeutig zu definieren, ist gar nicht so einfach. Sie als auffällige Abweichung vom normalen Bauplan oder gar als Missbildung zu erkennen, ist dagegen wesentlich unkritischer. Gallenträger können praktisch fast alle Vertreter des Pflanzenreiches sein. Besonders häufig treten sie bei den zweikeimblättrigen Pflanzen auf. Eine recht ungewöhnliche Bereitschaft zur Gallbildung besteht in Mitteleuropa vor allem bei den Vertretern der Pflanzenfamilien Buchen-, Weiden-, Rosen- und Korbblütengewächse. Rekordhalter sind unsere Eichen (Buchengewächse): Bis zu 30 verschiedene Gallformen kann man hier auf einem einzigen Baum entdecken.

Ebenso typenreich wie die Gallträger sind auch die Gallerzeuger. Die Auflistung beginnt bei bestimmten Bakterien, schließt etliche einfach gestrickte Pilze ein und endet bei den Tieren, besonders bei Fadenwürmern, Milben und Insekten. Jeder dieser Erreger erzeugt wirtsspezifisch seine besondere Gallenform. Anhand der Gallen lassen sich daher die Erreger relativ eindeutig bestimmen – was aber nicht immer einfach ist.

Geradezu meisterhaft verstehen es manche Insekten, die pflanzliche Entwicklungsbereitschaft auszunutzen und nach ihrem eigenen Aktionsplan eigennützig umzusteuer-

ern. Mehrere Pflanzensauger sind wichtige Gallerzeuger. Auffällig sind beispielsweise die Arten der Fichtengallenlaus. Sie gestalten die Seitensprosse der Fichten völlig um: Sprossachse und Nadeln verwachsen miteinander zu einer dickfleischigen, bleichgrünen Ananasgalle. Auch im braun vertrockneten Zustand kann man diese Lausgallen noch lange an den Zweigen sehen. Neben den an Pflanzen saugenden Läusen kommen aber auch Zweiflügler als Erreger von Gallbildungen infrage. An Birnen macht sich unter anderem die Birnengallmücke zu schaffen und sorgt dafür, dass die Früchte schon sehr frühzeitig zu ganz ungewöhnlichen Formen anschwellen.

Umständlicher Ablauf

Die bizarrsten und trickreichsten Gallen erzeugen die Gallwespen. Am Beispiel der Eichenschwammgallwespe verfolgen wir einmal Ablauf und Zweckbestimmung der Gallbildung. Mitten im Winter, etwa zwischen Dezember und Februar, sticht das Weibchen mit seinem Legebohrer die große Endknospe eines Eichenzweiges an und legt mehrere Eier hinein. Etwa ab Mitte März setzt die Entwicklung der Knospengalle ein. Unter dem steuernd-manipulierenden Einfluss hormonartiger Substanzen, die zum Teil noch vom Legeeinstich stammen, beginnt das Pflanzengewebe zu wuchern. Als bald schlüpft aus jedem Ei eine Larve und sorgt durch weiteren Hormonschub für zusätzliche pflanzliche Wachstumsleistungen. Ringsum wächst die Galle heran, hält aber im Inneren mehrere Larvenkammerchen frei, sodass die Larven sich inmitten reicher und ständig nachwachsender Nahrungsvorräte aufhalten können.

Etwa Mitte Juni endet das Gallwachstum. Im Juli stellen auch die Larven ihr Wachstum ein und verpuppen sich. Nach etwa zwei Wochen schlüpfen die nur 2–3 mm langen

Gallwespen – geflügelte Männchen und ungeflügelte Weibchen. Die befruchteten Weibchen dieser Sommergeneration verkriechen sich in den Boden und legen dort ihre Eier an Eichenwurzeln ab. Wieder wird die Eiablage zum Startereignis einer Gallbildung, dieses Mal aber nur einer einzelnen Wurzelgalle. Galle und Larve benötigen unter Tage am Wurzelwerk der Eiche fast anderthalb Jahre für die komplette Entwicklung. Erst im Winter des Folgejahres schlüpfen aus den Wurzelgallen die jetzt 3–6 mm langen Weibchen. Sie entwickeln unbefruchtete Eier und legen diese wiederum in die Blattknospen. Der vollständige Entwicklungszyklus einer Eichenschwammgallwespe dauert somit volle zwei Jahre.

Partner oder Parasiten?

Nun fragt man sich, ob die Larven der Gallerzeuger tatsächlich Parasiten sind oder nicht. Früher fiel die Antwort rasch



Eichen sind offenbar besonders attraktiv für gallerzeugende Gliederfüßer

und eindeutig aus: Die Larven ernähren sich von Pflanzengewebe – verhalten sich also parasitisch, obwohl die Schäden für die befallenen Bäume nur minimal sind. Heute stellt man zunehmend einen anderen Aspekt in den Vordergrund: Unter dem Einfluss der Gallerzeuger lässt sich das Pflanzengewebe bereitwillig manipulieren und stellt Wohnung sowie Nahrungsquellen zur Verfügung. Darin könnte man eine Art fürsorglicher Kooperation sehen, die dem einen Partner überhaupt das Leben ermöglicht und den anderen jedenfalls nicht nachhaltig schädigt. Es ist fast so wie bei einer Schwangerschaft ...

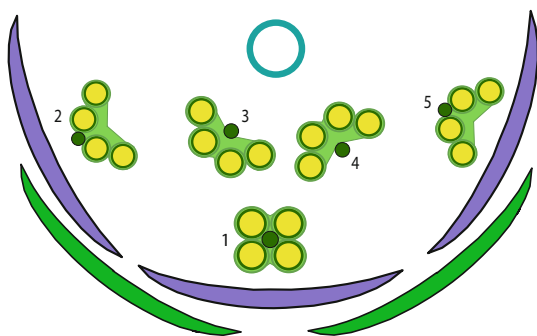
2.10 Singen unter der Pollendusche

Einer der erstaunlichsten und rational fast nicht erklärbaren Sachverhalte ist die enge Koevolution von Pflanzen und Tieren mit ihren gegenseitigen Anpassungen. Überall in der Biosphäre lassen sich dafür frappierende Beispiele aufreiben, aber zu den Tophits der wechselseitigen Anpassung gehört unzweifelhaft das enge Beziehungsgefüge zwischen Blüten und Besucherinsekten. Gewiss – in der Natur gibt es durchaus nicht wenige Verwandtschaftsgruppen von Blütenpflanzen, die für den Pollentransport von Blüte A zu Blüte B unbelebte Vektoren wie Wasser und Wind bemühen. Die große Mehrzahl der attraktiv und blumig herausgeputzten Blüten – und das ist bereits ein Teil ihrer Koevolution – setzt jedoch tierische Vektoren für den gezielten Pollenversand ein. In unseren Breiten sind es ganz überwiegend Insekten wie Hautflügler, Zweiflügler, Schmetterlinge und Käfer, in anderen Regionen der Biogeographie aber auch (zusätzlich) Vögel und Säugetiere.

Besondere Nahrung für spezielle Tiere

Die besondere Affinität dieser Tiere zu den Blüten erklärt sich aus ihrer Nahrungsspezialisierung: Manche ernähren sich nur von Blütennektar (Schmetterlinge, Vögel), andere ausschließlich vom Pollen (Käfer) und viele gleichermaßen von beiden Nahrungsangeboten (Bienen, Hummeln, Säugetiere). Normalerweise sind diese Ressourcen in den Blüten einigermaßen gut zugänglich, sodass die Besuchertiere keine besondere Mühe haben, das jeweilige Angebot erfolgreich zu nutzen.

Fallweise gibt es aber dennoch gewisse Schwierigkeiten. Die Pollenkörner tierbestäubter Blüten sind immer ein wenig klebrig. Nur so haften sie an den Besucherinsekten genügend sicher für den folgenden Streckenflug zur nächsten Blüte. Je nach Öffnungsverfahren der Pollensäcke rutschen die Pollenkörner deshalb aber nicht ganz so bereitwillig aus ihrer Verpackung. Zur deutlichen Steigerung der Ausbeute setzen vor allem Hummeln gerade in glockigen bzw. an-



Die Pollensäcke in den Blüten bieten den Besucherinsekten ihren Inhalt auf verschiedene Weise an. Möglichkeiten der Pollenanheftung sind 1 basifix, 2 und 4 dorsifix, 3 und 5 ventrifix; Öffnungsrichtungen sind 1 seitlich (latrors), 2 und 3 nach außen (extrors), 4 und 5 nach innen (intrors)

deren relativ engkronigen Blüten ein bemerkenswert effizientes Verfahren ein: Sie kriechen tief in die enge Blütenkrone hinein und erzeugen dann mit ihrer Flugmuskulatur nicht wie sonst ein tiefes Brummen, sondern ausnahmsweise ziemlich hochfrequente Töne. Dabei koppeln sie ihre Flügel vom Antrieb durch die Flugmuskulatur im Thorax ab. Die auf diese Weise erzeugten akusto-mechanischen Stoßwellen wirken auf die Pollensäcke solchermaßen erschütternd, dass ihr Inhalt bereitwillig und gleichsam sackweise auf den „singenden“ Besucher herabrieselt.

Für den außenstehenden Beobachter stellt sich dieses Manöver meist ganz anders dar: Er muss den Eindruck gewinnen, dass die vielleicht doch etwas unvorsichtige Hummel in der Blüte arg in die Klemme geraten ist und nun heftig summend sowie verzweifelt versucht, sich aus dieser Zwangslage wieder zu befreien. Wie man sich täuschen kann ...

2.11 Alles gleich haufenweise: Superorganismus Ameisenburg

Die größten Baumeister in den heimischen Wäldern sind nicht die zimmernden Spechte, sondern die Waldameisen. Ihre braunen Ameisenburgen aus Ästchen, Nadelblättern und anderem Pflanzenmaterial reichen nicht nur bis zu 2 m in die Höhe, sondern ebenso tief in den Waldboden hinein. Weitläufige Gang-, Kammern- und Höhlensysteme durchziehen eine solche Burg, in der wohl bis zu 1 Mio. Ameisen leben. Wie viele es genau sind, weiß man natürlich nicht, denn genau gezählt hat sie noch keiner. Dieses Unterfangen wäre auch extrem schwierig.

In den Bauten siedelt entweder die Kleine Waldameise (*Formica polyctena*) oder die sehr ähnlich aussehende Rote

Waldameise (*Formica rufa*). Beide Arten gehören mit rund 1 cm Körperlänge zu den größten heimischen Ameisenarten. Nur mit der Lupe kann man die feinen Haare auf Kopf und Brust der Roten Waldameise sehen, die der Kleinen Waldameise fehlen.

Eine typische Weibervirtschaft

Die mit Abstand größte Gruppe eines Ameisenvolkes sind tatsächlich weibliche Arbeiterinnen, die ungeflügelt und nicht geschlechtsreif sind. Sie versorgen die Königinnen und Larven mit Nahrung, vergrößern und reparieren das Nest, sorgen durch das Öffnen und Schließen von Lüftungsöffnungen für angenehme Temperaturen im Bau während der warmen Jahreszeit, bewachen die zahlreichen Eingänge und kontrollieren alle Individuen, welche die Ameisenburg betreten wollen. Nur wer so duftet wie die Nestgenossen, darf in den Bau auch tatsächlich hinein. Und schließlich beschaffen die Arbeiterinnen auf ausgedehnten Streifzügen rund um den Bau die notwendige Nahrung. Denn ein so großes Volk braucht reichlich Futter: Ein einziges mittelstarkes Ameisenvolk verzehrt im Lauf eines Jahres etwa 80.000 Larven und Raupen, 25.000 Insektenpuppen und 30.000 ausgewachsene Insekten, darunter auch so forstschädliche Falter wie Kiefernspanner und Kiefernspinner. Das ist auch der Grund, warum Förster und Waldbesitzer sich über jedes Ameisenvolk freuen: Wo Ameisen auf Beutezug gehen, bleiben eben auch viele massenhaft auftretende Schädlinge auf der Strecke.

Neben tierischer Kost mögen Waldameisen auch gern Süßes: Sie melken Blattläuse und gewinnen so den Honigtau, jenen überschüssigen Zuckersaft, den die Blattläuse beim Saugen an Pflanzen in großen Mengen aufnehmen und bereitwillig abgeben, „erkaufen“ diese sich auf diese Weise ja

einen guten Schutz vor Läuse fressenden Räubern, denn die werden von den Ameisen durch Spritzattacken mit Ameisensäure auf Distanz gehalten. Übrigens sammeln auch Honigbienen diesen Honigtau – und machen daraus den dunklen, würzigen Wald- oder Tannenhonig.

Viele Königinnen haben das Sagen

Zu jedem Ameisenvolk gehören – im Unterschied zu einem Bienenstock – bis zu 1000 Königinnen. Sie starten als geschlechtsreife Tiere geflügelt zum Hochzeitsflug und werden dabei von den Männchen begattet, die nur kurzzeitig im Sommer auftreten. Die Männchen sterben schon bald danach – ihr biologischer Auftrag ist mit der Genweitergabe per Begattung also rasch erledigt. Die Königinnen werfen nach der Hochzeit ihre Flügel ab, kehren in den Ameisenbau zurück und beginnen tief in dessen Innern mit der Eiablage. Diese Tätigkeit verrichten sie viele Jahrzehnte lang, denn sie können bis zu 28 Jahre alt werden.

In warmen Sommern und bei guter Nahrung kann sich ein Ameisenvolk also sehr schnell vermehren. Dann gründet es in bis zu 50 m Entfernung ein oder gar mehrere Tochternester. Zwischen Haupt- und Nebennestern gibt es einen regen Austausch von Arbeiterinnen, Brut, Nahrung und auch Königinnen, der nicht nur auf den langen oberirdischen Ameisenstraßen stattfindet, sondern auch in unterirdischen Tunneln abläuft. Somit drängt sich geradezu der Vergleich der Waldbesiedlung durch Ameisen mit einer menschlichen Städtelandschaft auf. Ameisenburgen sind gleichsam das Ruhrgebiet des Waldes.

Im Winter ziehen sich die Ameisen in die Nestbereiche zurück, die am tiefsten im Boden liegen. In den dortigen frostfreien Regionen verbringen die Tiere die kalte Jahreszeit in einer Winterstarre.



Ameisenburgen sind beeindruckend hochorganisierte tierische Leistungen



Sogar an wärmeren Wintertagen herrscht an einer Ameisenburg ein überraschend emsiges Leben

Hin und wieder findet man im Wald größere Löcher und auffällige Zerstörungen an einer Ameisenburg. Sie gehen nicht unbedingt auf menschlichen Vandalismus zurück, sondern stammen von einem Dachs oder einem Grünspecht. Beide bedienen sich gern an diesen kleinen Waldtieren.

2.12 Ameisen und ihre Zuckerkühe

Sie kennen das gewiss: An sehr warmen Sommertagen freut man sich natürlich über einen freien und sogar schattigen Parkplatz unter einem großkronigen Baum und stellt sein Gefährt konsequenterweise darunter ab. Nach einem ausgedehnten Einkaufsbummel mit etwaigem anschließenden Cafébesuch gibt es allerdings eine Überraschung: Man setzt sich hinter das Steuer, schaut auf die Frontscheibe und erblickt – vor allem im Gegenlicht – flächenweit viele winzige Glitzerpünktchen. Der spontan aktivierte Scheibenwischer verteilt sie schon nach den ersten Bewegungen zu einem schmierig-zähen Belag – trübe Aussichten sind dann garantiert.

Der klebende Beweis

Was ist geschehen? Sie haben nach der Rückkehr zu Ihrem Auto den buchstäblich klebenden Beweis dafür vor Augen, dass auf den Blättern der angenehm Schatten werfenden Baumkrone Zehntausende (wenn nicht noch mehr) Blattläuse aktiv sind. Diese meist wenig beliebten Pflanzensauger stechen mit ihren spezialisierten Saugrüsseln die Blattleitbahnen an und lassen sich mit den eben erst hergestellten Photosyntheseprodukten des Baumes volllaufen. Meist sitzen diese Sauger auf der Blattunterseite, weil sie von hier

aus die Zuckerströme der pflanzlichen Leitbahnen optimal erreichen, denn die für den Transport organischer gelöster Stoffe zuständigen Teile eines Leitbündels (nämlich die Siebröhren) befinden sich in den Blattadern immer unten. Deswegen entdecken Sie die Blattläuse auf Ihren Gartenpflanzen auch nur dann, wenn Sie die Blattunterseite kritisch inspizieren.

Die via Saugrüssel abgezweigten Zuckerströme der Blätter dienen den Blattläusen als Nahrung. Aber nur auf Kohlenhydratbasis kommen auch sie diätetisch überhaupt nicht klar, denn sie benötigen überdies Aminosäuren und einige weitere stoffwechselrelevante Komponenten. Die sind aber in den Materialströmen der Siebröhren deutlich unterrepräsentiert, und so müssen die Blattläuse eben geradezu Unmengen von zuckerigem Siebröhrensaft schlucken, um auch ihren übrigen Stoffbedarf decken zu können. Was sie am überreichlich zufließenden Zucker nicht benötigen, scheiden sie konsequenterweise ungenutzt wieder aus. Das erklärt die Zuckerkrusten auf den Blattoberseiten etwa von Ahorn und Linden sowie die vielen feinen Tröpfchen auf Ihren Autoteilen. Letztere stammen überwiegend von den saugenden Blattläusen der unteren Kronenteile. Bei dem ungenutzt verspritzten Zucker handelt es sich übrigens nur um Saccharose, dem üblichen Haushaltszucker, der in Mitteleuropa immer aus Zuckerrüben gewonnen wird.

Interessierte Nachnutzer

Die Aktivität der saugenden Blattläuse sieht nach einer gigantischen Ressourcenverschwendung aus. Immerhin bedeuten die abgezweigten Zuckerströme für die von Blattlausheeren heimgesuchten Bäume einen klaren, aber offenbar verkraftbaren Ertragsverlust. Soweit bekannt, haben

Blattläuse aber noch nie einen ausgewachsenen Baum zur Strecke gebracht.

Andererseits gibt es aber etliche Nachnutzer, darunter Blattwespen, welche die Blattlausausscheidungen gerne auflecken. Zudem haben Ameisen diese enorm praktische und bemerkenswert ergiebige Nahrungsquelle entdeckt: Sie steigen zwar den Blattläusen nicht bis in die Baumkronen nach, aber auf Stauden und niedrigen Sträuchern – übrigens auch in Ihrem Garten – gehen sie gezielt und gleich scharenweise auf Lauspirsch. Haben sie eine saugende Blattlaus entdeckt, betrillern sie diese heftig mit ihren Fühlern, worauf die solchermaßen umworbene Blattlaus einen besonders üppigen Zuckertropfen ausscheidet. Der biologische Sinn dieser induzierten Materialübergabe ist vorerst noch nicht klar. Die Analogien zum Melken einer Kuh sind indessen evident.

Die Sache mit dem Tannenhonig

Der Weg von der Blüte zum Bienenhonig ist eigentlich einfach und überschaubar: Sprichwörtlich fleißige Sammelbienen schwärmen zu den mit Duft und Farbe lockenden Blüten aus, schlürfen den dort angebotenen Nektar auf, tragen ihn zu den Wabenzellen ihres Bienenstocks und lassen ihn dort über einen vielstufigen Prozess zum Honig reifen. Die chemischen Einzelschritte vom dünnflüssigen Blütennektar zum streichfähigen, aber kaum noch tropfenden Honig sind zwar etwas komplexer, aber diese durchaus umständliche Biochemie steht hier nicht infrage. Doch wie verhält es sich mit dem dunklen und meist auch deutlich teureren Tannenhonig? Wer spendet denn hier den Blütennektar, wo doch Tannen, Fichten und sämtliche übrigen Nadelhölzer grundsätzlich Windblütler sind und für ihre Pollenverbreitung gar keine tierische Bestäubungshilfe benötigen? Pro-

duzieren die Nadelbaumblüten am Ende trotzdem süßen Nektar als Lockspeise für ihre Gäste?

Nein, tun sie nicht. Die Blütenbiologie der Windblütigen, die gewöhnlich mit einfachster Blütenarchitektur auskommen, stimmt auch in diesem Fall. Die Quelle des süßen Erntegutes, das Bienen von Fichten, Kiefern, Lärchen und Tannen eintragen, sind nämlich wiederum saugende Blattläuse. Sie sitzen ab Frühsommer eventuell zu Tausenden an den Zweigen, stechen mit ihrem Rüssel die Stoffleitbahnen des Baumes an und lassen sich mit Zuckersaft aus der photosynthetischen Produktion der Nadelblätter volllaufen. An sich sind sie gar nicht so sehr an der Zuckermasse interessiert, sondern an anderen wichtigen Nährstoffen, die ebenfalls in den Stoffleitbahnen der Pflanzen fließen, aber nur in geringer Konzentration vorhanden sind. Den überschüssigen, nicht brauchbaren Zuckersaft lassen die Blattläuse da-



Hier kann die besuchende Ameise eine reiche Zuckersaft-Ausbeute erwarten

her unverdaut durch sich hindurchfließen und scheiden ihn einfach als konzentrierte Lösung aus – Blatttau oder Honigtau nennt man diese zuckerig-klebrigen Ausscheidungen.

Was der Imker eine Blatttracht oder Honigtautracht nennt und seinen Bienen im Blick auf eine besondere Honigqualität sehr gerne zugute kommen lässt, könnte man etwas überspitzt als Blattlausfäkalien bezeichnen. Außer den Bienen sind übrigens auch noch viele weitere Insekten an den Blattlausausscheidungen interessiert. Falls Sie einmal eine Ameisenstraße über Stängel und Zweige Ihrer Gartenpflanzen bemerken, führt diese bestimmt zu weiter oben saugenden Blattläusen. Manche Blattlausarten brauchen sogar die Hilfe der Ameisen, um ihre übermäßige Zuckersaftfüllung erfolgreich abspritzen zu können.

Ach, und noch etwas: Achten Sie im Herbst zur Laubfallzeit einmal auf die schon am Boden liegenden Blätter von Ahorn oder Linden. Oft tragen sie einen fleckigen schwärzlichen Belag – es sind die Lager der Rußtaupilze. Diese Mikropilze nutzen die klebrigen Hinterlassenschaften der zuckerverspritzenden Blattläuse für ihren eigenen Stoffwechsel. In der Natur geht eben fast nichts unverwendet verloren.

2.13 Die seltsame Symbiose der Ameisenbläulinge

Wohl keiner hat jemals gefühlvoller das Wesen der Schmetterlinge beschrieben und zugleich die Emotionen, die uns bei den oft flüchtigen Anblicken dieser „Sommervögel“ überkommen, als Hermann Hesse (1877–1962) in seinem 1927 erschienenen Gedicht „Blauer Schmetterling“:

Flügelt ein kleiner blauer
Falter vom Wind geweht,
Ein perlmutterner Schauer,

Glitzert, flimmert, vergeht.
So mit Augenblicksblinken,
So im Vorüberwehn
Sah ich das Glück mir winken,
Glitzern, flimmern, vergehn.

Hat Hesse dabei an einen Bläuling gedacht? Wenn es einer war, muss es ein Faltermännchen gewesen sein. Denn viele Männchen der europäischen Arten aus der Bläulingsfamilie (Lycaenidae) haben blau gefärbte Flügeloberseiten. Innerhalb der Tagfalter sind Bläulinge eine „Großfamilie“. Man kennt weltweit ca. 5200 Arten in 416 Gattungen. Bläulinge sind schon was Besonderes. Viele ihrer Artvertreter sind hoch spezialisiert und so durch Eingriffe in ihre Lebensräume sehr verwundbar. Nahezu alle Arten Mitteleuropas gelten mittlerweile als gefährdet oder vom Aussterben bedroht. Von den weltweit als gefährdet eingestuften Tagfalterarten gehören 30 % den Bläulingen an.

Während ihres Fressstadiums als Raupe sind die Bläulinge hoch spezialisiert. Bei zahlreichen Arten ernähren sich die Raupen monophag nur von einer bestimmten Pflanzenart. Die Nahrungsspezialisten heißen dann oft nach dem Namen ihrer Raupenfutterpflanze. Die Raupen des Kreuzenzian-Bläulings (*Maculinea rebeli*) zum Beispiel fressen (fast) ausschließlich am Kreuz-Enzian (*Gentiana cruciata*). Manche Arten sind zudem äußerst standorttreu. Der Storchschnabel-Bläuling (*Plebejus eumedon*) hält sich nur auf wenigen Quadratmetern um seine Pflanze auf, deren Nektar er exklusiv saugt.

Doch damit nicht genug: Die Raupen von über 75 % der weltweit vorkommenden Bläulingsarten leben zudem noch von oder mit Ameisen. Als Ameisengäste (Myrmekophile) leben sie einige Zeit bis zu ihrer Verpuppung gemeinsam mit Ameisen in deren Bau und ernähren sich entweder von den Larven oder werden gar von den Ameisen gefüt-

tert, wie die Raupen des Lungenenzian-Ameisenbläulings (*Maculinea alcon*). Bei manchen Bläulingsarten locken die pflanzenfressenden Raupen die Ameisen durch ihre süßen Ausscheidungen, um sich von den wehrhaften Ameisen auf ihren Pflanzen bewachen zu lassen. Die meisten Ameisenbläulinge haben sich im Laufe der Zeit ganz an das Leben mit ihren Wirten angepasst. Nicht nur, dass ihre speziellen Drüsen Honigtau aussondern. Sie verbreiten auch noch den gleichen Geruch wie die Ameisenlarven, damit sie nicht als Eindringlinge im Ameisenbau enttarnt werden. Manche Raupen können sogar durch Vibrationen und Geräusche die Ameisen anlocken. Einige Bläulingsraupen sind zudem gegen Ameisenbisse gut gerüstet. Sie haben dazu eine oder mehrere Anpassungen entwickelt: Eine verdickte Cuticula, die asselförmig abgeplattete Gestalt, der unter den Prothorakalschild zurückziehbare Kopf oder die kräftige Behaarung wirken allesamt wie eine Ritterrüstung.

Für die Bläulingsraupen bringt die enge Bindung an Ameisen in zweifacher Hinsicht Überlebensvorteile mit sich. Sie können sich an einem ziemlich feindfreien Ort entwickeln, während durch die Erbeutung anderer, nicht so angepasster Schmetterlingsraupen, die Ameisen sie so noch vor etwaigen Nahrungskonkurrenten „befreien“. Wobei die Bläulinge der Gattung *Maculinea* zu Arten der Ameisengattung *Myrmica* (Knotenameisen) relativ artspezifische Beziehungen entwickelten. Jede Art dieser parasitierenden Bläulinge hat sich einer bestimmten Hauptwirtsart angepasst. Diese kann zum einen geographisch variieren zum anderen können die meisten *Maculinea*-Arten regional auch Nebenwirtsarten nutzen. Die Bläulingsraupen ernähren sich während ihrer ersten drei Larvenstadien von ihren Futterpflanzen. Erst im vierten Larvenstadium lassen sich die Raupen kurz nach der Häutung zu Boden fallen, um darauf zu warten, dass sie von einer Wirtsameise gefunden werden. Ist es die falsche Ameisenart, enden sie als deren Beute.

Findet jedoch die richtige Wirtsameise die Raupe, kommt es zu sehr unterschiedlichen, arttypischen Verhaltensabläufen. Die Raupen des Schwarzfleckigen Ameisenbläulings (*Maculinea arion*) und des Hellen Wiesenknopf-Ameisenbläulings (*M. teleius*) sondern dann aus ihrem Drüsenorgan Sekrettropfen ab, die von der erregten Ameise aufgenommen werden. Dazu kriecht Ameise über die Raupe, um sie zu melken. Wobei dieser Vorgang von einer halben bis zu vier Stunden lang dauern kann. Am Ende des „Melkvorgangs“ krümmt sich die Raupe S-förmig, indem sie sich plötzlich auf ihre Bauchfüße erhebt und ihre vorderen Segmente aufbläht. So ahmt sie eine Ameisenlarve nach, um von der Ameise aufgenommen und ins Nest transportiert zu werden. Den Raupen der Arten *Maculinea rebeli* (Kreuzenzian-Ameisenbläuling) und *M. alcon* (Lungenenzian-Ameisenbläuling) reicht dagegen eine oberflächliche Begutachtung durch ihre Wirte, um von ihnen innerhalb von Sekunden akzeptiert zu werden. Diese schnelle Adoption gelingt, indem die Raupen mit ihren Duftsignalen die Düfte von Ameisenlarven täuschend echt nachahmen.

Im Nest der Wirtsameisen unterscheiden sich die Entwicklungsstrategien der *Maculinea*-Arten drastisch voneinander. Die Raupen von *M. rebeli* und *M. alcon* werden von ihren Wirten zur eigenen Brut gelegt und wie diese sorgfältig beleckt, gepflegt und gefüttert zu werden. Für die Bläulingsraupen ist das Reinigen von ihrem eigenen Kot durch die „Wirtseltern“ dabei besonders wichtig. Die Raupen dieser Bläulingsarten sind Futterparasiten, die ihre Ameisenkolonie nur sehr begrenzt schädigen. Nur ausnahmsweise verzehren sie auch Ameiseneier oder junge -larven. Wenn ihre Größe die der Ameisenlarven stark überschreitet, kann es kritisch für sie werden. Wurden die Raupen von einer falschen Knotenameisen-Art ins Nest getragen, werden sie ab dem 10. und 22. Monat von den Ameisen (Letzteres bei zweimaliger Überwinterung im Ameisennest) immer häufi-

ger angegriffen und schließlich von ihren Wirten vernachlässigt. Bei den Raupen von *Maculinea arion* und *M. teleius* handelt es sich dagegen um reine Bruträuber. Als solche sind weit weniger in den duftbestimmten Informationsfluss ihrer Ameisenkolonie integriert. Die Bruträuber ruhen deshalb oft abseits der Brutkammern und schädigen ihre Wirte erheblich durch den manchmal kompletten Verzehr der Ameisenbrut.

Die Verpuppung der *Maculinea*-Arten erfolgt im Frühsommer nahe der Nestoberfläche. Der Schlupf der erwachsenen Falter findet nach 2–3 Wochen statt. Im Falle der Nahrungsparasiten *Maculinea rebeli* und *M. alcon* sind das oft mehr als fünf Falter pro Nest, während sich bei den Bruträubern *Maculinea arion* und *M. teleius* selten mehr als ein Falter in einer Wirtskolonie entwickeln kann. Wenn die Ameisen „merken“, dass sie da einem Wolf im Schafspelz auf den Leim (Honigtau) gegangen sind, der sich zudem gar nicht wie ein Gastfreund in ihrem Bau verhält, haben die frisch geschlüpften Bläulinge immer noch einen Trick zum rechtzeitigen Entkommen auf Lager: Sie tragen bewachste Schuppen, die ihre Verfolger irritieren und eine Weile dabei behindern, den jungen Schmetterling zu überwältigen.

Und noch etwas ist den Ameisenbläulingen bei uns gelungen, und das ganz ohne evolutive Anpassung. Seitdem sie aufgrund ihrer speziellen Ansprüche an Lebensräume, die in unserer modernen Kulturlandschaft selten geworden sind, im Rahmen des europäischen Schutzgebietssystems Natura 2000 durch FFH-Gebiete für Ameisenbläulinge und ihre Futterpflanzen geschützt werden müssen und auch einem besonderen Schutz vor Eingriffen wie Straßenbau oder Siedlungserweiterung genießen, sind diese kleinen „blauen“ Schmetterlinge für viele Landräte und Bürgermeister keine Unbekannten mehr. Und selbst das Wort „*Maculinea*“ geht diesen inzwischen locker über die Lippen.



Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling auf seiner bevorzugten Falter-Diätpflanze

2.14 Tierisch täuschen: Tarnen und Warnen

Zu den zweifellos eindrucksvollsten Naturphänomenen, die uns an allen – und vermutlich viel zu einfachen – Erklärungsversuchen der Evolution beinahe scheitern lassen, gehören die verblüffenden Täuschungsmanöver durch Tarn- und Warnkleider, aber auch durch besondere Verhal-

tensweisen, die sich bei vielen Verwandtschaftsgruppen der Tiere finden lassen. Höchst bemerkenswerte Beispiele in beachtlicher funktionaler Bandbreite führen unter anderem die Insekten vor. Aber auch in anderen Verwandtschaftskreisen und vor allem bei den verschiedenen Wirbeltierklassen sind entsprechende Beispiele zu entdecken. Wir werden daher auch in anderen Kapiteln des Buches auf diese erstaunlichen Naturerscheinungen zurückkommen müssen. Hier geht es aber zunächst nur um einen ersten Überblick. Die Fülle der erwähnenswerten Fallbeispiele ist groß, und so mögen einige wenige, aber geradezu spektakuläre Tricks und Täuschungsmanöver vorerst genügen.

(K)eine leichte Beute

Sie werden dieses Phänomen aus Naturfilmen oder Bildbänden kennen, denn kein ambitionierter Naturfotograf lässt solche faszinierenden Fallbeispiele aus: Pflanzen und Tiere täuschen heftig und erfolgreich nach allen Regeln der Kunst. Beutegreifer lassen sich durch die gezielte Täuschung vonseiten ihrer Beutetiere wirkungsvoll austricksen oder übertölpeln sie ihrerseits wirkungsvoll durch ein überaus raffiniertes Outfit. So ahmt beispielsweise manche Fangheuschrecke in Körperform, -farbe und -haltung die Vegetation (vor allem die Blütenregion) ihrer Umgebung so perfekt nach, dass ihr die Beute ganz unvorsichtig direkt in die Fänge bzw. Greifarmer gerät. Oder eine harmlose Schlange gleicht im Erscheinungsbild total verwechselbar und sozusagen bis aufs i-Tüpfelchen einer hochgiftigen Verwandten: Die vielleicht bekanntesten Beispiele sind die vor allem in der Neuen Welt in vergleichbaren Lebensräumen verbreiteten und im Allgemeinen tödlich toxischen Korallenschlangen der Gattung *Micrurus* (Elapidae) und ihre zu verschiedenen Gattungen der ungiftigen Nattern

(Colubridae) gehörenden Verwechslungsarten. Beide Vertretergruppen tragen in der Abfolge äußerst ähnliche gelbe, schwarze und/oder rote Ringelmuster in unterschiedlich breiten Banden.

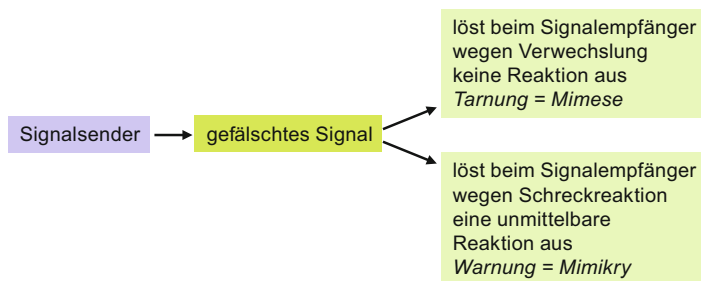
Am Anfang waren es die Schmetterlinge

Im Herbst des Jahres 1860 kehrte der anerkannte britische Naturforscher Henry Walter Bates (1825–1892) – bemerkenswerterweise ein überaus erfolgreicher Autodidakt – von einer mehr als ein Jahrzehnt andauernden Forschungsreise durch die Regenwälder Brasiliens und vor allem gesundheitlich bedingt in die Heimat zurück. Anfangs war er dort mit dem ebenfalls nicht akademisch vorgebildeten, aber später in der Szene sehr angesagten und bis heute anerkannten Alfred Russel Wallace (1823–1913) unterwegs, der dann aber eigene Wege ging und es in der Fachwelt ebenfalls zu beachtlichem Ansehen brachte. Zu Bates' bewundernswert gigantischer Ausbeute gehörten rund 14.000 Arten neu zu beschreibender Pflanzen und rund 8000 bisher unbekannte Insektenspezies.

Vor allem in seiner umfangreichen Schmetterlingssammlung fiel ihm beim genaueren Hinsehen ein höchst merkwürdiges Phänomen auf: Es gab neben den vielen Exemplaren der Gattung *Ithomia* (Familie Heliconidae) auch immer wieder zum Verwechseln ähnlich aussehende Individuen aus der damit so gar nicht näher verwandten Gattung *Leptalis* (Familie Pieridae). Die Raupen von *Ithomia* ernähren sich von den giftigen Blättern bestimmter Vertreter der Apocynaceae und geben ihr massiv gespeichertes Pflanzengift über das Puppenstadium hinaus an die geflügelten Imago weiter. Die *Leptalis*-Falter sind dagegen völlig giftfrei. Sie ahmen also ihre giftigen und von Vögeln nach ersten widerlichen geschmacklichen Erfahrungen fortan gemiede-

nen Vorbilder nach und genießen somit einen wirksamen passiven Schutz. Der verdienstvolle Bates hat an diesem unterdessen in Fachkreisen berühmten Beispiel die von ihm so benannte Mimikry entdeckt und erstmals wissenschaftlich beschrieben.

Nachfolgend haben die Biologen viele solcher erstaunlichen Fallbeispiele gefunden. Mit der Zeit entstand in diesem Spezialsegment der Ökologie zudem ein üppig ausuferndes Benennungssystem mit vielen und fast schon unübersichtlichen Sonderbezeichnungen unterschiedlicher Begriffsschärfe. Mit einigen Vorbehalten (es gibt nämlich zugegebenermaßen durchaus kritische Überschneidungen) kann man die organismischen Täuschungsmanöver jedoch auf nur zwei große Gruppen verteilen: Zu unterscheiden ist dabei zunächst der Signalsender, der mit seinem Aussehen oder Verhalten ein gefälschtes Signal in seine Umgebung abgibt. Bei den Signalempfängern löst dieses überhaupt keine Reaktion aus, weil es auf Verwechslung angelegt ist und das potenzielle Beutetier als solches gar nicht erkannt wird. Diese Fälle fasst man unter dem Sammelbegriff *Mimese* oder *Tarnung* zusammen.



Im Prinzip ist die Unterscheidung von Mimese und Mimikry einfach, aber in der Natur gibt es viele Überschneidungen oder auch unscharfe Grenzen

Alternativ kann ein gefälschtes Signal(gefüge) den Signaladressaten sehr wohl interessieren und löst bei ihm auf jeden Fall eine für den Signalsender positive Reaktion aus: Solche Beispiele gruppiert man unter dem Sammelbegriff *Mimikry* oder *Warnung*. Noch einfacher kann man die Unterschiede in den Täuschungsmanövern auf die Kurzformel „Entweder unsichtbar oder knallbunt sein“ bringen.

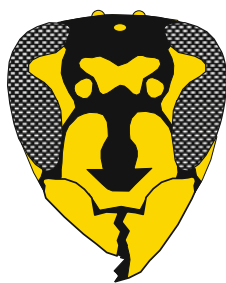
Schwarz-Gelb mahnt immer zur Vorsicht

Nicht nur in der aktuellen Politik mag man gegen eine Schwarz-Gelb-Koalition gewisse Vorbehalte kultivieren, denn die hat noch nie besonders lange und schon gar nicht besonders gut funktioniert. Aber welche Farbkombi kann das schon von sich behaupten? Auf Bundesebene langjährig betrachtet erscheint Politik immer als ein reichlich desolater Betrieb, der die Wähler eigentlich regelmäßig in tiefe Depressionen schubsen müsste. Schwarz-Gelb im wirklichen täglichen Leben funktioniert allerdings erstaunlich gut: Sie erinnern sich gewiss an die solchermaßen gestylten Warnschilder „Vorsicht! Bissiger Hund!“ Ein solches vor Augen nähert man sich dem so gekennzeichneten Grundstück doch lieber mit deutlichem Respekt. Auch Baufahrzeuge, von deren unberechenbaren Bewegungsmanövern immer ein gewisses Gefahrenmoment ausgeht, sind vorsichtshalber gelb-schwarz gekennzeichnet. Weitere Beispiele solcher Warnhinweise sind die Kennzeichnungen für radioaktives Material oder der vorsorgliche Hinweis an Stromleitungen und Umspannkästen der Elektrizitätsversorgung „Achtung! Hochspannung!“ Eigenartigerweise sind auch die Ortseingangsschilder in Deutschland gelb mit schwarzer Schrift gestaltet. Ist das etwa symptomatisch?

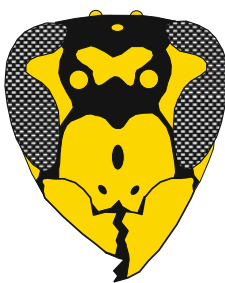
Die biologische Grundlage der schwarz-gelben Farbwahl ist leicht einzusehen: Streifenkostüme dieser Farbstellung

sind unter giftigen bzw. ungenießbaren oder sogar gefährlichen Insekten weitverbreitet. Bezeichnenderweise nennt man sie auch Wespentracht. Beobachten Sie doch einmal aus sicherer Distanz eine Runde Damen, die sich zum spätsommerlichen Kaffeeklatsch in einem Gartenrestaurant versammelt hat. Den gerade genussbereit servierten Pflaumenkuchen verstehen auch die zu dieser Jahreszeit immer zahlreich präsenten Wespen als klare Einladung und lösen folgerichtig panisch-heftige Abwehrreaktionen aus – sicherlich nicht ganz zu Unrecht, denn die generell recht schmerzhaften Wespenstiche können für Allergiker durchaus zum ernsthaften Problem werden.

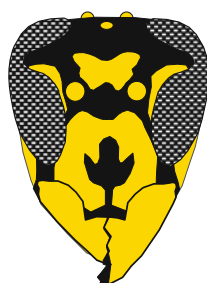
Die schwarz-gelbe Ringelung des Hinterleibs und zusätzlich ein paar gelbe Flecken oder Streifen auf Brustteil und Kopf zeichnen die meisten heimischen Wespen aus, wie die weitverbreitete Gewöhnliche Wespe (*Paravespula vulgaris*) sowie die recht ähnliche Deutsche Weste (*Paravespula germanica*), die beide nur bei Störungen im Nestbereich außerordentlich aggressiv reagieren. Dennoch: Wespen sind eigentlich recht friedliche und unproblematische Nachbarn,



Gewöhnliche Wespe



Deutsche Wespe



Sächsische Wespe

Wespen tragen ihre Wartracht mit jeweils artspezifischer Zeichnung auch im Gesicht – aber so nahe kommt man ihnen besser nicht

wenn man sie in Ruhe (und fallweise auch vom Pflaumenkuchen naschen) lässt.

Übrigens tragen auch einige Wildbienen Wespentracht, darunter die vor allem in Gärten gar nicht so seltene, aber meist verwechselte Wollbiene (*Anthidium manicatum*).

Typische Trittbrettfahrer

Gifttiere sind bestens für die Giftherstellung und den Gifteinsatz ausgerüstet – das merken wir nach jedem Wespentisch recht schmerzlich. Folgerichtig vertrauen einige völlig harmlose Arten allein auf die abschreckende Wirkung der entsprechenden Signalfarben, ohne dass sie selber den Aufwand der Giftherstellung betreiben müssen. Sie imitieren lediglich die Kostüme von Gifttieren. Harmlose, aber offenbar erfolgreiche Nachahmer beispielsweise des besonders erfolgreichen Wespendesigns sind etwa die Gebänderte Waldschwebfliege (*Volucella inanis*) sowie die Dickkopffliege (*Conops flavipes*). Alarmierend-abwehrendes Gelb-Schwarz als Zeichnungsmuster zeigen auch einige Käfer, darunter der Echte Widderbock (*Clytus arietis*).

Besonders verfeimt unter den potenziell stechenden Hautflüglern sind die Hornissen (*Vespa crabro*) mit ihrem gelb-schwarz-rotbraunen Muster, wobei die üblichen Einschätzungen sicherlich stark übertrieben sind. Außerhalb ihres Nestbereichs verhalten sich diese Tiere nämlich ausgesprochen furchtsam – man kann ihre Nester also selbst in der Nähe von Kindergärten und Schulen problemlos tolerieren. Alarm löst ihr Anblick aber mindestens so wirksam aus wie der von gewöhnlichen Wespen. Völlig harmlose Nachahmer der Hornissen mit ausgeprägter Schutzmimikry sind beispielsweise der zu den Schmetterlingen gehörende Hornissenglasflügler (*Sesia apiformis*, auch Hornissenschwärmer genannt), oder die Hornissenschwebfliege (*Volucella zonaria*).

Effektiver Wespenlook

Die klassische Wespenaufmachung hat gleich zwei entscheidende Vorteile: Einerseits tarnen Streifen schon aus der Entfernung ausgezeichnet – sie verwischen nämlich die Körperkonturen –, und andererseits springen sie im Nahbereich geradezu förmlich ins Auge. Vielen Räubern ist das Misstrauen gegenüber solchen Streifenkostümen übrigens angeboren. Der Abschreckungseffekt ist somit gewährleistet. Wie tief die Abneigung gegen Streifen sitzt, beweisen Versuche mit Staren und Hühnern, denen man als heißbegehrte Leckerbissen Mehlwürmer anbot. Die waren allerdings schwarz-gelb angemalt. Die Vögel weigerten sich standhaft, die vermeintlichen Gifttiere zu vertilgen.

Übrigens: Wespen sind trotz ihrer generellen Unbeliebtheit hochinteressante Tiere. Die allgemeinen Vorbehalte sind indessen nachvollziehbar: Sprichwörtlich in ein Wespennest zu greifen, ist eine besondere, aber sicherlich keine empfehlenswerte Erfahrung. Je nach betroffener Wespenart hat man sofort eine äußerst entschlossene und recht eindringliche Armada gegen sich – wohl nachvollziehbar, denn wie würden Sie auf einen massiven Einbruch in Ihre Wohnung reagieren?

Wenn die Gelb-schwarzen im Herbst ihre papierene Sozialwohnung verlassen haben, weil nur die regierende Königin anderswo (beispielsweise in leeren Mauselöchern) überwintert, kann man sich das grauschwarze Gebäude völlig gefahrlos ganz aus der Nähe ansehen. Seine mehrlagigen Bauteile sind hauchdünn wie Papier, aber dennoch erstaunlich tragfähig – so wie auch die inhaltsschwere Doppelseite einer großformatigen Wochenzeitung nicht unter dem Eigengewicht reißt, wenn man sie an einer Ecke hochhebt. Tatsächlich bestehen die Konstruktionselemente einer Wespenwohnung aus zerkauten und wieder verklebten Pflanzenfasern – nicht grundsätzlich anders als jedes Schreib- und

Zeitungspapier oder jede Seite dieses Buches. Die Sommerwohnung eines Wespenvolkes ist somit eine Hängetüte mit komplexem Innenausbau.

Übrigens: Jedes Konversationslexikon schreibt die Erfindung des Papiers den Chinesen zu. Schon im ersten nachchristlichen Jahrhundert soll der wunderbare Werkstoff aus Pflanzenstängeln in Fernost in Gebrauch gewesen sein. Diese technikgeschichtliche Zuweisung ist dringend revisionsbedürftig: Die Sozialen Faltenwespen beherrschten die Papierherstellung mindestens ein paar Jahrhunderttausende früher.

Ausgetrickste Trickbetrüger

Mit dem giftigen Schein allein ist es aber nicht getan. Die Rechnung der trittbrettfahrenden Täuscher kann allerdings nur dann aufgehen, wenn ihre Originale häufiger vorkommen als die Fälschungen. Ansonsten würden die Räuber rasch begreifen, dass sie an der Nase herumgeführt werden und der Wohlgeschmack die Regel, die Ungenießbarkeit dagegen die Ausnahme ist. Außerdem halten sich nicht alle Räuber an die Spielregeln. Nach dem Motto „sicher ist sicher“ schlägt etwa der Bienenfresser alle seine Beutetiere, egal ob giftig oder nicht, vor dem Verzehr im Schnabel haltend, mehrmals auf eine harte Unterlage, meist einen Ast. Dabei wird auch der gefährliche Stechapparat von Bienen oder Wespen unweigerlich zerstört. Bei seinen anderen Beutetieren unter den Großinsekten (vor allem Libellen) hat er damit keine Probleme.

Unsichtbar machen – Mondvögel, Zahnspinner und Wandelnde Blätter

Sich durch Verstecken unsichtbar machen, ist für Kinder ein großes Vergnügen. Die Kleineren unter ihnen glauben manchmal sogar, dass sie nicht gesehen werden, wenn sie die Hände vor das Gesicht legen und dann selbst nichts sehen können. Etwas älter, wünschen sich nicht wenige, durch Aufsetzen einer Tarnkappe oder Umlegen eines Stoffs unsichtbar werden zu können. Bedingt gelingt die optische Unsichtbarkeit im militärischen Bereich, beispielsweise durch Anlegen einer Tarnkleidung. Aber auch Tierfotografen bedienen sich derartiger Tarnung, wenn es darum geht, scheuen Tieren näherzukommen, die auf optische Auslöser reagieren. Doch wie so oft: Wenn wir uns im Tierreich umschauen, finden wir sehr viel genialere Tarnkünstler unter den Mitgeschöpfen als unter uns.

Besonders genial tarnen sich einige Vertreter aus der Insektensippe. So gleicht der Mondvogel oder Mondfleck (*Phalera bucephala*), ein Nachtfalter aus der Familie der Zahnspinner (Notodontidae), auf einem Zweig sitzend geradezu verblüffend vor allem einem gebrochenen Birkenzweig. Dem mit 3,2 cm Körperlänge und 5,5 bis 6,8 cm Flügelspanne doch recht großen Falter gelingt die perfekte Tarnung nur bei angelegten Flügeln. Für die Illusion „gebrochener Zweig“ dient ausgerechnet der hellbraune Fleck auf seinen Flügelspitzen, der bei ausgebreiteten Flügeln so auffällig ist, dass er zum Namensgeber für die Art wurde. Mondvögel sind von der Iberischen Halbinsel über ganz Europa bis Ostasien verbreitet. Im Norden kommen sie bis südlich des Polarkreises vor. Bei uns kommen sie in Laubwäldern und Parks, vom Flachland bis 1600 m Höhe vor. Dort fliegen sie nachts von Mai bis Juli, häufig angelockt von Lichtquellen.

Wenn Tiere sich in Gestalt, Farbe und Haltung einem Teil ihres Lebensraumes so anpassen, dass sie für optisch orientierte Fressfeinde nicht mehr von der Umgebung zu unterscheiden sind, wird diese Form des Tarnens als *Mimese* (altgriechisch *μίμησις/mímēsis*, Nachahmung) bezeichnet. Arten wie der Mondvogel und die Folgebeispiele betreiben eine *Phytomimese*, indem sie in Haltung, Farbe und Gestalt Pflanzenteile nachahmen. So auch die Falter der Familie der Zahnspinner (*Notodontidae*). Charakteristisch für diese über ganz Europa verbreiteten Nachtfalter ist ein Zähnchenkranz am Flügelrand sowie Flügelmuster, die farblich an die Oberfläche von Baumrinden angepasst sind (*Rindenmimese*). Die Schmetterlinge sind so während ihrer Tagesruhe für ihre Fressfeinde nahezu unsichtbar. Bei einigen Arten dieser Familie wie beispielsweise beim Birken-Gabelschwanz oder dem Buchen-Gabelschwanz sehen die Puppenkokons ebenfalls wie die Rinde der Bäume aus, an denen sie befestigt sind. Auch an unbelebte Gegenstände kann die Anpassung erfolgen (*Allomimese*), so wenn beispielsweise einige Kleinschmetterlinge wie Vogelkot aussehen.

Eine andere Insektensippe hat die *Phytomimese* so perfektioniert, dass man ihr den Namen „Wandelnde Blätter“ (*Phyllinae*) gab. Diese Unterfamilie gehört zur Ordnung der Gespensterschrecken und ist im gesamten indopazifischen Raum heimisch. Ihr blattartig verbreiteter Körper lässt die Wandelnden Blätter als Laubblatt erscheinen. Und selbst die Beine dieser Tarnkünstler sind durch blattartige Verbreiterungen (*Loben*) optimal an diese Blattmimese angepasst. Wandelnde Blätter müssen nicht unbedingt grün sein. Art- und herkunftsabhängig gibt es auch gelbe, braune, rötliche, einfarbige oder gesprenkelte Vertreter dieser Sippe. Bei einigen Arten sind die Individuen so unterschiedlich gefärbt, dass man glaubte, unterschiedliche, neue Arten vor sich zu haben und sie mehrfach beschrieb.

Die Weibchen der Wandelnden Blätter sind aufgrund ihres sehr breiten Hinterleibs noch blattähnlicher als die Männchen. Blätter dienen den Wandelnden Blättern nicht nur zur Nachahmung, sondern auch als Nahrung. Auch ahmen sie die Pflanzenblätter nicht nur durch ihr Erscheinungsbild, sondern auch mit ihrem Verhalten nach. So verharren diese nachtaktiven Insekten am Tag oft stundenlang in völliger Regungslosigkeit. Erst wenn sie gestört werden, gaukeln sie durch schaukelnde Bewegungen ihren möglichen Fressfeinden ein sich im Wind bewegendes Blatt vor, um so dem Entdeckt werden zu entgehen. Offensichtlich beherrschen Wandelnde Blätter diese Tarnkunst schon seit Millionen von Jahren, wie es Fossilfunde aus dem Eozän nahelegen. Auch wenn die Hauptstrategie aller Arten Wandelnder Blätter eine möglichst perfekte Blattmimese ist, können einige auch durch Abwerfen ihrer wieder nachwachsenden Beine (Autotomie), durch Lauterzeugung mit ihren Antennen (Stridulation) oder durch Verspritzen von



Haben Sie die Raupe des Beifußmönchs entdeckt?



Die Raupe des Birkenspanners entdeckt man nur bei genauestem Hinsehen



Eine Hornisse verbreitet – weitgehend unbegründet – fast immer Angst und Schrecken



Viele Nachahmer imitieren die angeblich so gefährliche Hornissen-tracht – so auch die Hornissen-Schwebfliege



Der schwarz-gelbe Widderbock nutzt die allgemein abschreckende Wirkung der Wespentracht



Alles nur Theater: Harmlose Schwebfliegen auf den Blütenständen der Wegwarte

scharf riechendem Wehrsekret ihre Feinde, falls von ihnen entdeckt, erfolgreich abwehren.

2.15 Und plötzlich große Augen machen

Das Diktat der Nahrungsketten ist einfach unerbittlich: Die Kleinen werden eben ganz planmäßig und planmäßig von den Großen gefressen. So stehen denn auch viele Insekten folgerichtig auf dem Speiseplan von vielen Vogel- und auch Säugetierarten. Aber wer lässt sich schon gerne und ganz widerstandslos so ohne Weiteres verputzen?

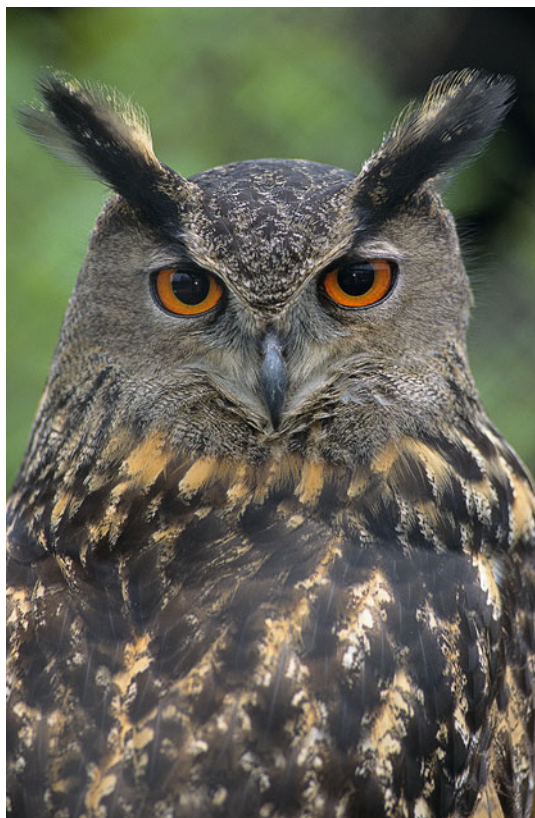
Zum Glück für die potenziellen Opfer und zur besonderen Freude der Ökologen hat die Evolution viele Arten mit Gestalt- und Verhaltensmustern ausgestattet, die deren Überlebenschancen deutlich erhöhen. Eines der vielen frappierenden Beispiele inszeniert etwa das weithin bekannte

und glücklicherweise noch häufige Tagpfauenauge (*Inachis io*): In Ruhestellung an einem Pflanzenstängel sitzend, klappt der betont hübsche Falter seine beiden Flügelpaare einfach nach oben und zeigt dann nur noch deren monochrom dunkelbraune Unterseite. Man muss schon recht genau hinsehen, um ein ruhendes Tagpfauenauge nicht einfach für ein welkes Blatt zu halten. Sollte jedoch ein cleverer, weil erfahrener Kleinvogel den ruhenden Falter entdeckt haben und sich aus der Nähe zu intensiv für ihn interessieren, ergreift dieser nicht sogleich die Flucht, sondern klappt erst einmal seine Flügel herunter.

Schau mir auf die Augen, Kleines

Sofort starren den potenziellen Angreifer gleich zwei bedrohlich dreinblickende und sicherlich furchteinflößende Augenpaare an – buchstäblich ein durchaus aufregender Augenblick. Jede der Flügelecken trägt nämlich ein aus vielen winzigen Schuppen zusammengesetztes Auge mit perfektem Make-up: Die dunkle Wimperumrandung fehlt ebenso wenig wie die farbig aufleuchtende Iris, die weit geöffnete Pupille oder der Glanzpunkt des widergespiegelten Lichtes. Die Flügelaugen dieses Falters sehen damit gar zu sehr den Augen eines Greifvogels ähnlich. Sogar der Durchmesser der Augenzeichnungen und deren Abstände stimmen. Das ist für den potenziellen Falterkonsumenten Grund genug, sofort das Weite zu suchen. Die Augen eines Todfeindes stellen für Vögel einen Schlüsselreiz dar – sie signalisieren höchste Gefahr und lösen jeweils eilige Flucht aus.

Das Augen-auf-und-hau-ab-Manöver funktioniert natürlich nicht immer. Aber selbst wenn der Widersacher den Falter am Flügelrand packen kann, ist dieser noch nicht verloren: Schmetterlingsflügel sind außerordentlich dünnhäutige Gebilde, und mit einem beherzten Ruck erbeutet



Der immer ein wenig bedrohlich dreinblickende Uhu ist einer der Mustergeber für die Augenmotive auf den Schmetterlingsflügeln

der Angreifer allenfalls ein Flügelfeld zwischen den Flügeladern. Schaut man sich im Sommer die umhergaukelnden Falter einmal genauer an, wird man so manches Individuum mit verräterischen Macken an den Flügelrändern entdecken, die man fachmännisch Bissmarken nennt.

Täuschend ähnlich aufgemachte Flügelaugen gibt es auch bei anderen Falterarten, darunter beim Abendpfauenaugen (*Smerinthe ocellata*), einer Falterart, die mit dem Tagpfauen-

auge gar nicht näher verwandt ist, sondern zu den Schwärmern gehört. Bei dieser Spezies sind die Vorderflügel tarnfarbig graubraun gemustert, aber die Hinterflügel tragen eine perfekte Augenzeichnung von ähnlicher Designqualität wie beim Tagpfauenauge. Der ruhende und dann irgendwie beunruhigte Falter rückt nun nur die Vorderflügel ein wenig zur Seite, und schon gibt es auch hier für einen allzu neugierigen Kleinvogel überaus aufregende Augenblicke, die momentan wirksam Panik auslösen.

2.16 Partnersuche mit leuchtendem Hinterteil

Ein schöner, warmer und vor allem trockener Sommerabend hat Ihnen gewiss schon einmal das folgende (aber aus mancherlei Gründen leider immer seltener wahrnehmbare) Naturerlebnis beschert: Geradezu gespenstisch hellgrün leuchtende kleine Punkte kreisen in geregelten Flugbahnen über der niedrigen Vegetation auf Wiesen oder an Gebüschrändern. An, aus, an, aus – so ziehen sie beeindruckend, langsam und kontinuierlich ihre Bahnen. Auch bodennah sind bei gezielter Nachsuche immer wieder einmal kleine Lichtpunkte zu sehen, die ebenso rhythmisch an- und ausgehen: Die Verursacher sind die Männchen bzw. Weibchen einer der wenigen in Mitteleuropa vorkommenden Leuchtkäferarten aus der doch recht großen Käferfamilie Lampyridae. Weltweit sind es weit über 1500 (nach anderen Angaben etwa 2000) Arten. Meist sieht man bei uns nur die fliegenden Männchen des Kleinen Leuchtkäfers (*Lamprohiza splendidula*), denn bei seinem größeren Verwandten *Lampyris noctiluca* tragen die Männchen keine Leuchtorgane.

Glühende Sehnsucht

Umgangssprachlich bezeichnet man zumindest die aktiv leuchtenden Weibchen der Leuchtkäfer als Glühwürmchen. Wegen der terminlichen Koinzidenz der Hauptaktivitätsphase von *Lamprohiza* mit dem sommerlichen Johannistag im Juni nennt man die Tiere regional auch Johannismwürmchen. Tatsächlich sehen nur die Männchen der heimischen Arten wie „richtige“ Käfer aus. Die stets flügellosen Weibchen erinnern stattdessen in ihrer unauffällig schmucklosen Tracht eher an Insektenlarven, was dieser Verwandtschaft folgerichtig die zweifellos falsche, aber dennoch nachvollziehbare Gesamtbezeichnung „Glühwürmchen“ eingetragen hat. Interessanterweise können bei vielen (tropischen) Arten auch die Eier und sogar die Puppen leuchten. Das ist insofern erstaunlich, als es nur bei den reifen Adulttieren einen klaren biologischen Auftrag für die arttypisch abgestrahlten Lichtsignale gibt:

Die von besonderen Drüsenfeldern am Hinterleib ausgesendeten und meist nur sekundenlang andauernden Lichtsignale sind nämlich für die Biologie der Arten äußerst belangvoll, denn sie dienen bei den überwiegend bis ausschließlich in der sommerlichen Dunkelheit aktiven Tieren der gezielten Zusammenführung der Paarungspartner. Während die leuchtenden Männchen aktiv umherfliegen, sitzen die ungeflügelten und paarungsbereiten Weibchen bodennah in der meist kurzwüchsigen Vegetation. Die üblicherweise nur sekundenlangen und bezeichnenderweise genau (nach einem noch unbekannten und ganz exakt gesteuerten Mechanismus) ausgesendeten Lichtblitze der umherfliegenden und ein Weibchen suchenden Männchen des Kleinen Leuchtkäfers werden schon nach etwa zwei Sekunden vom Weibchen gezielt beantwortet. Beim Großen Leuchtkäfer verlässt sich das Männchen nur auf das „grüne Licht“ des Weibchens. Daraus abzuleiten, die leuch-

tenden Käfer der trockenwarmen Sommernächte hätten nicht nur einen leuchtenden, sondern auch einen heißen Po – liegt allerdings reichlich daneben. Leuchtkäfer verfügen nämlich über die bei Tieren mehrfach entwickelte und ausgesprochen bewundernswerte Fähigkeit der Biolumineszenz. Das von ihnen erzeugte organismische Licht bzw. Leuchten entsteht durch eine geniale chemische Reaktion der Stoffe Luciferin und Luciferase, energetisch buchstäblich angefeuert durch die universelle Energiewährung Adenosintriphosphat (ATP). Das Ergebnis ist ein grünliches Licht, bei dem aber fast keine Wärme freigesetzt wird. Die aufgewendete ATP-Energie wird fast vollständig in Licht umgesetzt – und nicht wie bei der Glühbirne in bis zu 90 % Wärme. Wer ist hier wohl (wieder einmal) der bessere Techniker – der Mensch oder die Natur?

Artspezifische (und manchmal gefährliche) Signalfeuer

In Nordamerika kommen mehrere Arten der Leuchtkäfergattung *Photinus* vor. Die von den fliegenden Männchen gezogenen Leuchtspuren unterscheiden sich artspezifisch in der jeweiligen Flughöhe, in Dauer und Aufeinanderfolge der jeweiligen Einzelblitze und in gewissem Maße auch im abgestrahlten Spektralbereich. Zudem ist für die Zusammenführung der Paarungspartner bedeutsam, welches Zeitintervall ein Weibchen verstreichen lässt, ehe es auf die Suchsignale des Männchens mit Gegenblitzen antwortet.

Aber: Es ist fast so wie im menschlichen Leben: Alle wunderbar funktionierenden Systeme werden fallweise auch immer wieder einmal pervertiert – so auch im Fall der Leuchtkäfer. Die Weibchen der nordamerikanischen Gattung *Photuris* versenden zwar für ihren eigenen Fortpflanzungsbetrieb die zuverlässig funktionierenden arteigenen Signale,



Die Männchen der Leuchtkäfer sehen aus wie „richtige“ Käfer



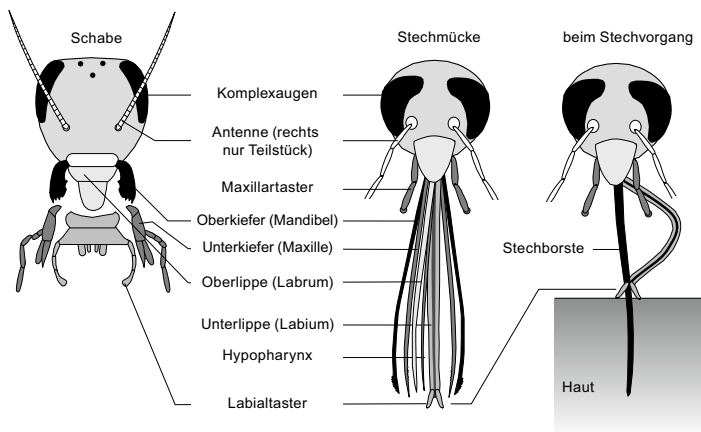
Nur die weiblichen Individuen der Leuchtkäfer entsprechen dem üblichen Bild eines „Glühwürmchens“

aber eben auch die in Frequenz und Lichtleistung täuschend ähnlich nachgeahmten Signalcodes etwa der Weibchen von *Photinus sanguineus* oder sogar anderer Arten. Die betreffenden *Photinus*-Männchen fallen darauf auch prompt herein, landen hoffnungsfroh neben dem blinkenden *Photuris*-Weibchen – und werden erbarmungslos gefressen. Das erinnert doch irgendwie fatal an die altgriechische Sage, die über verführerische Sirenen berichtet.

2.17 Perfide und präzise: Naturphänomen Mückenstich

Nein – ganz bestimmt nicht: Das hat die Natur gewiss nicht betont rücksichtsvoll eingerichtet: Da benötigen die Weibchen mancher heimischer Stechmücken doch tatsächlich eine sattsame Blutmahlzeit, um ihre schon befruchteten Eier weiter reifen zu lassen. Meist überfallen sie ihre Opfer in der Dunkelheit. Die hässlich hohen Frequenzen von Stechmückenweibchen, die auf der Suche nach einem geeigneten Lande- und Tankplatz so unangenehm dicht am Ohr vorbeifliegen, sind der Alptraum so mancher lauen Sommernacht. Sie bedeuten meist auch das vorläufige Ende eines erquickenden Schlafes, selbst wenn es gar nicht zu einer unfreiwilligen Blutspende kommt.

Sollte aber ein solcher zweiflügeliger Minivampir unbemerkt auf ein Fleckchen Ihrer blanken Haut niedergegangen sein, läuft augenblicklich eine ziemlich perfid-perfekte Inszenierung ab: Sekundenschnell vertieft das Mückenweibchen seine dünnen, superspitzen und vorne mit feinsten Sägezähnen ausgestatteten Stechborsten etwa bis zur Hälfte in Ihre Haut und löchert dort zielgenau ein feines Blutgefäß – präzise, lautlos, schnell und effektiv. Jetzt injiziert die Mücke zudem aus ihren Speicheldrüsen auch noch



Funktionieren unglaublich exakt: Die Mundwerkzeuge einer Stechmücke erreichen immer ihr Ziel

einen komplexen Stoffmix, der überaus wirksam die sonst sofort einsetzende Blutgerinnung blockiert. Aus der Sicht der Mücke ist das enorm hilfreich, denn sonst würde das aufgesogene Blut schon sofort in ihrem Saugrohr durch Gerinnung verklumpen. Außerdem würde sich die frisch angezapfte Blutkapillare durch den Gerinnungsprozess wieder augenblicklich verschließen.

Diese stoffliche Interaktion entgeht unserem attackierten Körper natürlich nicht: Er reagiert erstaunlich schnell auf die von der Mücke eingebrachten Fremdstoffe und setzt an der Einstichstelle als erste Abwehrmaßnahme die hormonähnliche Substanz Histamin ein. Diese Verbindung, die auch bei allen allergischen Reaktionen immer im Spiel ist, verursacht die alsbald einsetzende Schwellung und Rötung des Mückentatorts. Der gleichzeitig auftretende Juckreiz ist dabei nichts anderes als ein kleinstflächig begrenzter Schmerz als gemeinsame Antwort der dort beim unfreiwilligen Blutspendetermin ebenfalls getroffenen freien Nervenenden.

2.18 Wächserne Geometrie

Honigbienen sind zweifellos ein absolutes Phänomen: Über sie lässt sich tatsächlich eine Menge fast unglaublicher Details berichten. Da wäre zunächst ihre bestaunenswert hochgeordnete Sozialstruktur mit den entwicklungsabhängig verschiedenen Aufgabenbereichen, die eine Arbeiterin während ihres vergleichsweise kurzen Lebens von nur etwa drei Wochen sozusagen karrieremäßig durchläuft. Ein Bienenvolk von eventuell mehreren zehntausend Mitgliedern benötigt zudem ein zuverlässig funktionierendes Koordinations- und Kommunikationssystem – die vom Münchner Zoologen Karl von Frisch (1886–1982) entdeckte und genauer analysierte Bienensprache (1973 verdienentermaßen mit dem Nobelpreis dekoriert) besteht aus getanzten Nachrichten an die Stockgenossinnen – eine immer wieder großes Erstaunen hervorrufende Leistung, die im Tierreich zweifellos ihresgleichen sucht. Die uneingeschränkte Begeisterung über dieses ausgeklügelte Verständigungssystem lässt sich sogar noch steigern, wenn man bedenkt, dass diese ohnehin schon erstaunliche Kommunikation in völliger Finsternis stattfindet, denn in einem Bienenstock ist es gewöhnlich stockdunkel. Und überhaupt: Die Honigbiene ist das einzige domestizierte Insekt und eines der am besten erforschten noch dazu.

Leider trägt sie den falschen wissenschaftlichen Artnamen: Der schwedische Arzt und Naturforscher Carl von Linné (1707–1778), der für alle Lebewesen ein umfassendes Benennungs- und Einteilungssystem mit zweiteiligen aus dem Lateinischen oder Altgriechischen entnommenen Begriffen entwarf, gab der Honigbiene 1758 in der zehnten Auflage seines Hauptwerkes *Systema Naturae* den Namen *Apis mellifera* (= die Honigtragende). Als ihm jedoch klar wurde, dass die Honigbienen lediglich Nektar

einsammeln und daraus erst im Stock über einen mehrstufigen Prozess den begehrten Honig herstellen, benannte er sie 1761 in einer weiteren Auflage in *Apis mellifica* (= die Honigmachende) um. Nach den heutigen international sehr streng gehandhabten wissenschaftlichen Benennungsregeln ist jedoch nur *Apis mellifera* der gültige, weil ältere Name, wenngleich er begriffsinhaltlich bedauerlicherweise nicht völlig korrekt ist.

Baumeisterin Biene

Eine der besonderen, aber oft nicht genügend gewürdigten Kollektivleistungen eines Bienenvolkes ist der Wabenbau. Waben werden immer senkrecht angelegt und haben untereinander einen Abstand von etwa maximal 10 mm, sodass die Bienen in den Zwischenräumen Rücken an Rücken ohne nennenswerte gegenseitige Behinderung agieren können. Imker haben den Wildbienen diese Idealdistanz abgeschaut und bieten ihren Völkern mit vorgefertigten Holzrahmen genau diese Optimaldistanz an.

Waben mit Wohnzellen für die Larven und kurze Zeit später für die Puppen bauen auch andere soziale Hautflügler wie die Hummeln und die Faltenwespen. Ihre zum Teil aus anderem Material erbauten Konstruktionen stehen hinter der Exaktheit einer wächsernen Bienenwabe meist weit zurück.

Die bewundernswerte Baumeisterin Honigbiene baut somit die weitaus vollkommensten Waben. Jede Wabenzelle ist ein perfektes Sechseck – je zwei Wabenwände schließen immer einen stumpfen Winkel von exakt 120° mit nur minimalen Abweichungen von höchstens 2 % ein. Während Wespen ihre Brutzellen aus zerkaute Holz herstellen, produzieren die Honigbienen ihren typischen Baustoff selbst in insgesamt acht Drüsenfeldern, die auf vier Segmenten

des Hinterleibs paarig angelegt sind. Ihre volle Leistungsfähigkeit erreichen die Arbeitsbienen zwischen ihrem 12. und 18. Lebenstag. Jedes hier ausgeschwitzte Wachsplättchen wiegt nur etwa 0,8 mg. Für eine große Wabe von 1 kg Leergewicht sind tatsächlich 1,25 Mio. Wachsplättchen erforderlich. Wachs als Drüsenprodukt ist chemisch gesehen ein unerwartet komplexer Stoffmix aus rund 300 verschiedenen Komponenten. Die bauchseits abgeschiedenen Wachsplättchen werden mit den Mundwerkzeugen durchknetet und durch weitere Drüsensekrete in eine Konsistenz überführt, mit der die Biene bestens arbeiten kann. Etwa 100 g Wachs reichen aus für etwa 8000 Wabenzellen – das Ergebnis von rund 125.000 einzeln ausgeschwitzten Wachsplättchen. Ein durchschnittlich bemessenes Bienen-nest umfasst etwa 100.000 Wabenzellen. Auf einer Fläche von 1 dm² (entspricht einer durchschnittlichen Hand ohne die Finger) finden im Durchschnitt 420 Wabenzellen Platz. Die Arbeiterinnenzellen weisen einen Durchmesser von ziemlich konstant 5,3 mm bei 10–12 mm Tiefe auf; sie fassen somit 0,3 mL bzw. 0,4 g Honig mittlerer Dichte (1,4 g/mL). Die etwas geräumigeren Drohnzellen messen 6,9 mm Breite bei 14 mm Tiefe. Wesentlich größer sind die Weiselzellen (Tiefe bis 25 mm), in denen einmal eine Königin Platz finden soll.

Geometrie einer Wabe

Das Erscheinungsbild einer Wabe zeigt eine geradezu unglaublich exakte Geometrie der einzelnen Wabenzellen, über die sich schon große Geister der exakten Naturwissenschaften wie Galileo Galilei (1564–1642) oder Johannes Kepler (1571–1630) gebührend gewundert haben. Heute weiß man, dass die Genialität des Wabenbaus sich aus einem bemerkenswerten, wenngleich ungewöhnlichen Selbstorga-

nisationsprozess ergibt, dem die spezifische Wachsphysik mit ihrem Wechsel von der pseudokristallinen zur amorphen Gestalt (bei etwa 25 °C und erneut bei ca. 40 °C) sehr entgegenkommt – ablesbar an den sprunghaften Änderungen in der Plastizität des Bienenwachses.

Wenn Bienen mit dem Wabenbau beginnen und die nur 0,07 mm dicken Wände der Wabenzellen hochziehen, dienen ihnen ihre eigenen Körperabmessungen gleichsam als Schablone. Zunächst sind die gerade erbauten Wabenzellen also Zylinder. Spezielle Heizerbienen erwärmen deren Wachs auf etwa 40 °C und bringen so die dünnen Zellennwände zum fließenden Schmelzen. Die innere mechanische Spannung im Wachs formt dabei automatisch brettebene und perfekt glatte Zellennwände mit einem Einschlusswinkel von exakt 120° – ein überaus erstaunliches Beispiel von passender Materialkonsistenz und daraus folgender Selbstorganisation. Regelmäßige Sechsecke entstehen in der unbelebten und belebten Natur tatsächlich immer dann, wenn gleich verteilte, gegeneinander wirkende Kräfte im Spiel sind. Eine besondere mathematische Begabung muss man den wabenbauenden Honigbienen demnach gar nicht unterstellen. Sie nutzen lediglich – aber irgendwie dennoch genial – die bemerkenswerten Eigenschaften ihres körpereigenen Sekretes Wachs. Bedenken Sie dies unbedingt, wenn Sie nächstens à la saison die wächsernen Kerzen Ihres Adventskranzes oder Weihnachtsbaumes anzünden.

Bienenfleiß im Honigglas

Während Wespen ihre Brut ausschließlich mit Fleisch ernähren und selbst nur süße Pflanzensäfte (beispielsweise von Ihrem Pflaumenkuchen) schlürfen, sind die Bienen in allen Lebensstadien reine Vegetarier und in ihrer Ernährung ganz auf Blütenstaub (Pollen als Proteinnahrung) und Flüs-

sigkost (Kohlenhydratnahrung Nektar und Honigtau, die zuckerigen Ausscheidungen von Blattläusen) angewiesen.

Bienen sammeln bei ihren Blütenbesuchen Nektar und/oder Pollen. Mit ihrem Saugrüssel schlürfen sie den Nektar in ihren im Hinterleib gelegenen, etwa stecknadelkopfgroßen Honigmagen. Dieser ist durch einen Ventilverschluss vom Darm abgeriegelt. Beim Pollen- und vor allem beim Nektarsammeln darf eine Arbeiterin allerdings nur so viel Zuladung aufnehmen, dass sie ihr Startgewicht nicht überschreitet. Andererseits sind die ausbeutbaren Nektarmengen der Blüten mitunter sehr gering. Eine Sammlerin muss für eine komplette Honigmagenfüllung (rund 250 mg) beispielsweise etwa 1000 Klee- oder 200 Taubnesselblüten anfliegen. Aus jeder besuchten Blüte gewinnt sie art- und tageszeitenabhängig etwa 0,1–1 mg reinen Zucker. Ein gestrichener Teelöffel Honig entspricht der Tagesleistung von rund zwei Dutzend Sammelbienen.

Die eingesammelte Flüssignahrung ist, auch wenn sie im Honigmagen der Biene transportiert wird, zunächst noch flüssiger Nektar und durchaus noch kein eingedickter Honig. Im Stock würgt die Sammlerin ihr Transportgut aus und gibt es an Stockbienen weiter. Durch wiederholte Weitergabe wird der Wasseranteil stufenweise verringert. Auch bei der Speicherung in den Waben verdunstet ein Teil des Wassers. So wird aus etwa drei Teilen Nektar schließlich ein Teil Honig.

Rechnet man diesen Wert zurück, so müssen die Bienen für ein 500-Gramm-Honigglas etwa 2 Mio. Blütenbesuche erledigen. Dazu ist eine Flugstrecke bis zu 120.000 km (= dreifacher Erdumfang) nötig. An einem einzigen ertragreichen Sommertag kann ein fleißiges Bienenvolk etwa 1 kg Honig zusammenbringen. Nur wenn die Nektartracht ungewöhnlich ergiebig ist, wie beispielsweise bei einem blühenden Rapsfeld, ist die Ausbeute deutlich höher.



An Exaktheit kaum zu toppen: *links oben* die (zuvor schon mit Honig befüllten und deswegen dunkleren) Zellen von Arbeiterinnen, *rechts unten* die als Neubauten bislang noch nicht belegten und etwas größeren Drohnenzellen

2.19 Der Gang durch die Instanzen

Aktiv giftige Tiere produzieren ihre oft hochwirksamen Toxine in bestimmten Organen selbst, bewahren sie dort überaus sorgsam auf und sind somit vor verhängnisvollen Eigenattacken relativ gesichert. Immun sind sie gegen ihre eigenen Gifte in aller Regel allerdings nicht. Wenn etwa eine Korallenotter mit einer Artgenossin oder einer ebenfalls toxischen Verwandten in Konflikt gerät und wirksam zubeißt, ist das Ende der Widersacherin im Allgemeinen besiegelt.

Passiv toxische Tiere, die ihren meist verhängnisvollen körpereigenen Stoffmix immer über die Nahrung aus Fremdquellen beziehen, müssen dagegen deutlich raffinierter vorgehen. Ein bestens untersuchtes Beispiel ist

der Amerikanische Monarchfalter (*Danaus plexippus*), ein wunderschön anzusehender und in Nordamerika sehr populärer Tagfalter. Die deutlich warnfarbig schwarz-weiß-gelb gezeichneten Raupen leben auf den Blättern von ziemlich giftigen Vertretern der Seidenpflanzengewächse Asclepiadaceae bzw. Apocyanaceae, vor allem auf bestimmten Spezies der Gattung *Asclepias* spp., die in Nordamerika als Zierpflanzen sehr beliebt sind. Diese Pflanzen enthalten – wie bereits ihr deutscher Name Hundsgiftgewächse hinreichend deutlich signalisiert – hohe Konzentrationen an Cardenoliden (herzwirksame Glykoside wie Calotropin und Calactin). Diese Substanzen haben die üble Eigenart, die in der Zellmembran von Nerven- und Muskelzellen verankerten Na^+/K^+ -abhängigen Ionenpumpen (i.e. spezifischen ATPasen) zu blockieren. Sie stören damit extrem empfindlich das normale elektrische Ruhepotenzial von Nerven oder Muskeln, das eben über Ionengleichgewichte aufrechterhalten wird.

Obwohl die *Danaus*-Raupen über die Nahrungsaufnahme mit *Asclepias*-Cardenoliden geradezu überschwemmt werden, zeigen sie sich von dieser Toxinwirkung gänzlich unbeeindruckt. Diese überaus bemerkenswerte Resistenz ist heute bis in die molekularen Details bekannt. Tatsächlich sind bei ihnen an der enzymatischen Bindungsstelle für Cardenolide der sonst üblichen Zellmembran-ATPasen nur zwei Aminosäuren ausgetauscht – aber die Folgen sind enorm: Hier können die sonst mit bemerkenswerter Spezifität agierenden Cardenolide folglich nicht mehr andocken und werden somit gänzlich effektivlos im Tierkörper akkumuliert. Die Raupen sind nach ihrer erfolgreichen *Asclepias*-Blattdiät daher passiv enorm giftig – und signalisieren dies netterweise auch durch ein entsprechend farbliches Outfit.

Dabei bleibt es indessen nicht

Das toxische und nicht weiter metabolisierte Erbe aus der Fressphase der Raupen geht konsequenterweise auch auf das nachfolgende Puppenstadium über. Die Gürtelpuppen von *Danaus plexippus* sind zwar nicht besonders warnfarbig, aber in ihrem Ambiente visuell doch recht gut geschützt. Auch sie sind – weil die aus der Raupenzeit übernommenen *Asclepias*-Toxine natürlich persistieren – in erheblichem Maße giftig. Das toxische Erbe geht sogar auf die folgende Faltergeneration über: Selbst die erwachsenen Monarchfalter werden von potenziellen Beutegreifern nur sehr ungern verspeist. Dieses Schutzsystem setzt allerdings aufseiten der Konsumenten eine gewisse Vorerfahrung voraus: Wenn sich einmal ein Blauhäher oder eine andere Vogelart an dem vermeintlichen Appetithappen vergreifen oder ihn gar verschluckt haben sollte, empfindet er diesen fast momentan als – pardon – Kotzbrocken und speit ihn sofort wieder aus. Auch dieses Mimikry-System arbeitet auf der ökosystemaren Ebene also – wie üblich – nicht gänzlich verlustreich.

Ach, und übrigens: Selbstverständlich sind auch die von den Monarchweibchen abgelegten Eier passiv toxisch. Die Spur der *Asclepias*-Cardenolide durchzieht somit alle Entwicklungsstadien dieser Spezies. Allerdings weisen die Falter unter Umständen unterschiedliche Giftgehalte auf: Ihre Raupen fressen eben nicht ganz ausschließlich an *Asclepias*-Arten, sondern konsumieren eventuell auch andere und weniger giftbeladene Pflanzenarten. Vom visuellen Schutzschirm der Monarchfalter profitiert überdies der zum Verwechseln ähnlich aussehende *Limenitis archippus*, der einer ganz anderen Verwandtschaft angehört.

Auch in heimischen Gefilden

An sich ist das Jakobs-Kreuzkraut (*Seneio jacobaea*) eine durchaus ansehnliche Zier der Kulturlandschaft – wenn es denn nicht in beträchtlichen Mengen Pyrrolizidin-Alkaloide produzieren würde. Diese liegen in der Pflanze meist in Form einer weitgehend ungiftigen Vorstufe vor und werden erst in der Leber eines tierischen Konsumenten durch Oxidasen in giftige Pyrrol-Verbindungen umgewandelt, die Weidetieren wie Pferden und Rindern durchaus zum Verhängnis werden können.

Indessen leben auf dem hübschen Jakobs-Kreuzkraut die Raupen mehrerer Schmetterlingsarten, darunter die des Blut- bzw. *Jakobskrautbären* (*Tyria jacobaeae*). Sie verfügen allerdings über ein besonderes Enzym, das die aufgenommenen Pyrrolizidine in deren ungiftige N-Oxide umwandelt. Über die Puppe geben sie jedoch die gespeicherten Problemstoffe an die Faltergeneration weiter. In einem etwaigen



Der auch als Imago (meist) giftige Monarchfalter überrascht mit einer geradezu unglaublichen Biologie



Raupen vom Jakobskreuzkrautbär – giftig und glücklicherweise warnfarbig

Endkonsumenten können daraus dann wieder die toxischen Pyrrol-Verbindungen entstehen.

Bei vielen Falterarten, die aus ihrer Raupenzeit Pyrrolizidine enthalten, haben diese Verbindungen indessen noch eine ganz andere Bedeutung: Die männlichen Falter wandeln sie nämlich in Dihydropyrrolizidine um, die sie während der Balz als Pheromone einsetzen. Mithilfe eines besonderen Duftpinsels am Hinterleib übertragen sie diese auf die Antennen des Weibchens, und erst diese chemische Kennung leitet die erfolgreiche Paarung ein. Mit dem Sperma erhält das Weibchens zudem eine weitere gehörige Portion an Pyrrolizidinen, die es konsequent in seine Eier einbaut. Die schlüpfenden Jungraupen sind also schon in gewissem Maße geschützt, noch bevor sie sich selbst als Giftkonsumenten betätigen.

2.20 Wandeln auf dem Wasser

Zu den ungemein spannenden, aber meist in ihrem besonderen Ökoprofil so gar nicht wahrgenommenen Teillebensräumen eines Teichs, Weihers oder Sees gehört die jeweilige Wasseroberfläche – der unmittelbare Kontaktsaum zwischen dem aquatischen und dem atmosphärischen Milieu. Der genauere Blick auf die Oberfläche eines sommerlichen Stillgewässers überzeugt aber sofort davon, dass es auch hier eine spezifische und durchaus überraschende Biologie gibt: Die zweifellos eigenartige und häufig so nicht erkannte bzw. wahrgenommene Lebensgemeinschaft der typischen Grenzflächenbewohner nennt man Neuston.

Schlittern auf dem Oberflächenhäutchen

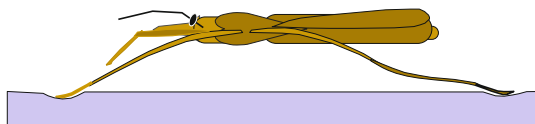
Zu den besonders interessanten Tieren dieses Teillebensraums gehören die Wasserläufer der Gattung *Gerris* aus der Ordnung der Wasserwanzen. Dazu gehören in Mitteleuropa 12 Arten der Familie Gerridae. *Gerris lacustris* ist davon eine besonders häufig anzutreffende Art. Auf dem Oberflächenhäutchen eines Binnengewässers bewegen sich diese Insekten wie elegante Schlittschuhläufer geradezu rasant schnell fort. Auch ihre insektentypischen Komplexaugen zeigen eine entsprechend spezielle Anpassung: Diejenige Augenregion, die jeweils den Luftraum kontrolliert, ist mit vielen eng stehenden Elementen (Öffnungswinkel 2–4°) ausgestattet – sie können daher alle Ereignisse auf dem Oberflächenfilm ihres Wohngewässers detailgenau und momentan verfolgen. Die ins Wasser blickenden Teile der Komplexaugen haben dagegen nur einen Öffnungswinkel von 5–10°, aber auch damit bekommen sie noch eine Menge Detailinformation mit. Die Beutetiere, überwiegend auf der Wasseroberfläche gestrandete Kleininsekten wie Zweiflügler, wer-

den mit den Vorderbeinen (bezeichnenderweise Raubbeine genannt) ergriffen. Sekundenschnell orten die enorm agilen Wasserwanzen ihre Beute über die von den Zappelbewegungen der Gestrandeten ausgelösten Schwingungswellen.

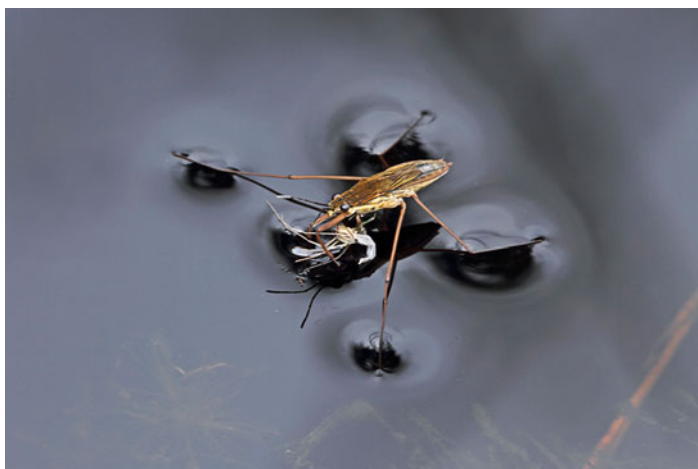
Keineswegs dem Untergang geweiht

Dass die Wasserläufer auf ihrem Wohngewässer nicht untergehen, ist mit der besonderen Ausgestaltung ihrer Beinspitzen und Füße erklärbar – hier befinden sich tatsächlich Zehntausende feinsten und vor allem hydrophober (wasserabweisender) Härchen. Weniger gut zu verstehen ist dagegen die rasche Vorwärtsbewegung mithilfe der vier langen Auslegerbeine (das erste Beinpaar wird immer eng am Körper gehalten). Wenn die Auslegerbeine paarweise nach hinten zusammenschlagen, müssten sie auf der Wasseroberfläche eigentlich ständig durchrutschen – tun sie aber erwiesenermaßen gar nicht. Bei jedem Ruderschlag erzeugt ein Wasserläufer nämlich eine kleine Oberflächenwelle, die sich mit etwa 21 cm/s nach allen Seiten ausbreitet. Da er mit seinen Beinen tatsächlich genauso schnell ausschlägt, wie diese Welle wegläuft, bleibt er mit den Beinspitzen immer auf deren Abhang und kann sich dort für den nötigen Vortrieb wirksam abstoßen und dabei erstaunliche Geschwindigkeiten erreichen.

Wasserläufer sind natürlich flugfähig. Bei ihren regelmäßigen Patrouillenflügen entdecken sie jedes noch so kleine



Wasserläufer stoßen sich bei ihren rasanten Flitzfahrten auf der Wasseroberfläche jeweils an einer kleinen Delle ab



Zielsicher und zielgenau: Ein Wasserläufer hat eine Beute erhascht

Stillgewässer, auf dem sie sich zumindest zeitweilig jagend betätigen können.

2.21 Der Palmendieb – etwa Frevel im Gartencenter?

Manche Tierarten passen einfach nicht in das übliche Bild ihrer sonstigen Verwandtschaft. Normalerweise vermutet man die großen und eindrucksvollen Vertreter der Zehnfußkrebse – etwa Hummer, Languste oder Taschenkrebse – in aquatischen Lebensräumen und vor allem im Meer. Für unsere Breiten ist diese Einschätzung völlig zutreffend, aber in den Tropen ist manches eben doch ganz anders: Hier lebt eine als Landeinsiedlerkrebse (Coenobitidae) bezeichnete Familie mit zwei Gattungen und insgesamt 16 Arten. Der Palmendieb (*Birgus latro*) ist darin der einzige Vertreter seiner Gattung. Verbreitet ist er auf den Inseln im westlichen Pazifik und im östlichen Indik. Schon im 18. Jahrhundert

war diese bemerkenswert kuriose Art bekannt – Carl von Linné (1707–1778) wählte trefflich den Artnamenzusatz mit dem lateinischen *latro* = Strandräuber.

Die Palmendiebe gehören zu den größten an Land lebenden Gliederfüßern (Arthropoden). Ausgewachsen erreichen sie immerhin eine Länge um 40 cm bei einem Gewicht von bis zu 5 kg. Die Spannweite des größten ihrer zehn Beinpaare kann ungefähr 1 m betragen. Die Tiere sind recht farbenfroh rot-orange bis blau-violett gefärbt und bieten insofern neben ihrer respektablen Größe auch einen überaus prächtigen Anblick. Obwohl sie einer ganz überwiegend aquatisch verbreiteten Verwandtschaft angehören, können Palmendiebe nicht schwimmen – sollten sie bei einer ihrer Klettertouren unglücklicherweise ins Wasser fallen, würden sie tatsächlich ertrinken. Den lebensnotwendigen Sauerstoff beschaffen sie sich an Land über zwei seitlich im Panzer gelegene Atemhöhlen mit schwammartigen Geweben, die dauerfeucht sein müssen.

Palmendiebe ernähren sich überwiegend von den (herabgefallenen) Früchten der Pflanzen ihres Lebensraumes, überwiegend von Feigenbäumen und Schraubenbäumen. Sie nehmen aber auch Aas oder lebende Kleintiere. Gewöhnlich schleppen sie ihre Fundstücke in die eigene Wohnhöhle am Strand, um sie dort in Ruhe zu verzehren.

Namengebend war die allerdings nicht allzu häufig zu beobachtende Eigenart, dass die Palmendiebe vor allem nachts sogar die strandnah wachsenden Kokospalmen erklimmen und sich an den reifen(den) Kokosnüssen zu schaffen machen. Eine planmäßige Ernte nehmen sie aber entgegen früheren Berichten nicht vor. Erwiesen ist aufgrund neuerer Beobachtungen jedoch, dass sie am Boden aufgefundene Kokosnüsse durch kraftvollen Einsatz ihrer respektablen Greifschere im Bereich der drei Keimlöcher durchaus öffnen können. Leere Kokosnussschalen (und ebenso hin-



Palmendiebe gehören zu den größten Landkrabben weltweit.
(© Wil Meinderts/Buiten-beeld/Minden Pictures/picture alliance)

reichend große Schneckenhäuser) dienen den Jungtieren – wie bei Einsiedlerkrebsen üblich – übrigens als Schutzschild für ihren zunächst noch nicht vollends ausgehärteten Hinterleib.

2.22 Die Schwarze Witwe – Schönheit mit fatalen Folgen

Der folgenden Einschätzung können Sie sicherlich ohne weiteres Überlegen vorbehaltlos zustimmen: Frivoles Lack-schwarz ist als solches schon ein ziemlich verruchtes Outfit, aber kombiniert mit 13 knallroten Punkten sieht es nun wirklich total verwegen aus – und ein wirksamer Hingucker ist es somit allemal. Allein nach ihrem diesbezüglich durchaus halbweltlichen Erscheinungsbild und eben auch nach ihrem typischen Verhalten muss man die Schwarze Witwe (*Latrodectus mactans tredecimguttatus*) wohl zweifel-

los als Femme fatale bezeichnen, aber eine wunderschöne Spinne ist sie eben auch. In ihrem bemerkenswert großen Verbreitungsgebiet in praktisch allen Wärmegebieten der Erde kann die Färbung allerdings stark variieren: Es gibt fast reinschwarze Exemplare, aber auch solche, deren apartes Rouge et noir sich nur auf wenige Tupfer oder Striche beschränkt. Die berühmte und sehr dunkle *black widow* aus Nordamerika fasst man heute als verwandte Unterart der im Mittelmeergebiet vorkommenden und bei uns nur sehr selten als ungewollte Importe mit dem Urlaubsgepäck auftretenden Rotschwarzen auf. Dennoch: In die Fänge geraten sollte man lieber keiner der Farbvarianten.

Fesselspiele mit fatalem Finale

Der kugelige Körper eines *Latrodectus*-Weibchens ist etwa 10–15 mm lang, beim Männchen dagegen nur 5–7 mm. Schon vor der letzten Häutung begibt sich das Männchen – fast nicht zu glauben – geradezu leichtsinnigerweise in das Netz eines Weibchens und vollzieht hier zunächst einmal seine letzte Reifehäutung. Danach umspinnt der ahnungslose Spiderman die Beine des Weibchens mit wenigen Fäden, was zunächst nach frivolen Fesselspielen aussieht, aber letztlich als buchstäblich verzehrende Liebe endet: Noch während der Paarung befreit sich das Weibchen nämlich aus dieser völlig nutzlosen Umgarnung und vertilgt den möglicherweise überraschten Paarungspartner ganz genüsslich. Kaum ist also die Hochzeit vollzogen, steht die Spinnenfrau tatsächlich auch schon als Witwe da. Nichtsdestoweniger tröstet sie sich indessen recht leidenschaftslos mit dem nächsten unvorsichtigen Männchen oder gar mit einer anderen Spinne, die ihr als Beute ins Netz geraten sollte.

Ganz gefährlich giftig

Alle Arten der Gattung *Latrodectus* gelten zu Recht als ziemlich gefährlich – ihre Gifte gehen nämlich buchstäblich und recht zielgenau auf die Nerven. Das wirksame Gift besteht vor allem aus einem relativ hochmolekularen Protein (α -Latrotoxin), das an den Nervenendigungen die dort normalerweise moderat agierenden spezifischen Überträgersubstanzen (Neurotransmitter) gleich mengenweise freisetzt, was unter anderem zu einer heftig-nachhaltigen Stimulation von Schmerzrezeptoren führt. Der Biss der Witwe ist tatsächlich extrem schmerzhaft und in weiterer Folge sogar nahezu unerträglich, wobei eigenartigerweise die Bissstelle selbst kaum zu sehen ist. Ein gesunder Erwachsener überlebt ihn normalerweise. Für Kleinkinder könnte er jedoch kritisch werden. Im Verbreitungsgebiet der Schwarzen Witwen stehen daher in den (meisten) medizinischen Einrichtungen entsprechende Antiseren zur Verfügung. Allerdings sind die Tiere



Die Schwarze Witwe ist eine in Europa zwar seltene, aber durchaus respektable Spinne

nicht besonders aggressiv und beißen verständlicherweise nur dann zu, wenn sie sich bedroht oder in der Bewachung ihres Geleges heftig gestört sehen.

2.23 Ein Leben am seidenen Faden

Im Herbst fallen die heimischen Spinnen besonders auf: In den Morgenstunden werden in Büschen, Hecken und Wiesen die Unmengen von Spinnennetzen von Kreuz-, Baldachin-, Trichter- und Kugelspinnen schon allein dadurch sichtbar, dass zahllose Tautropfen wie kleine Perlen im feinen Fadenwerk hängen. An sonnig-warmen Herbsttagen driften dagegen etliche Jungspinnen an langen Spinnfäden in der Luft umher; diese verfangen sich manchmal auf der Haut und gaben dieser Jahreszeit ihren Namen: „Altweibersommer“. Doch der Reihe nach.

Ein Jagdgerät aus feinen Fäden

Die unverständlicherweise allgemein nicht besonders beliebten Spinnen gehören zu den interessantesten Tiergruppen überhaupt. Ausnahmslos alle Spinnen sind Fleischfresser, die hauptsächlich Insekten erbeuten. Während die Webspinnen ihre Beute in selbst gesponnenen Netzen fangen, sind Krabben- und Springspinnen sitzende oder frei umherlaufende Lauerjäger. Kreuzspinnen bauen nahezu runde, regelmäßige Radnetze mit glatten Lauf- und klebrigen Fangfäden. Die unregelmäßigen Netze anderer Spinnen sehen hingegen weniger kunstvoll aus. So überziehen die horizontalen Netze der Baldachinspinnen niedrige Gräser, Kräuter und Sträucher wie windschiefe Zirkuszelte. Das Gespinst flach gespannter Fäden ist mit senkrechten Fäden oben und unten an den Pflanzen verankert. Kleine In-

sekten verfangen sich darin. Die nur wenige Millimeter großen Kugelspinnen umweben herausragende Blütenstände mit einem unordentlichen Haubennetz, während Labyrinth- und Röhrenspinnen trichterförmig zulaufende Netze am Erdboden bauen. Wie auch immer sie aussehen – sie funktionieren alle.

Echte Spinnen produzieren die Spinnfäden in rund 400 Spinndrüsen am Hinterleib. Das Spinngut besteht aus Proteinen und ist in seinen Eigenschaften jeglichen Kunstfasern der modernen Textilchemie haushoch überlegen: Die Reißlänge eines Spinnfadens beträgt tatsächlich etwa 80 km – erst bei dieser (theoretischen) Länge reißt er unter seinem Eigengewicht ab. Die Reißfestigkeit und Belastbarkeit ist damit sogar viermal so hoch wie die einer Stahlstrippe. Zudem sind Spinnfäden enorm elastisch: Fliegt ein Insekt mit vollem Tempo in ein aufgespanntes Spinnennetz, so nehmen die Spinnfäden fast die komplette kinetische Energie auf. Folglich zerstören Hummel, Fliege und Co. zwar das Netz, aber sie bleiben dennoch an den klebrigen Fäden hängen.

Freie Jäger

Raschelt es vernehmlich im herbstlichen Laub, so stammt dies oftmals von den zahlreichen Wolfsspinnen, die tagsüber am Waldboden kleinen Insekten und auch anderen Spinnen nachstellen. Im Sommer tragen die Weibchen dieser Spinnenart einen weißlichen bis grünlichen und selbst gesponnenen Kokon an den Spinndrüsen auf der Unterseite des Hinterleibs mit sich herum, in dem sich zahlreiche Eier befinden. Sind die kleinen Jungspinnen geschlüpft, so lassen sie sich noch etwa eine Woche lang von ihrer Mutter umhertransportieren. Erst dann krabbeln sie ihre eigenen Wege.

Krabbenspinnen hingegen lauern auf Blättern und Blüten geradezu perfiderweise auf bestäubende und harmlose Insekten. Da die Spinnenkörper gewöhnlich grün, gelb oder weiß gefärbt sind, könnte man sie glatt für einen Teil der Pflanze halten. Dieser Täuschung unterliegen eben auch die ahnungslosen Blütenbesucher. Krabbenspinnen erbeuten sogar Schmetterlinge, die viel größer sind als sie selbst. Sie überwältigen sogar ziemlich wehrhafte Insekten wie Bienen oder Wespen.

Auch im Spinnenlook: Weberknechte

Auf haarfeinen, langen Beinen streifen Weberknechte auf der Suche nach kleinen Insekten über dichte Moospolster, Laub sowie Kräuter und Blumen. Mit blitzschnellen Bewegungen ergreifen sie sogar fliegende Beutetiere. Weberknechte sind aber keine echten Spinnen, denn ihnen fehlen die spinnentypischen Spinndrüsen, und ihr Körper besteht nur aus einem Teil. Daher können Weberknechte auch keine Netze spinnen. Wie die echten Spinnen besitzen sie aber acht Beine. Dennoch begegnet man immer wieder Tieren mit nur fünf oder sechs Beinen: Bei drohender Gefahr werfen sie einfach eines ihrer langen Beine ab. Dieses zuckt dann noch eine Weile und ermöglicht dem Weberknecht die Flucht.

Segeln im Herbst

Der Aktionsradius der Spinnen ist meist nur auf einen relativ kleinen Raum beschränkt. Gerade junge Spinnen sind aber daraus auf, neue Jagdgründe zu erobern. Dazu nutzen sie die Technik des Fliegenden Fadens: Auf hohen Stauden oder Sträuchern recken sie sich in die Höhe und geben einen langen Spinnfaden ab. Wenn er lang genug geworden



Vom Spinnen verstehen sie beide eine Menge: **a** Gartenkreuzspinne inmitten ihres Netzes. **b** Auch die in jüngerer Zeit aus dem Süden zugewanderte Wespenspinne ist eine hervorragende Netzbauerin

ist, hebt er die kleine Spinne in die Luft und trägt sie davon. Auf diese Weise haben Spinnen schon Wüsten, Gebirgszüge und Meere überquert sowie entlegene Inseln besiedelt. Dennoch hängt nicht an jedem Spinnfaden auch eine kleine Spinne: Ist die Besatzung irgendwo zu Boden gegangen, fliegen die Fäden nämlich unverdrossen weiter.

2.24 Geheimnisvoll knistert das Watt – aber warum?

Eine Wattwanderung an der Nordsee bei Niedrigwasser ist unstrittig eine richtige Erholung – vor allem für die Ohren. Weil die Wasserlinie meist ganz weit draußen verläuft, entfällt unter anderem das heftige Plätschern oder Rauschen der Wellen. Tosender Verkehr findet normalerweise ebenfalls zuverlässig außerhalb der Hörweite statt, und für Nachbarn mit penetrant-notorisch lärmendem Rasenmäher ist im Watt glücklicherweise einfach nichts zu tun. Also erfährt man hier den überaus wohltuenden *Sound of silence* als solchen. Sogar die Scharen der Wat- und Wattvögel machen mit. Sie sind nämlich absolut geräuschlos mit ihrer Nahrungssuche beschäftigt, und nur ein paar Möwen regen sich eventuell über den Wattwanderer auf.

Jedoch: Sobald sich das Wasser bei Ebbe weit zurückgezogen hat und die glänzenden Wattflächen unter der Sonne liegen, vernimmt man überall am Rande des Schlickwatts ein leises, geheimnisvolles Knistern. In einem Lebensraum des Festlandes hätte man dafür schnell eine Erklärung zur Hand – leise raschelnde Blätter etwa, austrocknende Zweige oder mit vernehmlichem Knacken aufspringende Kapselfrüchte. Dann wäre auch noch an feine Trockenrisse zu denken, die sich im austrocknenden Sediment öffnen. Aber im Watt ist das alles ganz anders, und außerdem wird der



Die kleinen Schlickkrebse sieht man meist nicht – aber hören kann sie allemal

extrem feinkörnige und recht zähe Schlick nicht einmal an heißen Sommertagen einfach knistertrocken.

Das geheimnisvolle Wattknistern sind tatsächlich eben tierische Laute. Urheber sind die nur wenige Millimeter langen Schlickkrebse, von denen in einem Quadratmeter Schlickwattboden bis über 30.000 Exemplare in U-förmigen Wohnröhren leben. Bei Niedrigwasser strecken sich die Tiere ein wenig aus ihren Wohnröhren vor und kratzen mit den Scheren gleichsam direkt vor ihrer Haustür feinste Nahrungspartikeln zusammen, die ihnen die letzte Flut angeschwemmt hat. Bei dem ausholenden Streck- und Kratzmanöver zerplatzt jedes Mal ein feines Wasserhäutchen zwischen ihrem Brustpanzer und den ausgestreckten Vorderbeinen – und ergibt in der Summe eine vielstimmige wattytypische Knisterorgie.

Nur so am Rande: Es ist so gar nicht empfehlenswert, die interessanten kleinen Schlickkrebse aus allernächster Nähe erleben zu wollen. Ihr Lebensraum, das äußerst zähe

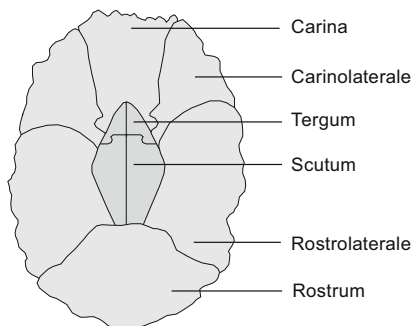
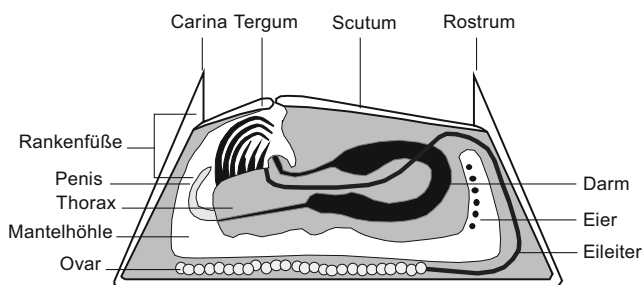
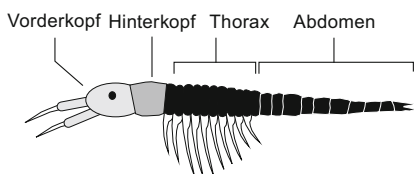
Schlickwatt, vereitelt solche Versuche schon nach wenigen Metern. Hier und da gibt es aber an der Nordseeküste dennoch kleine Schlickwattstreifen, die man eventuell sogar von einer ermutigend fußsicheren Position aus erkunden kann.

2.25 Fischen mit den Füßen

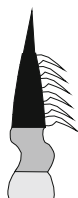
Sicherlich gehören sie zu den eigenartigsten Lebewesen an der Meeresküste – die überaus seltsamen und fast immer zahlreich vorhandenen Seepocken: Sie besiedeln in der Gezeitenzone alle festen Unterlagen und finden sich in großer Siedlungsdichte auf Fels, Steinen, Buhnen, Molen, Muschelschalen, Strandschnecken oder auch Strandkrabben. Noch zu Beginn des 19. Jahrhunderts hielt man die Seepocken für besonders absonderliche Muscheln – eine Art aus ihrer engsten Verwandtschaft trägt bis heute die irreführende Bezeichnung Entenmuschel. Als man jedoch die typischen Larvenstadien der Seepocken entdeckte, war die Sache absolut eindeutig: Wir haben es hier mit einfachen, erst im Erwachsenenalter festsitzenden Kleinkrebsen zu tun.

Ein kompletter Wandel

Wenn die zunächst im Plankton lebende Seepockenlarve zur festsitzenden Lebensweise übergeht, wandelt sie sich völlig um. Gleichzeitig legt sie ein aus mehreren Kalkplatten bestehendes Gehäuse an, das in der Mitte einen verschließbaren (mehrteiligen) Deckel aufweist. Er ist zwar vierteilig, arbeitet jedoch wie ein rechter und linker Türflügel. An Form und Größe des Kalkgehäuses kann man die verschiedenen Seepockenarten einfach unterscheiden. Am häufigsten ist an

a**b****c**

Ursprungsform: frei schwimmender Krebs

hypothetische
ÜbergangsformSeepocke
eingepasst in
ihr Gehäuse

a Gehäuseansicht, **b** Innere Organisation einer Seepocke, **c** Umwandlung von der Larve zum Gehäusebewohner

der Nord- und Ostsee die Gewöhnliche Seepocke anzutreffen.

Die innere Organisation der Tiere ist nach äußerem Aussehen nur schwer zu ergründen. Am besten stellt man sich eine Seepocke als einen bei der Umwandlung S-förmig gekrümmten und auf den Kopf gestellten Kleinkrebs vor. Die Beine dienen dann nicht mehr der Fortbewegung. Die hintersten drei Beinpaare (4–6) werden zu einer Fangreuse entrollt. Ihr dichter Borstenbesatz ergibt eine Maschenweite von etwa $35\text{ }\mu\text{m}$. Die drei vorderen Beinpaare (1–3) nehmen an der Strudelbewegung nicht teil, sondern bleiben im Gehäuse. Ihr Reusenapparat ist mit etwa $1\text{ }\mu\text{m}$ Maschenweite noch ungleich feiner. Die Schlagbewegungen dienen wie bei allen Filtrierern nicht nur dem Nahrungserwerb, sondern auch dem Austausch des Atemwassers. Der Gasaustausch innerhalb des Gehäuses findet über die gesamte Kör-



Seepocken besiedeln häufig auch recht ungewöhnliche Substrate – beispielsweise parasitierte Strandkrabben

peroberfläche statt. Beim Trockenfallen behalten die Tiere einen kleinen Wasservorrat im Gehäuse zurück. Der Deckel wird nur teilweise verschlossen, sodass Sauerstoff eindiffundieren kann. Geringe Beinbewegungen verteilen das O₂-angereicherte Wasser in der Gehäusekammer. Zur Entrolung der Rankenbeine erhöht die kräftige Muskulatur im Vorderkörper den Blutdruck (Herz und Blutgefäße fehlen). Das muskelvermittelte Rückholmanöver treibt das Blut aus den Rankenfußhohlräumen wieder zurück.

3

Fantastisches von Fischen



Außer Anglern und Aquarianern interessieren sich meist nur erstaunlich wenige Mitmenschen wirklich für Fische – oder allenfalls, wenn sie als verheißungsvolle Ankündigungen auf der Menükarte in Spezialitätenrestaurants erscheinen. Das mag damit zusammenhängen, dass der Lebensraum der Fische im Allgemeinen nicht so ganz einfach zugänglich ist. In den heimischen Fließgewässern erkennt man von der hier im besten Fall immer präsenten Fischfauna allenfalls ein paar huschende Schatten, und auch in Weihern und Seen ist die Begegnung mit diesen interessanten Wasserwesen meist eher auf Zufallssichtungen beschränkt. Meeresfische sind noch schwerer zu beobachten. Die Tiefenpsychologie – diese besondere Disziplin darf man hier fast wörtlich nehmen – erklärt diese eigenartige mentale Reserve damit, dass die Fische (angeblich) etwas Abgründiges und Unheimliches darstellen. Immerhin bewegen sich diese Tiere dauerhaft sowie beneidenswert geschickt und wendig in ihrem aquatischen Ambiente, welches uns nur mit relativ umständlicher Technik (etwa beim Schnorcheln oder Tauchen) und dann auch nur zeitweilig zugänglich ist. Doch auch dann dümpeln wir nur ganz oben an der Oberfläche. In den Weltmeeren haben die Fische den größtmöglichen Lebensraum der gesamten Biosphäre zur Verfügung und kommen tatsächlich mit nicht wenigen Arten auch bis in die viele Kilometer (die Rekordtiefe liegt bei etwas mehr als 11 km) hinabreichende Unterwelt der Tiefseegräben vor. Aber immerhin: In den überall in Europa in jüngerer Zeit entstandenen und überaus beeindruckenden und mit erheblichem technischen Aufwand betriebenen Meerwasseraquarien kann man als lungenatmendes Säugetier den kiemenatmenden Flossenträgern in ihrem oft großräumig nachgebauten Ambiente sehr entspannt und staunend zusehen.

Fische stehen an der Basis der Wirbeltierevolution. Von „den Fischen“ zu sprechen, ist in der modernen Systema-

tik allerdings nicht mehr üblich. Nachdem man die früher vorbehaltlos und vereinfachend den Fischen zugeordneten Kieferlosen mit den Schleimaalen und den Neunaugen sowie einigen weiteren Klassen ausgegliedert hat, umfassen die einfachsten Kiefermänder (bei denen ein meistens zahntragender Skelettbogen die Mundöffnung stützt) neben zwei fossilen Klassen die beiden Fischklassen Knorpelfische (Haie, Rochen und Chimären) sowie die zahlreichen Verwandtschaftsgruppen der Knochenfische. Deren Biodiversität ist absolut beachtlich: Bisher wurden etwas mehr als 35.000 Fischarten beschrieben – das sind immerhin knapp 60 % aller Wirbeltiere.

Es verwundert daher nicht, wenn man schon beim aufmerksamen Besuch eines großen und gut bestückten Meeresaquariums eine so nicht vermutete und daher überraschende Fülle von verschiedenen Fischgestalten erleben kann. Die Zahl der allein innerhalb der besonders artenreich vertretenen Knochenfische unterschiedenen Ordnungen und Familien ist groß sowie angesichts der üblicherweise hier versammelten Artenzahlen für den Nichtfachmann durchaus unübersichtlich. Hinzu kommt die enorme typologische Bandbreite: Bei den landlebenden Säugetieren sehen Hasen, Hirsche und Wildschweine vielleicht nicht ganz so grundlegend verschieden aus. Aber bei den Fischen? Es gibt flach-scheibenförmig hochrückige Typen neben solchen, die mit betont breiter Unterseite vor allem auf dem Boden leben und – wie die seltsamen Plattfische – eine ihrer Körperflanken als Liegeseite wählen; manche haben ein äußerst kräftiges Gebiss wie die Seewölfe, mit denen sie ohne Weiteres auch dickschalige Muscheln knacken, andere dagegen ein nur schmal-schnauzenförmiges Gesicht, mit dem nur kleinstformatige Beute aus dem Plankton zu bewältigen ist. Viele Fische sind rasche Angriffsjäger, während andere sich lediglich mit den Phyto- oder allenfalls Zooplanktern ihres Wohngewässers begnügen. Manche halten



Der Walhai, eine der größten Arten seiner Verwandtschaft, ernährt sich (auch) durch das Abschöpfen kleiner Fischschwärme

sich in ihrem Habitat fast immer nahezu senkrecht auf wie die eigenartigen Seenadeln, andere schwimmen permanent kopfabwärts wie die Messerfische.

Die geradezu gewaltige Artenzahl der Fische lässt also auch hinsichtlich der Verhaltensmuster eine solchermaßen umfängliche Typenfülle erwarten, wie sie sonst in keiner anderen Wirbeltierverwandtschaft zu erwarten ist. Hinzu kommt die enorme Bandbreite der Körperabmessungen: Zurzeit ist der größte Vertreter der Knochenfische der Riemenfisch (*Regalecus glesne*), eine meist in der Tiefsee lebende Art. Erst unlängst wurde an der kalifornischen Küste von einer Forschungstaucherin ein 17 m (!) langes Exemplar geborgen. Die schlanke Körpergestalt dieser Spezies könnte die Basis für viele frühere Berichte von ungeheuren Seeschlangen hergegeben haben. Im unbedingt besuchenswerten Ozeaneum in Stralsund mit seinen vielfältigen und grandiosen Themenbereichen hängt ein beeindruckend lebensgroßes Modell dieser Spezies neben einigen Walske-



Die philippinische 10-Sentesimos-Münze (der Währung vor 1988) trägt das Abbild des Minifisches *Pandaka pygmaea*. Dieser Winzling unter den Wirbeltieren ist hier aber mehr als doppelt lebensgroß verewigt

letten an der Decke über dem Foyer. Das andere Ende der Größenskala besetzt der erst 1981 von den Philippinen beschriebene nur etwa 8 mm lange Süßwasserfisch *Pandaka pygmaea* – er ziert sogar die früher gültige 10-Centesimos-Münze des Landes, ist darauf aber mit einer Körperlänge von knapp 18 mm und damit mehr als doppelt lebensgroß dargestellt. *Pandaka* ist das derzeit kleinste bekannte Wirbeltier.

Allein mit dem Thema Fische (als artenreichste Wirbeltierverwandtschaft) könnte man locker eine ganze Bibliothek füllen. Morphologische Vielgestaltigkeit und die Spezialisierung auf marine und/oder limnische Lebensräume lässt natürlich auch ein entsprechend differenziertes Verhaltensrepertoire bzw. besondere autökologische Anpassungen erwarten. Aus der überwältigenden Fülle der zweifellos notablen Beispiele haben wir hier nur einige uns bemerkenswert erscheinende Fälle herausgegriffen. Aber die sind – Sie werden es vermutlich gerne bestätigen – schon erstaunlich genug. Und für den größeren hier nicht erwähnbaren Rest gilt das natürlich ebenso.

3.1 Leichte Jungs und schwere Mädchen

Geradezu bizarr sehen sie mit ihren relativ plumpen bis aufgedunsenen und gänzlich unproportioniert erscheinenden Gestalten aus, unterstützt von einem Arsenal langer und superspitzer Fangzähne am viel zu groß erscheinenden Kopf sowie bei vielen Arten auch noch flankiert von allerhand seltsamen Körperanhängen: Die Fischfamilie Tiefsee-Anglerfische (Ceratiidae) stellt zweifellos mit die absonderlichsten Tiergestalten. Aber auch deren seltsame Erscheinungsbilder sind letztlich nur Ausdruck einer hochgradigen Anpasstheit an den Lebensraum. Obwohl einige der rund 160 Arten durchaus über 1 m lang werden können, muss man sich als Strandurlauber oder Freitaucher nirgendwo vor ihnen fürchten, denn sie leben durchweg in den lichtlosen und gewöhnlich unzugänglichen Tiefen der Weltmeere unterhalb der 300-m-Tiefenlinie im Bathypelagial. Manche Arten kommen in allen Weltmeeren vor, einige zeigen aber auch durchaus regionale Verbreitungsschwerpunkte. Man kennt diese seltsamen Fische überwiegend nur aus Netzfängen oder von seltenen Totfunden angespülter Exemplare. Erst im Jahre 2018 gelang es dem Team eines Forschungstauchbootes, einen lebenden Tiefsee-Anglerfisch in seinem Lebensraum zu filmen.

Wirklich niedlich

Ist schon das recht grotesk wirkende Erscheinungsbild dieser Tiere bemerkenswert, so gilt das erst recht für den extremen Sexualdimorphismus: Die Männchen erreichen höchstens 5–10 % der Körperlänge der Weibchen. In der Familie Linophrynidae werden sie bei manchen Arten sogar nur 6–10 mm lang und gehören damit zu den kleinsten Wir-

beltieren überhaupt. Aber auch beim Laternenangler *Lino-phryne arborifera* mit seinen etwa 25 cm langen Weibchen und den höchstens um 3 cm Länge messenden Männchen sind die Größenunterschiede noch ziemlich krass. Im Extremfall können die Weibchen etwa 500.000-mal schwerer sein als die arteigenen Männchen. Lange Zeit hat man die Zwergmännchen in dieser seltsamen Fischfamilie verständlicherweise für eigene Arten gehalten und auch als solche beschrieben, bis in den 1920er-Jahren aus Netzfängen und genaueren Anschlussanalysen die tatsächlichen Verhältnisse deutlich wurden.

Lebenslang verbunden

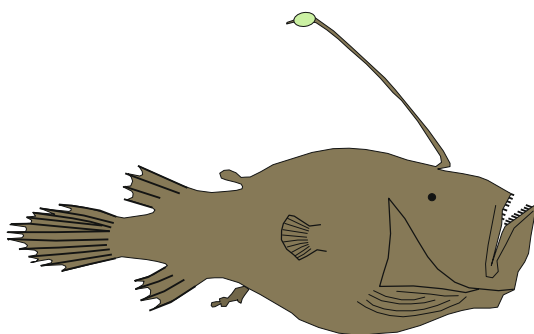
Die meisten Tiefsee-Anglerfische zeichnen sich durch eine weitere Besonderheit aus: Nur die Weibchen besitzen eine am Kopf ansetzende Angel (*Illicium* genannt), die in einer als Köder dienenden leichten Verdickung (*Esca*) als Beuteattrappe endet. Die Esca dient gewöhnlich als Leuchtorgan und weist eine bemerkenswert komplexe Feinstruktur auf: In einer Vielzahl von Bläschen leben symbiontische Bakterien. Mit ihrer einzigartigen Fähigkeit, biogen durch eine aufwendige Stoffwechselreaktion Licht zu erzeugen (Biolumineszenz), lassen sie die Esca – allerdings vom Fischweibchen auf bislang unklare Weise kontrolliert – in fahl blau-grünlichem Licht aufleuchten. In der Esca finden sich auch Drüsenbereiche, die vermutlich Sexuallockstoffe (Pheromone) zur Anlockung von Männchen in das Medium abgeben.

Beide Signalgruppen – die arttypische Beleuchtung und die vermutlich ebenfalls artspezifischen Pheromone – erleichtern in den lichtlosen Weiten des Lebensraumes Tiefsee die notwendige und sicher nicht so ganz einfache Zusammenführung der Paarungspartner. Hat das vergleichsweise winzige Männchen im lichtlosen Lebensraum Tiefsee

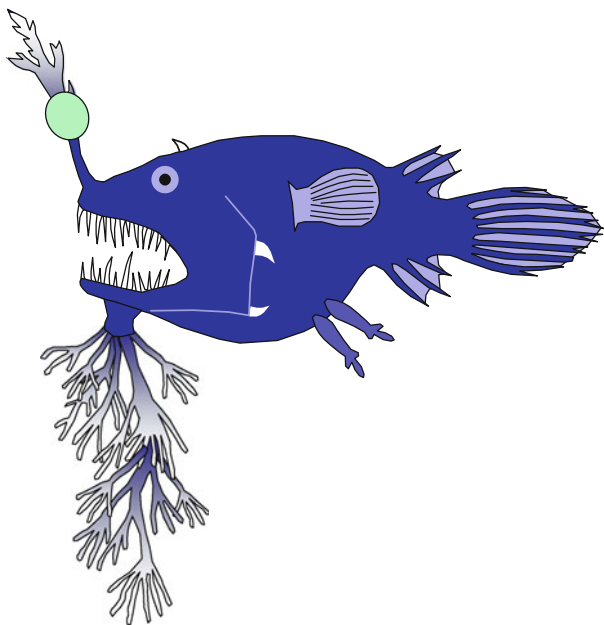
glücklicherweise eine arteigene Partnerin gefunden, beißt es sich – meist in der Nähe der Geschlechtsöffnung des Weibchens – an deren Körper fest und verwächst geradezu mit ihm. Dabei bildet es die meisten eigenen Körperteile zurück und wird somit gleichsam zu einem externen zusätzlichen Geschlechtsorgan des Trägerweibchens. Über den angezapften Blutkreislauf seiner Partnerin wird es ernährt. Bei manchen Arten kleidet die reichlich mit Blutgefäßen versorgte Weibchenhaut an der Festbissstelle den gesamten Mundraum des Männchens aus. Dieses erledigt nur noch seinen Atmungsstoffwechsel über die nach wie vor funktionierenden Kiemen selbstständig. Üblicherweise trägt das Weibchen ein oder allenfalls zwei „parasitierende“ Zwergmännchen, aber bei manchen Arten können es auch durchaus mehr sein.

Vielleicht doch nicht so ungewöhnlich

Was bei menschlichen Paaren meist eher an eine Karikatur erinnert, ist bei vielen Tierarten völlig normal: Das Weib-



Zum Beutefang klappt dieser rund 20 cm lange Ceratiide seinen Unterkiefer weit herunter – der Kopf besteht dann fast nur noch aus dem Maul



Linophryne arborifera trägt einen auffälligen, bäumchenförmig verzweigten (nicht leuchtenden) Kinnanhang, dessen Funktion noch unklar ist. Vielleicht dient er der Lagestabilisierung, denn Tiefseeangler haben keine Bauchflossen

chen ist nicht nur bei den Tiefsee-Anglern deutlich größer als das Männchen und übertrifft es folglich auch an Gewicht. Bei den heimischen Greifvogelarten wie dem Baumfalken beträgt das Gewichtsverhältnis des Männchens zum Weibchen ungefähr 1:1,5, beim Sperber ist das Weibchen sogar 2,2-mal so schwer wie das Männchen. Geradezu walkürenhaft zeigen sich die bis zu 13 cm langen weiblichen Erdkröten, die ihre höchstens 8 cm langen Männchen sogar huckepack zum Laichgewässer tragen. Auch bei etlichen Fischen finden sich erhebliche Größenunterschiede der Geschlechter – beim Europäischen Aal sind die bis über 1 m langen Weibchen meist mehr als doppelt so lang wie die Männchen.

3.2 Flach wie eine Flunder

Plattfische sind schon sehr eigenartige und an ihren Lebensraum perfekt angepasste Fische, auch wenn sich ihre Körpergestalt im Vergleich zu anderen Fischen recht seltsam darstellt. Als ausgewachsene Tiere liegen sie am Meeresgrund – im Unterschied zu sonstigen Grundfischen aber nicht auf dem Bauch, sondern auf einer Körperflanke.

Hier passen sie ihre Farbe eventuell sogar dem Untergrund an, auch dadurch, dass sie sich mit wellenartigen Bewegungen eine Lage Sand über den Körper schütten. In ihrem Versteck am Meeresboden sind sie dann kaum zu entdecken. Nur die Augen und die Kiemendeckelloffnung bleiben dabei unbedeckt. Damit sind sie geradezu ideal an ein Leben auf dem flachen, sandigen Meeresgrund angepasst.

Rechtsäugig und linksliegend

Um ihre ungewöhnliche Erwachsenengestalt zu erreichen, müssen sie sich nach der Larvenphase von einem „normal“, d. h. symmetrisch, gebauten und eher hochrückigen Fisch mit einem Auge auf jeder Seite erst zum platten und dann deutlich asymmetrischen Fisch umwandeln. Weil sich die Augen bei den erwachsenen Tieren auf der Rückenseite befinden, muss folglich ein Auge auf die zukünftige (meist rechte) Oberseite wandern. Kiemenspalten und Flossensaum passen sich ebenfalls dieser neuen Lage an. Der umgewandelte Plattfisch schwimmt bzw. liegt nun tatsächlich auf der Seite.

Eigenartigerweise findet sich nun neben den rechtsäugigen bzw. linksliegenden Individuen (Rechtsflundern) immer auch ein gewisser Anteil linksäugiger und konsequenterweise auf der rechten Körperseite liegender Exemplare

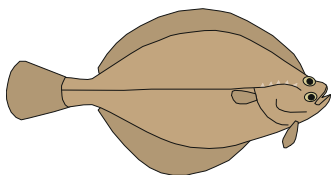
(Linksflundern). Im großen Verbreitungsgebiet dieser Art nimmt der Anteil der Linksflundern nach Westen und Norden zu. Im Schwarzen Meer sind es nur etwa 2 %, in der Nord- und Ostsee aber schon etwa 20 % und in der Barentssee sogar bis über 50 %. Die Gründe für diese Unentschlossenheit in der Wahl der bei (fast) allen anderen Arten familientypisch festgelegten Blind- und Augenseite sind noch weitgehend unklar.

Weltweit gibt es etwa 400 Arten Plattfische. Im deutschen Teil der Nordsee kommen 7 Arten recht regelmäßig vor. In die eigentliche Ostsee östlich von Rügen dringen nur Steinbutt und Flunder ein. Die Flunder hält sich auch in den Flussmündungen bis weit in den Brackwasserbereich hinein auf. Alle größeren Arten sind beliebte Speisefische. Plattfische ernähren sich vorrangig von Würmern, Muscheln und Krebsen des Meeresbodens.

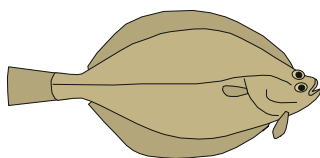
Die Bestimmung der Arten ist schwierig, und so manche Scholle, die man Ihnen in der Gaststätte serviert, könnte eben auch eine Flunder oder eine Kliesche sein. Ihre Färbung ist kein sicheres Artmerkmal, denn – wie schon gesagt – sie sind recht variabel.

Vier häufige Arten

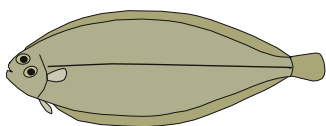
Auf den Fischmärkten in den Häfen an Nord- und Ostsee sieht man am häufigsten Scholle und Flunder. Zunächst ist die Scholle durch auffällige orangefarbene Flecken über den gesamten Körper einschließlich der Flossen von der meist ungefleckten Flunder zu unterscheiden. Jedoch trifft dieses spezielle Unterscheidungsmerkmal nicht immer zu. Auch manche Flunder zeichnet sich durch ähnliche Flecken aus. Ein nicht so gut sichtbares, aber sicheres Merkmal sind deutlich fühlbare Höcker auf der Oberseite (Augenseite) der Flunder, die entlang der Seitenlinie und der Brustflosse



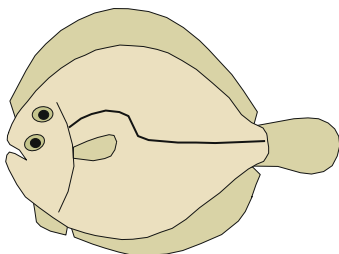
Scholle



Kliesche



Seezunge



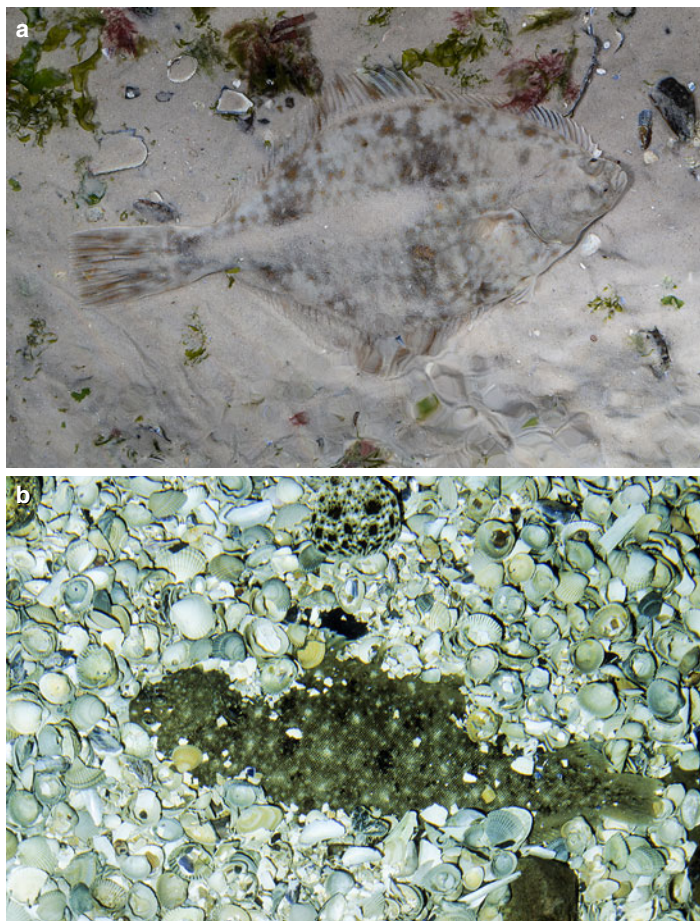
Steinbutt

Kliesche, Scholle, Seezunge und Steinbutt sind die in Mitteleuropa am häufigsten in Restaurants servierten Plattfische. Die gestaltlichen Unterschiede sind klar differenzierbar – auch nach der kulinarisch vielversprechenden Zubereitung. Achten Sie immer strikt auf die jeweilige Seitenlage ...

angehäuft sind. Insgesamt fühlt sich die Flunder deshalb auf ihrer Oberseite rauer an als die Scholle. Diese trägt eine Reihe von 4–7 Höckern hinter dem Auge entlang der Seitenlinie.

Die Scholle kann eine beachtliche Größe von bis zu 70 cm erreichen, während die Flunder nur selten auf 40 cm Länge kommt. Beide Arten laichen von Januar bis April ab. In dieser Zeit besteht an den deutschen Küsten Fangverbot für Plattfische. Ein Tipp am Rande: Nicht die großen, sondern die dicken (Höhe von der Unter- zur Oberseite) Plattfische sind aus kulinarischer Sicht die besten.

Es gehört einige Übung dazu, beim Schnorcheln einen Plattfisch zu erkennen. Hat man den ersten entdeckt, findet



In ihrem Lebensraum sind Plattfische (a) wie die hier abgebildete Flunder gewöhnlich nur schwer erkennbar. Auch die Seezunge (b) ist in ihrem Lebensraum nur schwer zu entdecken

man auch bald den nächsten. Sie halten sich nicht selten im Flachwasser auf. Der ovale Umriss des Fisches, der sich zur Tarnung meistens mit Sand bedeckt hat, und die aus dem Sand herausragenden Augen verraten das Tier. Beim Waten

durch einen flachen Priel kann es passieren, dass man auf einen Jungfisch tritt. Das findet der natürlich nicht so toll und wühlt sich sofort davon.

Die Kliesche ist dagegen ein fahlbrauner, länglicher, glatt erscheinender Plattfisch. Selten ist sie mit dunklen Punkten gemustert. Die Seitenlinie ist oberhalb der Brustlinie deutlich halbkreisförmig gebogen. Im Gegensatz zur Scholle fühlt sich eine Kliesche beim Streichen mit den Fingern von hinten nach vorne immer rau an und hat auch keine Knochenhöcker an der Oberseite. Als eine der häufigsten Plattfischarten ist sie in der gesamten Nordsee und auch in der Ostsee östlich bis in die Pommersche Bucht (Usedom) verbreitet.

Der größte der heimischen Plattfische ist der Steinbutt – er erreicht immerhin eine Länge von bis zu 1 m. An der Oberseite befinden sich Knochenhöcker, die wie kleine Steine aussehen. Davon erhielt der Fisch seinen Namen. Am fast eckigen Körperumriss und der betont rauen Oberseite ist er gut von den übrigen erwähnten Arten zu unterscheiden. Gewöhnlich ist er hell gelblich gefärbt und mit zahlreichen dunklen Punkten gemustert. Jedoch sind auch andere Färbungen möglich, weil er – wie auch die anderen Plattfische – seine Färbung jeweils dem Untergrund hervorragend anpassen kann.

Die Steinbutte, zu denen auch Glatthead und Zwergbutt gehören, sind ausnahmslos linksäugig. Darauf hat Günter Grass seinerzeit offenbar nicht besonders geachtet, denn die Umschlagillustration zu seinem Roman *Der Butt* (1993) – vom zeichnerisch bemerkenswert begabten Autor selbst entworfen – ist nach zoologischen Kriterien schlicht falsch, denn er zeigt einen so nicht existenten *rechtsäugigen* Butt. Falls Ihnen also nächstens nach dezidierter Menüwahl ein Plattfisch aufgetischt wird, bietet sich vor oder nach dem Servieren ein kleiner Exkurs zum Thema Fischmorphologie mit tiefsinniger Betrachtung zur Frage des Symmetriebruchs in der Fischgestalt an.

3.3 Lautes aus der Welt der Stille

Knurren ist meist eine recht unliebsame Lautäußerung: Wenn der Magen sich knurrend meldet, wenn er hungrig durchhängt, mag dieses unüberhörbare Signal ja noch angehen. Der nahende Postbote im Angesicht eines betont unfreundlichen Hofhundes hat zum Knurren sicher eine andere Wahrnehmung. Auch bei anderen Vierbeinern gehört das Knurren mehrheitlich zum Repertoire des Droh- oder Imponiergehabes und mahnt in jedem Fall zur Vorsicht.

Szenenwechsel: Vor allem in ländlichen Regionen kann man Hähne hören, die frühmorgens geraume Zeit vor der bürgerlichen Weckphase recht lauthals krähen und damit vernehmlich verkünden, dass ein neuer Tag angebrochen ist. Dann ist es in der gesamten näheren Nachbarschaft mit der Nachtruhe vorbei. Sensible Gemüter haben deswegen schon Gerichtsprozesse angestrengt. Aber verbieten Sie einem Hahn einmal seine arttypischen Lautäußerungen.

Nun hätten wir da auch noch die Knurrhähne, und die sind weder Hahn noch Hund, sondern erstaunlicherweise Fische, genauer eine ganze artenreiche Fischfamilie mit weltweit etwa 100 breitbäuchigen Arten. In Nordsee und Mittelmeer ist davon der Rote Knurrhahn (*Trigla lucerna*) ziemlich häufig. Er ist ein typischer Grundfisch und hält sich meist am Meeresboden auf. Auch in Meerwasseraquarien sieht man die Knurrhähne fast immer nur im Bodenkontakt.

Drei Dinge sind an diesen Tieren bemerkenswert: Sie können mithilfe besonderer Muskeln ihre luftgefüllte Schwimmblase aktiv vibrieren lassen. Die so erzeugten Töne hören sich ähnlich schnarrend an, wie wenn man mit den Fingern über einen prallen Luftballon fährt. Solche Knurrhahnrufe vernimmt man vor allem zur Fortpflanzungszeit der Tiere. Offenbar dienen sie der Zusammenführung der Paarungspartner. Laut genug sind sie auf jeden Fall. So

weit zum knurrenden Fisch. Aber wieso Hahn? Tatsächlich schillern ihre Brustflossen bunt wie die Federn eines stolzierenden Gockels – was den bemerkenswerten Vogelnamen des Fisches erklärt. Dieses besondere Farbspiel geht nicht auf eingelagerte Pigmente zurück, sondern erklärt sich aus Interferenzeffekten des auftreffenden Lichtes. Solche Strukturfarben sind bei Fischen und anderen Wassertieren weitverbreitet. Schließlich haben die Knurrhähne noch eine gestaltliche Besonderheit: Die ersten drei Strahlen der Brustflosse sind frei und unabhängig vom restlichen Flossensaum zu bewegen. Knurrhähne können damit also munter auf dem Meeresboden umherstaksen. Außerdem sind die Flossenstrahlspitzen mit zahlreichen empfindlichen Sinneszellen ausgerüstet. Die Fische können damit also auch tasten und sogar schmecken.

Werben durch Grunzen

Die Knurrhähne sind nicht die einzigen Fische, die mit ihren Schwimmblasentönen die schweisgasse Stille des Meeresbodens durchbrechen. Ungleich lauter rufen die Männchen des Nördlichen Bootsmannfisches (*Porichthys notatus*). Ihre stark brummenden bis grunzenden Schwimmblasenvibrati sind immerhin so laut, dass sie – wenn sie zu mehreren im Flachwasser rufaktiv sind – sogar Bootswände mitschwingen lassen. Solche Konzerte sind verständlicherweise enorm störend. Bekannt geworden ist ein Fall aus Sausalito gegenüber von San Francisco, wo sie im Bereich eines Liegeplatzes von Hausbooten deren Bewohnern mächtig auf die Nerven gingen. Es dauerte zudem eine geraume Zeit, bis die Ursache für die nur saisonal zu vernehmenden Laute geklärt war.

Der Nördliche Bootsmannfisch kommt in zwei getrennten Populationen an der Pazifikküste Nordamerikas von

Alaska bis nach Niederkalifornien vor – eine und durchaus aufsehenerregende eben im Umfeld der Bucht von San Francisco. Hier sind sie eine wichtige Nahrung von Seelöwen und Seehunden. Neuerdings hat man sie seltsamerweise auch in Südengland beobachtet. Ursache und Status dieses Vorkommens sind indessen bislang unklar. Die bis zu 40 cm langen und sehr breiten Tiere – eben typische Bodenfische – sehen aus wie überdimensionierte Kaulquappen. An der Unterseite des flachen Kopfes tragen sie sogar V-förmig angeordnete Leuchtorgane mit bislang unbekannter Funktion, denn die Art kommt überwiegend nur im Flachwasser vor.

Rufaktiv sind ausschließlich die Männchen und auch nur während der Laichzeit. Mit ihrem heftigen Brummkonzert im Frequenzbereich um 100 Hz versuchen sie gezielt sol-



Geradezu ein Schreihals unter den heimischen marinen Bodenfischen: Der Knurrhahn trägt seinen Artnamen zu Recht

che Weibchen anzulocken, die befruchtungsreife Eier in sich tragen. Nur dann sind die Weibchen übrigens hörfähig.

Eigentlich müssten die Fischmännchen bei ihren sehr lauten Rufen allmählich taub werden – tun sie aber nicht. Durch einen einzigartigen neuronalen Vorsorgemechanismus werden ihre Ohren für die Dauer einer Ruffolge einfach abgeschaltet.

3.4 Vom Blitzeinschlag im Biotop

Zugegeben: Blitze fahren nicht mit der gleichen Häufigkeit in einen Fluss oder See, mit der sie Objekte des Festlandes treffen, aber die Trefferquote steigt dennoch mit der Flächengröße des Gewässers. Die Prozesse des Blitzbahnverlaufs sind physikalisch betrachtet recht kompliziert und in Einzelheiten immer noch nicht restlos geklärt. Vertraut man neuesten Messergebnissen aus Amerika, ist nicht einmal mit letzter Sicherheit bekannt, wieso sich in Wolken so hohe Ladungen aufbauen, die sich über einen plötzlichen Funkenschlag und immerhin über eine Entfernung von 1–5 km in wenigen Millisekunden wieder ausgleichen.

Ein direkter Blitzeinschlag wirkt auf die Lebewesen des Festlandes in den meisten Fällen tödlich. Ausnahmsweise können Tiere und Menschen Blitztreffer aber auch überleben, gewöhnlich jedoch nur mit schweren Verbrennungen, länger anhaltenden Herzrhythmusstörungen oder bleibenden Lähmungen. Dokumentiert ist der Fall einer kompletten solchermaßen betroffenen Fußballmannschaft, die fatalerweise unter einem großen Baum vergeblich Schutz suchte. In der sommertrockenen Vegetation lösen Blitzeinschläge auch häufig verheerende Flächenbrände aus. Was aber geschieht mit den Lebewesen in einem Gewässer, in das der Blitz hineinfuhr – und vor allem mit den Fischen?

Es gibt zu diesem Problem bisher keine zuverlässigen Messungen oder andere quantitative Untersuchungen, wohl aber eine Reihe brauchbarer Beobachtungen und Überlegungen. Beim Blitzeinschlag in einen See oder ins Meer bauen sich die kurzfristig auftretenden Spannungsunterschiede ebenso wie im Boden durch Stromfluss ziemlich rasch ab. Für die biologischen Wirkungen ist letztlich nur dieser Stromfluss und nicht die Spannung bedeutsam. Im unmittelbaren Einschlagbereich des Blitzes – als höchste Gefahrenzone gilt an der Wasseroberfläche (!) ein Kreis von etwa 50 m Durchmesser rund um den Einschlagspunkt – werden die Fische erwartungsgemäß getötet, sofern sie sich tatsächlich in diesem Bereich aufhalten. Fische sind allerdings gegenüber den auslösenden elektrischen Feldern äußerst sensibel. Bei der Elektrofischerei werden nur die Fische in unmittelbarer Nähe zur verwendeten Elektrode betäubt – die anderen suchen sofort das Weite. Da sich, bevor ein Blitz ins Gewässer einschlägt, vor allem im Oberflächenbereich ein elektrisches Feld aufbaut, meiden die Fische diese Zone und tauchen in die Tiefe ab. Was machen sie also beim Blitzeinschlag? Sie warten die elektrische Schockwelle am Gewässergrund ab, wo diese keine nennenswerten Schäden mehr anrichten kann. Im Meer sind die zu erwartenden Effekte noch geringer, da Meerwasser eine recht konzentrierte Lösung geladener Salzteilchen ist, die den vom Blitz ausgelösten Stromstoß viel rascher abbauen.

3.5 Fetzig, flippig, fransig ...

Mit solchen Attributen umschreiben Modejournale gewöhnlich die neuesten Toptrends im möglichst ausgefallenen Styling der jeweils angesagten Damenfrisuren. Ein mit solchem Design zu kennzeichnendes Outfit ist in der Tierwelt schon lange „in“ – zumindest bei einer Fischart

aus den kühlen Gewässern West- und Südaustraliens: Der bis etwa 30 cm lange Große Fetzenfisch (*Phycodurus eques*), auch Blattrreicher Seedrache genannt, ist der einzige Vertreter seiner Gattung und macht seinem trefflich gewählten Namen alle Ehre. Durch eine Vielzahl flach-blattähnlicher und verzweigter Auswüchse an allen Körperpartien ist er eines der perfektsten Beispiele von Somatolyse – der Verwischung der ansonsten meist linienklar gezogenen Körperkonturen. Diese Tarntechnik ist ein Sonderfall von Mimikry: Fetzenfische möchten am liebsten nicht gesehen werden, weil ihre potenziellen Fraßfeinde sie für eine Alge halten sollen. Diese Camouflage ist überaus gelungen. *Phycodurus* hält sich in seinem meist küstennahen Lebensraum bevorzugt in den dichten Beständen von Braunalgen auf, die auf Felsgrund siedeln. Entsprechend der mit zunehmender Wassertiefe wechselnden farblichen Ausstattung seines Umfeldes – in Fachkreisen chromatische Adaptation genannt – ändert auch der Fetzenfisch seine Farbgebung: Exemplare aus Seichtwassergebieten sind – ebenso wie die dort siedelnden Braunalgen – eher gelb-grünlich. In den tieferen Bereichen des küstennahen Sublitorals nehmen sie dagegen durchweg eine dunkelbraune bis rötliche Färbung an. Wenn sie sich mit ihrem Greifschwanz an einem Tangbüschel reglos verankern, sind sie tatsächlich so gut wie gar nicht mehr auszumachen.

Seltsame Gestalten

Fetzenfische sind enge Verwandte der Seepferdchen und gehören wie diese zur Familie Syngnathidae, zu denen man auch die Seenadeln stellt. Diese Fischfamilie umfasst nur bemerkenswert ausgefallene Fischgestalten. Ein Seepferdchen – leider werden sie in Mengen von den unsäglichen Andenkenkitschbuden aller beliebten Küstenbadeorte an-



Die seltsamen Fetzenfische (*Phycodurus eques*) gehören zweifellos zu den absonderlichsten Fischgestalten überhaupt

geboten – wird man ohne genauere Vorkenntnisse vielleicht gar nicht direkt als Fischart erkennen, da ihnen zudem einige typische Fischflossen fehlen und zudem die senkrechte Schwimmhaltung ungewöhnlich ist. Eher fühlt man sich bei einer solchen Fischgestalt an die Springerfiguren eines Schachspiels erinnert.

Vergleichbar den Seepferdchen und den nahe verwandten, aber gänzlich anders aussehenden Seenadeln werden auch bei den Fetzenfischen die Männchen entgegen der sonstigen Rollenverteilung schwanger: Zur Paarungszeit – man erkennt die fortpflanzungsfähigen Weibchen sofort an ihren dick angeschwollenen Bäuchen – entwickelt sich bei den ungleich schlankeren Männchen an der Schwanzunterseite eine Art Bruthöhle, in die sie die bis zu 300 vom Weibchen abgelegten Eier aufnehmen. Die weitere Entwicklung der Embryonen findet dann im Männchen statt. „Schwangere“ Männchen signalisieren ihren Sonderstatus mit einem leuchtend gelb ausgefärbten Schwanz. Nach

etwa 7 Wochen schlüpfen die dann etwa 3,5 cm langen jungen Fetzenfische mit dem Schwanz voran. Schon nach kurzer Zeit können sie eigenständig schwimmen und wandern dann meist in seichtere Wasserzonen ab, wo sie sich arttypisch von diversen Kleinkrebsen ernähren.

Es ist überaus verführerisch, die erstmals an der von der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft gegründeten Zoologischen Station in Neapel erforschten und höchst seltsamen Fortpflanzungsgewohnheiten der Seepferchen genauer zu schildern, aber dieser total spannende Bereich der Fischbiologie gehört nicht unbedingt zu unserem Thema.

3.6 Kinderstube in der Muschel

Selbst unter den heimischen Fischen gibt es allerhand recht seltsame und so meist unvermutete Verhaltensweisen. Während die meisten im Süßwasser lebenden Fischarten ihren Laich einfach an Wasserpflanzen oder am Gewässergrund ablegen, benötigt der nur 5–9 cm lange und damit eher unauffällige Bitterling (*Rhodeus sericeus*) strikt die Kooperation mit einer Großmuschel seines Lebensraums, meist einer Flussmuschel (Gattung *Unio* spp., vor allem *Unio tumidus*) oder einer Teichmuschel (*Anodonta cygnea*).

Bitterlinge (in Deutschland 1985 und noch einmal 2008 immerhin zum Fisch des Jahres gekürt) kommen nördlich der Alpen in pflanzenreichen, stehenden oder sehr langsam fließenden Gewässern vor, in denen gleichzeitig ihre für die Reproduktion unentbehrlichen Muschelpartner leben. Das kleine, etwa 5 Jahre alt werdende Fischchen zeigt während des größten Teiles des Jahres nur ein unauffälliges graugrünes Schuppenkleid mit einem grünblauen Längsstreifen in der Flankenmitte. Die sonst so markante Seitenlinie endet bereits noch vor der Brustflosse und reicht somit kaum über sechs Schuppen hinweg.

Heftige Aktion im Frühjahr

Im Spätfrühjahr ändert sich das Erscheinungsbild beträchtlich: Ab etwa Mai verfärbt sich das Männchen am Bauch prächtig orange, während die Flanken deutliche Blautöne annehmen. Auf der Oberlippe und über den Augen bilden sich jetzt kleine, weißliche Erhebungen – von Ichthyologen als Laichausschlag bezeichnet. Diese Umfärbung findet aber nur in Anwesenheit geeigneter Muscheln im gleichen Lebensraum statt. Auch beim Weibchen zeigen sich jetzt markante Veränderungen: Es behält zwar seine eher unauffällige Färbung bei, aber es wächst ihm nun eine ungefähr körperlange Legeröhre.

In der Laichperiode sucht das Männchen eine genügend große Muschel auf und versucht, ein laichbereites Weibchen in deren Nähe zu locken, indem es seine blaue Flankenzeichnung auf dem Schwanzstiel präsentiert. Ist das Paarungsvorspiel erfolgreich, stößt das Männchen vor der Einstromöffnung der ausgewählten Muschel eine Spermienvolke aus, die sofort in deren Kiemenraum gelangt. Das Weibchen stellt sich daraufhin schräg über die Ausströmöffnung der Muschel, führt seine unterdessen versteifte Legeröhre ein und entlässt bis zu vier Eier, die schließlich zwischen die Bälkchen der Muschelkiemen gelangen. Die Eiablage findet gegebenenfalls mehrfach statt – bis zu 40 Bitterlingeier (etwa 3 mm im Durchmesser) können in der Muschel deponiert werden. Meist sind es jedoch je Muschel höchstens 2 Eier. Allerdings hat man in den gastgebenden Muscheln auch schon mehrere Dutzend Bitterlingslarven in unterschiedlichen Entwicklungsstadien gefunden, die offensichtlich von verschiedenen Eltern stammen.

Hier werden sie von ihrem Wirt ständig und zuverlässig mit frischem Atemwasser versorgt – eine geradezu opti-



Bitterlingsweibchen mit ausgefahrener Legeröhre beim Laichgeschäft

male Kinderstube. Die nach 2–4 Wochen schlüpfenden Larven klemmen sich zunächst mit einem Ringwulst hinter den Kiemenbälkchen der Muschel fest und können so mit dem Atemwasserstrom nicht einfach herausgeschwemmt werden. Nachdem der Dottervorrat der Fischlarven aufgebraucht ist, verlassen diese ihre beschützende Kinderstube in der Kiemenhöhle durch die Ausströmöffnung der gastgebenden Muschel. Dieses wichtige Manöver erklärt, warum nur genügend große Süßwassermuscheln als vorübergehende Kinderstube geeignet sind.

In der Muschelobhut genießen die Bitterlingslarven einen optimalen Schutz vor den zahlreichen Fressfeinden ihres Wohngewässers. Gibt es aber auch eine Gegenleistung für die Muscheln? Deren mikroskopisch kleine Larven, Glochidien genannt, sind nicht sonderlich ausbreitungsfähig. Sie heften sich daher mit ihren ausgeprägten Klammerhaken gerne an die Kiemen der Bitterlinge und lassen sich so effektiv in andere Verbreitungsräume transportieren.

3.7 Kennen Sie Kauzeköpp?

Zugegeben: So wie ganz früher sieht es bei den Tieren im Rhein schon lange nicht mehr aus. Aber nachdem der Rhein in den 1980er-Jahren biologisch so gut wie tot war und strikte Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässergüte griffen, hat sich die Tierwelt zahlenmäßig erfreulich erholt. Mehr als 40 Fischarten tummeln sich heute wieder im Rheinwasser. Manche davon sind allerdings Zuwanderer, nachdem die Öffnung des Rhein-Main-Donau-Kanals (1991) zwei gänzlich verschiedene Verbreitungsgebiete verknüpft und etliche Donauarten in den Rhein gelockt hat. An den Kölner Rheinufern kann man beispielsweise die handlange Keßlergrundel beobachten, die sich mit verwachsenen Bauchflossen an größeren Steinen oder an anstehendem Fels festsaugt.

Kanaldurchstiche bleiben also nicht ohne Folgen, auch schon früher nicht. Im Jahre 1807 wurde eine Direktverbindung zwischen der Schelde und einem nur 35 km entfernten Mündungsarm des Rheins eröffnet, um nach einer Idee Napoleons den Schiffsweg zum damals französischen Binnenhafen Antwerpen zu verkürzen. Das leitete fischbiologisch ein bemerkenswertes Experiment ein, dessen Konsequenzen man erst jüngst und damit rund 200 Jahre später entdeckte. Die neue Wasserstraße ließ nämlich die Scheldegroppe (*Cottus perifretum*) allmählich in das Rheinökosystem einwandern. Das fiel lange Zeit überhaupt nicht auf, weil alle Groppen versteckt lebende und zudem bestens getarnte Bodenfische sind. Im neu eroberten Gewässersystem traf sie auf die Rheingroppe (*Cottus rhenanus*). Deren Name ist allerdings nicht ganz glücklich gewählt, denn die Art lebt kaum im Hauptstrom, sondern überwiegend in den Oberläufen der Zuflüsse von Mittel- und Niederrhein. Irgendwann haben Schelde- und Rheingroppe im Niederrheingebiet aber

dennoch gemeinsame und vor allem fruchtbare Nachkommen hervorgebracht. Diese erwiesen sich als bemerkenswert vital und kommen mit den Bedingungen im Rhein bestens zurecht. Angler bezeichnen diese Mischlinge wegen ihres etwas seltsamen Aussehens als Kauzeköpp. Fischbiologen waren eher verzweifelt, weil deren Merkmale zu keiner der bisher bekannten Groppen passen. Unterdessen haben sie auch schon Teile des Mains und des Oberrheins besiedelt. Ökologisch verhalten sie sich ganz anders als ihre Elternarten, weswegen Fachleute derzeit die evolutionsbiologisch interessante Frage diskutieren, ob in diesem Fall im Rhein tatsächlich eine neue Fischart entstanden ist.

Im Unterschied zu den häufigen Grundeln sind Kauzeköpp übrigens nicht so leicht zu beobachten. Die Tiere sind nämlich überwiegend nachtaktiv.

3.8 Tokyoter Roulette: Fugu und die Folgen

So manchem Liebhaber der fernöstlichen Küche läuft nach guter Pawlow'scher Manier ganz unvermittelt das Wasser im Munde zusammen, wenn auf der Menükarte Fugu angekündigt wird: Das Fleisch der schuppenlosen Kugelfische gilt unter erklärten Feinschmeckern als ausgesprochene Delikatesse. Obwohl es eigentlich schmeckt wie Mondschein auf der Zunge, ruft es im Mund anschließend eine planmäßige leichte Vergiftung mit Prickeln und Brennen und nachfolgend leichtem Taubheitsgefühl hervor. War der Kugelfisch jedoch nicht ordnungsgemäß durch besonders trainierte und lizenzierte Köche zubereitet, kann sich dieser Genuss durchaus zur Atemlähmung mit tödlichem Ausgang steigern. Daher nennt man den Besuch eines japanischen Fugu-Restaurants etwas sarkastisch auch

„Tokyoter Roulette“, denn man weiß ja nie ... Allerdings: Die für den gastronomischen Bereich zugelassenen mehr als ein Dutzend Fuguarten sind in Japan – auch hinsichtlich der Herkunftsgebiete der Fische – amtlich strengstens reglementiert. Insofern hält sich die Anzahl der immer wieder eintretenden und sicherlich bedauerlichen Todesfälle durchaus in Grenzen. Aus Deutschland, besonders aus der großen japanischen Kolonie in Düsseldorf, sind zu diesem Syndrom keine Statistiken auffindbar. Aber warum müssen die Leute auch unbedingt eine so kritische Kost konsumieren ...

Bakterien sind die Urheber

Der Grund für die beachtliche Giftigkeit der Kugel- oder Pufferfische sind (vermutlich) Bakterien (verschiedene *Vibrio*- und *Pseudomonas*-Arten) auf und in deren schuppenloser Haut. Äußerst giftig bis absolut tödlich ist die Haut der Arten *Takifugu chrysops* (jap. Akamefugu), *Takifugu niphobles* (jap. Kusafugu) oder *Takifugu vermicularis* (jap. Nashifugu). Bei *Takifugu pardalis* (jap. Higanfugu) sind auch die Hoden giftig. Nur die Kugelfischarten *Lagocephalus inermis* und *L. gloveri* sind nach bisherigem Kenntnisstand in allen Teilen immer ungiftig, allerdings mit Ausnahmen innerhalb der Gattung: Die aus dem Indischen Ozean über den Suezkanal in das östliche Mittelmeer (per Lessep'scher Migration, benannt nach dem Erbauer des Suezkanals, Ferdinand de Lesseps, 1805–1894) zugewanderte Spezies Hasenkopf-Kugelfisch (*Lagocephalus sceleratus*) gilt als ausgesprochen gefährlich. Weil die in ostmediterranen Gefilden heimischen Fischer mit dieser Art immer noch nicht genügend vertraut sind, wird sie oft ganz unbedarft auf den heimischen Fischmärkten angeboten.

Diskutiert wird aber auch eine Anreicherung über die Nahrungskette. Die infrage stehenden Toxine kommen auch in einzelligen Algen (darunter bestimmte Kieselalgen sowie Dinoflagellaten) vor und könnten über die Nahrungskette (vor allem planktische Kleinkrebse) weitergereicht werden. Einige toxinproduzierende Bakterienstämme besiedeln auch das Eingeweidesystem der Kugelfische. Das Bakteriengift wandert nach einer viel diskutierten Theorie aus der Haut in den Fischkörper und reichert sich dort vor allem in den inneren Organen an – allerdings ohne den Fisch im Geringsten zu schädigen, und das ist zweifellos das Erstaunlichste an dieser Geschichte. Vieles aus der Toxinologie der Kugelfischgifte ist bislang noch unklar und bedarf zweifellos intensiver weiterer Forschung.

In seiner Wirkung ist das Gift vergleichbar dem Saxitoxin bzw. Gonyautoxin bestimmter Muscheln – die für einen Menschen absolut tödliche Dosis liegt ebenfalls bei etwa 1 mg (1 mg = 1 Tausendstel Gramm). Die Vergiftung geht mit erheblichen Sprechstörungen, Schwierigkeiten beim Gehen, Muskelkrämpfen, Schluckbeschwerden und dramatischem Blutdruckabfall einher und endet dosisabhängig mit dem Tod durch Atemlähmung – und das auch noch bei vollem Bewusstsein, weil die Vergiftung das Gehirn im Allgemeinen nicht erreicht. Aber all dies schreckt entschlossene Gourmets offenbar nicht genügend ab.

Nach der wissenschaftlichen Familienbezeichnung Tetraodontidae für die giftigen Kugelfische bezeichnet man es als Tetrodotoxin (international abgekürzt TTX). Dessen chemische Struktur und Pharmakologie ist recht genau bekannt – es ist ein Aminoperhydro-chinazolin und als solches ein einmaliger Naturstoff. Außer bei den Kugelfischen kommt er auch vereinzelt bei Grundeln, einem Seestern, diversen Krabben, Meeresschnecken, einem Strudelwurm, einem australischen Tintenfisch sowie bei verschiedenen terrestrisch lebenden Fröschen und Molchen vor. Dieses



Auch der Riesen-Kugelfisch gehört zu den besonders respektierten Arten

komplexe und bislang unverstandene Verbreitungsbild lässt die toxische Substanz nur um so rätselhafter erscheinen.

3.9 Fatale Flossenstrahlen

Außer den passiv giftigen Fischen, die ihre fallweise auch für den Menschen lebensgefährliche Stoffausstattung aus (vielfach noch nicht genügend bekannten) externen Quellen beziehen und davon erstaunlicherweise völlig unbehelligt bleiben, gibt es auch eine nicht geringe Anzahl von Fischarten, die aktiv giftig sind – sie produzieren ihre Toxine selbst und beladen damit recht effizient ihre Giftspritzen. Gewöhnlich handelt es sich dabei um die knöchernen Flossenstrahlen an verschiedenen Körperpartien. Rund 200 Arten Fische weltweit gelten als aktiv giftig und durchaus gefährlich. Aus dieser Artenfülle greifen wir hier nur zwei markante Beispiele heraus.

Gefährlich schön und schön gefährlich

In den meisten Schauaquarien zeigt man den bis über 40 cm langen und ausgesprochen dekorativen Rotfeuerfisch (*Pterois volitans*), der zusammen mit zwei kleineren Verwandten im Bereich der indo-pazifischen Korallenriffe vorkommt – unter anderem natürlich auch in den tauchtouristisch intensiv besuchten Riffgebieten des Roten Meeres. Normalerweise gibt es mit dieser Fischart, die zweifellos zu den auffälligsten und farbenprächtigsten Besiedlern von (sub)tropischen Korallenriffen gehört, keine Probleme: Man muss als Schnorchler oder Taucher eben nicht unbedingt versuchen, die Tiere zu ergreifen oder sie sonstwie in die Enge zu treiben. Gelegentlich ereignen sich auch Unfälle bei Reinigungsarbeiten in Schauaquarien. Wenn sie sich bedroht fühlen, schwimmen die Rotfeuerfische mit gespreizten Flossen auf den Angreifer zu und versuchen ihn zu rammen. Sie setzen also ihren hochwirksamen Giftapparat durchaus gezielt und meist auch recht wirksam ein.

Die Rotfeuerfische enthalten in den 13 Flossenstrahlen der Rückenflosse, in 3 der After- sowie in 2 der Bauchflosse ein spezielles Gewebe für die Giftproduktion. In den spitz zulaufenden knöchernen Stacheln umhüllt eine sehr dünne Haut das Drüsengewebe. Fühlt sich der Fisch bedroht, richtet er alle seine giftigen Flossenstrahlen auf, wendet sich mit dem Rücken zum vermeintlichen Gegner und versucht, ihn aus der Seitenlage zu attackieren. Gewöhnlich gelingt dieses Manöver: Die dünne Hauthülle der Giftstachelspitzen reißt auf und drückt eine gehörige Portion ihres toxischen Inhalts in die Wunde des Angreifers.

Das Gift der *Pterois*-Arten ist – wie bei vielen anderen Giftfischen – ähnlich zusammengesetzt wie bei den Brennhaaren der Brennnessel. Es enthält vor allem Acetylcholin, aber in enormer Konzentration. Diese Substanz ist vor al-

lem für die sofort einsetzende sehr starke Schmerzwirkung verantwortlich. Also: Beim nächsten Tauchurlaub am Roten Meer gilt unbedingt *Hands off*.

Die giftigsten Fische Europas

In der Nordsee, an den angrenzenden Atlantikküsten, im Mittelmeer und Schwarzen Meer kommen (mit etwas unterschiedlichen biogeographischen Schwerpunkten) vier Arten von Petermännchen vor. Die Spezies *Echiichthys draco* ist die für die Nordseeküsten vielleicht relevanteste Art. Vor allem zur Laichzeit im Frühjahr und Sommer suchen diese Fische die küstennahen Gewässer auf und graben sich hier gerne in das weiche Sediment ein. Strandwanderer, die mit Vorliebe barfuß (wovon auch wegen der Schnittgefahr durch verborgene Muschelschalen immer abzuraten ist) im Seichtwasser waten, sind dann eventuell besonders gefährdet – wenn sie denn unversehens und unbeabsichtigt auf ein eingebuddeltes und so nicht sichtbares Petermännchen treten. Die Tiere flüchten bei Annäherung eines größeren Wesens durchaus nicht, sondern richten zunächst ihre Rückenstacheln auf und verlassen sich auf deren Giftstachelwirkung. Mitunter schwimmen sie auch aktiv auf einen vermeintlichen Angreifer zu und versuchen, diesen mit ihren Giftstacheln zu verletzen. Gefährlich sind bei den Petermännchen die 4–8 und bis über 20 mm langen Flossenstrahlen der ersten Rückenflosse sowie ein Giftdorn auf dem Kiemendeckel. Der Stich durch einen Strahl der Rückenflosse ist schon nach kurzer Einwirkungszeit extrem schmerzhaft. Das verabreichte Toxin setzt sich aus Proteinen und verschiedenen Aminen zusammen, die in der affektierten Körperregion die gewebetypischen Histamine freisetzen.



Äußerst prächtig anzusehen, aber nicht ohne: Rotfeuerfische sollte man bei Tauchgängen an indopazifischen Riffen auf jeden Fall respektieren

In den heimischen Binnengewässern kommen nach bisherigem Kenntnisstand keine toxischen Fischarten vor. Bei Erkundungen der europäischen und erst recht der (sub)tropischen Küstengebiete ist indessen Vorsicht und vor allem gezielte Vorinformation angeraten.

3.10 Fleißige Mundwerker und schlimme Betrüger

Das Dienstleistungsgewerbe ist keineswegs nur Menschenwerk. Individuen, die mit spezifischen Dienstleistungen ihren Lebensunterhalt bestreiten, gibt es auch im Tierreich. Schon lange bekannt, aber ungebrochen faszinierend ist die Tätigkeit der Putzerfische. Deren Entdeckung und erstmalig-

ge genauere Untersuchung verdanken wir dem großartigen Verhaltensforscher Irenäus Eibl-Eibesfeldt (1928–2018). Zoologisch korrekt heißen sie Putzerlippfische (Labrichthyini), die mit fünf Gattungen und 14 Arten ausschließlich in den Korallenriffen des tropischen Indopazifiks vorkommen, um dort die zu besuchenden Kunden zur beidseitigen Zufriedenheit zu bedienen. Die Kundschaft der Putzerlippfische sind andere Fischarten, und darunter auch nicht gerade wenige Raubfische. Sie lassen sich von den Putzerfischen kosmetisch behandeln, indem die fleißigen Mundwerker Parasiten und abgestorbene Hautstückchen entfernen. Die Raubfische unter den Putzerkunden würden normalerweise ohne Federlesen ein Fischchen vom Putzerkaliber fressen. Um ein solches Missverständnis von vorneherein auszuschließen, haben Kunden wie Dienstleister für ihr Aufeinandertreffen spezielle Rituale mit eindeutiger Signalwirkung entwickelt.

So zeigen die Kunden durch Abspreizen ihrer Flossen, das Öffnen von Maul und Kiemendeckel ihr Interesse am Bedientwerden. Einige Arten wechseln dabei sogar ihre Farbe und verfallen nahezu in Trance. Um nicht etwa doch von ihnen als Nahrung angesehen zu werden, geben sich die Putzerfische beim Anschwimmen ihrer Kundschaft durch ihre „Berufskleidung“, d. h. ihre Färbung mit einem auffälligen Längsstreifen, sowie eine charakteristische Schwimmweise als Reinigungspersonal zu erkennen, das dann die gesamte Körperoberfläche nach Parasiten – meistens kleinen Krebstieren – und abgestorbenen Hauptteilchen unbehelligt absuchen kann. Selbst der innere Kiemerraum und das Maulinnere von Raubfischen sind für die Putzer keine Taburäume. Wenn die Kunden vom Putzvorgang genug haben, signalisieren sie dies den Putzern durch Zuckungen und andere Signale.

Feste und ambulante Geschäfte – lebenslang bis vorübergehend

In der Regel sind Putzerlippfische ortstreu und unterhalten feste, ihren Kunden wohlbekannte Putzstationen. Dort werden sie von einem Putzermännchen mit seinem Harem aus meist 3–6 Weibchen bedient. Ihre Kunden verhalten sich in den „Geschäftsräumen“ nicht nur friedlich, sondern sogar betont höflich. Selbst die größeren Raubfische warten dort geduldig, bis sie an der Reihe sind. Der Gewöhnliche Putzerfisch (*Labroides dimidiatus*) und alle weiteren Mitglieder seiner Gattung sind als Putzer ihr ganzes Leben lang tätig. Dagegen gehen die Arten der Gattungen *Labropsis* und *Larabicus* nur als Jungtiere dieser Tätigkeit nach, um sich als Erwachsene von Korallenpolypen zu ernähren. Ein ganz anderes „Geschäftsmodell“ betreibt der Nomaden-Putzerlippfisch (*Diproctacanthus xanthurus*) mit seiner Riffbarsch-Kundschaft. Weil Riffbarsche (Pomacentridae) in sehr kleinen Revieren zu Hause sind, die sie wegen der territorialen Ansprüche ihrer Artnachbarn nicht verlassen können, haben sich Nomaden-Putzerlippfische auf die speziellen Bedürfnisse dieser Kundschaft eingestellt. Sie unterhalten keine festen Putzerstationen, sondern bieten ihre Dienste den Riffbarschen ambulant an, indem sie einfach vom einen zum anderen Kunden umherziehen.

Wo ehrliche Handwerker leben, gibt es auch (einen) Betrüger

Als ob nicht schon die Putzsymbiose zwischen Putzerfischen und ihren Kunden genial genug wäre – einer setzt noch eine weitere Variante obendrauf. Ein Säbelzahnschleimfisch namens Falscher Putzerfisch (*Aspidontus taeniatus*) imitiert den Gewöhnlichen Putzerfisch (*Labroides dimidiatus*) in

Gestalt, Färbung und Schwimmweise so perfekt, dass die potenziellen Kunden reihenweise auf ihn hereinfallen. Doch anstelle der Säuberung von Parasiten und alter Haut beißt dieser Betrüger den ahnungslosen Besuchern Flossen- und Hautstücke ab.

Weitere Putzer, wie es zum Putzen kam und ganz andere Putzer

Während Putzerlippfische viele Kunden hintereinander bedienen, sei es ambulant oder stationär, sind Schiffshalter in der „Großkundenbetreuung“ tätig. Sie säubern Großfische und Wassersäuger, darunter große Haie, Mantarochen oder Wale. Mit ihrer zu einem Haftorgan umgewandelten ersten Rückenflosse heften sich die Schiffshalter meist an der Unterseite des Großkunden an und lassen sich von ihm mitziehen. Sie fressen dabei immer auch Zooplankton oder erhaschen kleine Teile der Beute, sofern ihr Kunde räuberisch lebt. Auch der betrügerisch lebende Falsche Putzerfisch kommt von den Zooplanktonfressern her, wie das seine Säbelzahnschleimfisch-Artgenossen bis heute tun. Dagegen haben sich alle echten Putzerfische mit Ausnahme der Schiffshalter (Echeneidae) aus Substratabweidern entwickelt. Ihre Vorfahren fraßen Kleintiere vom Fels- oder Korallenuntergrund ihres Lebensraums. Sie wechselten lediglich das Substrat, indem sie, statt weiterhin Untergründe am Boden von Flachmeeren abzuweiden, jetzt die schleimigen Körperoberflächen anderer Fische nach Nahrung lebenslang oder nur im Jugendalter absuchen. In der Karibik, wo Putzerlippfische fehlen, übernehmen Grundeln aus der Gattung *Elecatinus* die Putzerfunktion. Sie zeigen dabei ein den Putzerlippfischen sehr ähnliches blaues und gelbes Farbmuster, das wahrscheinlich wohl rund um den Globus einheitlich als Erkennungsmerkmal der Putzerfische dient.

Auch einige Garnelenarten sind als Putzer tätig, die meisten von ihnen anhand ihrer weißen Antennen. Solche Putzsymbiosen werden besonders von der Gattung *Lysmata*, von Partnergarnelen (Pontoniinae), Tanzgarnelen (Rhynchocinetidae) und Scherengarnelen (Stenopodidae) ausgeführt. Auch sie scheuen sich nicht, selbst zwischen den Zähnen von solch gefährlichen Killerfischen wie Muränen ihrer Putztätigkeit nachzugehen.

Als bekannteste Putzsymbiose zwischen Landtieren gilt wohl die Tätigkeit der in zwei Arten vorkommenden Madenhacker (*Buphagus*). Auch sie befreien die Haut großer afrikanischer Weidetiere wie etwa die der Kaffernbüffel, Nashörner oder Giraffen von Parasiten. Allerdings ernähren sich die Madenhacker zugleich auch parasitisch von Blut und Wundrändern ihrer Wirtstiere. Die Madenhacker, früher der Familie der Stare (Sturnidae) zugeordnet, werden heute als eigene Familie Buphagidae angesehen. Auch wenn



Die von Irenäus Eibl-Eibesfeldt entdeckte Putzerfisch-Symbiose ist eine der eigenartigsten interorganismischen Beziehungen überhaupt

man sie verwandtschaftlich nicht mehr so eng wie früher einstuft, gibt es dennoch Gemeinsamkeiten. Auch unsere Stare (*Sturnus vulgaris*) werden von Weidetieren angezogen. Sie verzehren von deren Mist angelockte Insekten und Würmer und befreien sie, auf ihnen ähnlich wie Madenhacker reitend, von Zecken und Fliegen. Dagegen gehört die Tätigkeit des Krokodilwächters (*Pluvianus aegyptius*) als Zahnpfleger bei Krokodilen, in den Bereich der Märchen und Sagen. Diese ca. 20 cm große afrikanische Vogelart aus der Ordnung der Regenpfeiferartigen (Charadriiformes) teilt sich mit Nilkrokodilen die Sandbänke und -ufer afrikanischer Flüsse als Lebensraum. Dort laufen die Krokodilwächter wenig scheu zwischen den sich sonnenden Panzerechsen auf der Jagd nach Würmern, Schnecken und Insekten umher. Seit Herodot und bis einschließlich Alfred Brehm und Richard Meinertzhagen, die allesamt die Krokodilzahnpflege durch den Krokodilwächter beschrieben, fehlt dagegen der Beweis, dass die Vögel Fleischreste zwischen den Krokodilzähnen entfernen.

4

Variantenreiche Wechselwarme: Amphibien und Reptilien



Sie kommen zweifellos aus einer fernen Zeit: Vor 360 Mio. Jahren verließen die Vorfahren der heutigen Amphibien und Reptilien das Meer und begannen sich den Herausforderungen des Lebens auf dem Land zu stellen – bis schließlich die Giganten unter ihnen, die Dinosaurier, über 100 Mio. Jahre bis zu ihrem Aussterben vor 65 Mio. Jahren die Erde beherrschten. Ihre Andersartigkeit, ihr kühles Wesen und ihre geheimnisvollen, uralten Kräfte ließen Lurche und Kriechtiere nicht selten zu Mythentieren werden. Als fruchtbare Verwandlungskünstler waren und sind Kröten und Frösche in vielen Märchen weltweit zu Hause und wurden zu Symboltieren für Wasser, Leben und Fruchtbarkeit. Dazu boten ihre beträchtliche Fortpflanzungsrate, ihr Vermögen sich aufzublähen, ihr Auf- und Untertauchen im Wasser, ihr Verschwinden bei uns im Winter und vor allem die Möglichkeit, sich vom Kiemenatmer zum Lungenatmer zu verwandeln, jede Menge Anlass für Spekulationen.

Die Amphibien kamen als Abkömmlinge der Fische als Erste aus dem Wasser, das noch immer ihr Lebenselement ist. „Doppellebig“ bedeutet der griechische Name der heute ursprünglichsten Klasse der Landwirbeltiere. Amphibien nehmen das Wasser nicht trinkend, sondern über ihre immer feuchte und leicht glitschige Haut auf. Im Gegensatz zu unserer ist die Amphibienhaut leicht verschiebbar, denn unter der Haut befinden sich große Lymphräume mit Lympheflüssigkeit, dem Amphibienblut. Während sich die ersten Landgänger unter den Amphibien noch durch eine Hautpanzerung vor Austrocknung schützten, ging dieser Schutz im Verlauf ihrer Jahrtausenden dauernden Entwicklung wieder verloren – was zur Folge hat, dass die meisten Arten heute nur in feuchter Umgebung existieren können. Ein Sekret aus den Schleimdrüsen der Lederhaut der Amphibien hält die Hautoberfläche feucht, ermöglicht Hautatmung und verhindert bei Wasserbewohnern das Eindringen von

Wasser. Daneben besitzen Amphibien noch Giftdrüsen, die ein milchiges Sekret produzieren.

Bis auf die extremitätenlose Ordnung der Blindwühlen haben die beiden anderen Ordnungen der Amphibienklasse, die Schwanzlurche (Caudata, Salamander und Molche) und Froschlurche (Anura, Kröten und Frösche), in der Regel vierfingerige Hände und fünfzehige Füße. Bei Schwanzlurchen findet die Befruchtung der Eizelle im Mutterleib als innere Befruchtung statt, Froschlurchmännchen geben ihren Samen dagegen über die frisch abgelegten Eier im Gewässer ab. Nach dem Schlüpfen atmen Amphibienlarven (die Kaulquappen) zusätzlich zur Hautatmung durch Kiemen, um dann mit ihrer Verwandlung (Metamorphose) zum lungen- und hautatmenden Schwanz- oder Froschlurch zu werden. Bei manchen Amphibienarten vollzieht sich die Embryonalentwicklung im Mutterleib und es werden kiementragende Larven im Wasser abgesetzt, so beispielsweise bei unserem Feuersalamander. Einige Arten wie der Alpensalamander haben ihre gesamte Fortpflanzung vom Wasser abgekoppelt. Sie gebären vollständig entwickelte Jungtiere, die durch Lungen atmen und den Erwachsenen gleichen. Es gibt aber auch Arten, die zeitlebens im Larvenstadium verharren und fortpflanzungsfähig sind, wie der in Höhlen lebende Grottenolm.

Weltweit sind über 7800 Amphibienarten beschrieben. Es sind vor allem zwei Eigenschaften, die Amphibien gegenüber den sich ändernden Umweltbedingungen besonders anfällig machen. Die durchlässige Haut der wechselwarmen Hautatmer lässt sie besonders empfindlich gegenüber Umweltschadstoffen reagieren. Zudem benötigen die Gewässer- und Landbewohner die entsprechenden Biotope, zwischen denen sie während ihres Jahreszyklus in für sie erreichbarer Entfernung pendeln können. Unter diesen Voraussetzungen ist es nicht weiter verwunderlich, dass 23 % aller weltweit gefährdeter Tierarten laut Roter Liste

der Weltnaturschutzorganisation IUCN Amphibien sind. Seit 360 Mio. Jahren hat diese Tierklasse erfolgreich unsere Erde besiedeln können. Heute spiegelt sich im weltweiten Amphibiensterben der desolate Zustand vieler Ökosysteme wieder.

Im Gegensatz zu den Amphibien als „feuchte Gesellen“ ist das kennzeichnendste Merkmal aller heute lebenden Reptilien ihre Körperbedeckung aus trockenen, schleimlosen Hornschuppen. Von den Vögeln und Säugetieren unterscheiden sie sich durch das Fehlen von Federn bzw. Haaren. Während sich diese bei den Schuppenkriechtieren (Squamata) meist dachziegelartig überlappen, schützt Schildkröten ihr Rücken- und Bauchpanzer, Krokodile ihr Knochenpanzer. Nur die Schuppenkriechtiere können periodisch größere, zusammenhängende Partien ihrer Oberhaut abstreifen. Wobei die als Ecdysis bezeichnete Häutung bei den Schlangen besonders ausgeprägt ist. Wenn sie aus ihrer alten Oberhaut „gefahren“ sind, lässt sich am zurückgelassenen „Natternhemd“ oft gut anhand der Schuppenanordnung und -struktur die ehemalige Trägerin bestimmen.

Die meisten der heute lebenden Reptilien entsprechen mit ihrem typisch echsenartigen Aussehen immer noch dem Bauplan, der die ersten Landwirbeltiere auszeichnete. Bereits sie trugen einen langen Schwanz und bewegten sich vierfüßig im Spreizgang fort. Dagegen haben alle Schlangen und einige Echsen (Schleichenartige) ihre Beine ganz oder weitgehend zurückgebildet. Bei ihnen gehen Hals, Rumpf und Schwanz ansatzlos ineinander über. Um auf ihre Betriebstemperatur zu kommen, nehmen die wechselwarmen Reptilien regelmäßige Sonnenbäder. Es waren Reptilien, aus denen sich haben sich die Vögel und die Säugetiere entwickelt haben. Wobei alle heutigen Reptilien näher mit den Vögeln verwandt sind als mit den Säugetieren. Dagegen sind



Sie warnt in ihrer grellfarbigen Aufmachung gleichsam vor sich selbst: Die in Mittelamerika beheimatete „jumping viper“ erreicht ihre Opfer mindestens auf Körperlängendistanzen

alle Reptilien der Entwicklungslinie, aus der die Säugetiere entstanden, längst ausgestorben.

4.1 Hochzeit auf amphibisch

Wenn es an das Fortpflanzungsgeschäft geht, regen sich Gefühle, die wir romantisierend Liebe, die Biologen weit nüchterner Fortpflanzungstrieb nennen. Hormongesteuert bedient man sich aller erdenklichen Tricks. Auch bei den

Amphibien gibt wahre „Verführungskünstler“. Die Partner finden sich durch Geruch, Aussehen und Konzerte zusammen, oder durch „Verabreden“ an bestimmten Treffpunkten.

Feste Treffpunkte

Unsere Erdkröten wandern im Frühjahr immer zu dem Gewässer zurück, in dem sie als Kaulquappen geschlüpft sind und das so zum sicheren Treffpunkt für ihre Fortpflanzung wird. Unterwegs reagieren die Erdkröten-Männchen auf das leiseste Rascheln im Laub und passen die größeren Weibchen ab. Auf ihnen reiten sie „huckepack“ zum Laichgewässer. Erreichen sie die Wasserstellen noch als „Single“, steigert sich ihr Klammertrieb sogar noch. Jetzt wird fast alles umklammert, was ihnen in die Quere kommt, egal ob andere Amphibienarten, Fische, schwimmende Kleinsäuger oder der Gummistiefel des Amphibienschützers, der den Kandidaten gerade per Eimer zu seiner Rettung vor dem Straßenverkehr zum Laichgewässer gebracht hat. Beim üblichen Männerüberschuss bilden sich im Laichgewässer manchmal ganze Knäuel von Erdkröten-Männchen um ein einziges Weibchen. Wenn sich die Richtigen schlussendlich gefunden haben, korrigiert das Erdkröten-Weibchen den „Sitz“ seines Partners durch pumpende Flankenbewegungen. Um abzulaichen, macht das Weibchen ein Hohlkreuz. Das ist das Signal für den Partner, sein Sperma abzugeben. Die in langen Laichschnüren mit einer Gallerthülle umgebenen Eier werden dann im Wasser befruchtet.

Hochzeitstänze, Düfte und Konzerte

Dagegen machen Molche in Stillgewässern ihren Weibchen eher zurückhaltend den Hof. Sie vollführen einen

Hochzeitstanz und versuchen die Weibchen durch ihre prächtige Körperfärbung und betörende Düfte zu beeindrucken. Fließgewässer bewohnende Gebirgsmolche hingegen umklammern ebenfalls ihre Weibchen, was gegen Abtriften hilft. Froschmännchen wiederum geben lautstarke Solo- oder Orchesterkonzerte zum Anlocken der Weibchen.

4.2 Fürsorgliche Froscheltern

Brutpflege mit Betreuung der Nachkommenschaft ist unter den Amphibien im Allgemeinen überhaupt nicht angesagt. Bei den heimischen Froschlurchen legen die Weibchen ihre befruchteten Eier in Laichklumpen oder -bändern ab, und das war's dann auch. Unsere heimischen Frösche und Kröten produzieren meist Nachwuchs im Überschuss. Nach dem Ablachen im Gewässer kümmern sich in der Regel weder Männchen noch Weibchen weiter um die Brut. Die geschlüpften Kaulquappen sind ebenso wie die kleinen Hüpfertlinge nach ihrer Metamorphose sich selbst – und zahlreichen Fressfeinden – überlassen. Ihre schiere Masse ist allein Garant dafür, dass eine ausreichende Zahl des Nachwuchses die Geschlechtsreife erreicht und zum weiteren Fortbestand der Art beitragen kann.

Doch es gibt bei den Froschlurchen auch bemerkenswerte Ausnahmen von dieser eher einfachen bis nachlässigen Form der Fortpflanzungsstrategie. In anderen Froschverwandtschaften stellen sich die Dinge nämlich ganz anders dar. Die mehr als 150 Arten umfassende und fast ausschließlich in den Regenwäldern Mittel- und Südamerikas verbreitete Familie der Baumsteigerfrösche (*Dendrobatiidae*, auch Färberfrösche genannt) umfasst einige Arten, die sich geradezu rührend um ihren Nachwuchs kümmern und schon die Eier nicht einfach sich selbst überlassen. Sie werden arttypisch entweder vom Weibchen oder vom

Männchen oder sogar von beiden bewacht und betreut. Bei wenigen Arten geht die Betreuung sogar noch weiter, indem die Eltern auch noch die Kaulquappen versorgen. Alle Mitglieder dieser in den Tropen der Neuen Welt beheimateten Froschfamilie legen ihre Eier an Land ab – entweder in einem feuchten Versteck oder auf einem Blatt. Das Gelege wird danach meist vom Froschmännchen bewacht. Gegen Artgenoss(inn)en verteidigen sie ihr Revier sehr entschlossen mit Kommentkämpfen – oft begleitet von arttypischen Rufen, die ein wenig an das Summen einer Biene erinnern.

Außerdem wird das Gelege ständig feucht gehalten. Dafür setzt sich der Froschmann immer wieder auf das Gelege, um es mit einem Urintropfen aus der Harnblase zu befeuchten. Die frisch geschlüpften Kaulquappen klettern bei einer solchen Aktion auf den Rücken des Vaters, der sie sogleich im Huckepack zur nächsten Wasserstelle transportiert. Das Froschmännchen bleibt dann selbst so lange in diesem „Kinderbecken“ sitzen, das ein Bach, ein Tümpel, eine Pfütze oder eine wassergefüllte Baumhöhle sein kann, bis die Larven von ihm ablassen und davonschwimmen. Damit hat die Brutpflege bei den meisten Dendrobatiden ihr Ende gefunden.

Füttern wegen Nahrungsknappheit

Einige der kleinen Froscharten setzen ihren Nachwuchs ausschließlich in äußerst winzigen Wasseransammlungen ab, etwa in Baumlöchern oder in den Blattachseln von Bromelien. Solche Miniaturgewässer nennt man Phytotelmen. Dort sind die Larven zwar vor Fressfeinden besonders sicher, finden darin aber häufig nicht genügend Nahrung. In diesen Fällen füttern die Frösche ihre Kaulquappen einfach mit den eigenen unbefruchteten Eiern. Ein Winzling aus dieser Froschfamilie, der gerade mal 17–18 mm kleine *Dendroba-*

tes vanzolinii aus dem Regenwald Amazoniens, hat dabei eine besonders fürsorgliche und nachhaltige Strategie entwickelt. Nachdem das Männchen ein fortpflanzungsfähiges Weibchen durch seine Rufe zu einem Versteck geführt hat, legt dieses nach einem besonderen Ritual, ohne dabei umklammert zu werden, nur sehr wenige Eier, manchmal sogar nur ein einziges, an Land ab, das vom Männchen besamt wird. Nach dem Schlupf wird die Larve vom Männchen auf dem Rücken zu einer Phytotelme getragen und darin abgesetzt. Nach dem Transport lockt der kleine Froschmann durch Rufe erneut ein Weibchen an. Die Paarung und Eiablage finden jetzt im wässrigen Milieu statt. Weil aber die Befruchtung der Eier nur auf dem Trockenen richtig gelingt, bleiben die „Wassereier“ meist unbefruchtet und werden so zur Nahrung für die Froschlarve in ihrem „Wasserbett“. Auf diese Weise finden sich die beiden alle fünf Tage für ihr kompliziertes Fütterungsritual zusammen. Wenn das Weibchen ein Ei oberhalb der Wasserlinie absetzt, wo es besamt werden kann, verbringt der Froschmann dieses in eine andere, noch nicht als Kinderstube genutzte Blattachsel. Sonst würde es sofort von der älteren Kaulquappe im Minipool in kannibalischer Art gefressen werden.

Was die Forscherin Janalee P. Caldwell vom Sam Noble Museum, Oklahoma's Museum of Natural History im Freiland an Brutpflegenden Verhaltensweisen bei *Dendrobates vanzolinii* untersuchen konnte, entspricht dem Verhalten der beiden nahe verwandten Arten *D. reticulatus* und *D. imitator*, das Hobbyherpetologen bereits früher im Terrarium beobachteten. Die Kaulquappen der Winzlingsarten können sich als Allesfresser mit den Hornzähnen in ihren Mündern durch den Verzehr von Mückenlarven und Pflanzenteilchen sehr wohl auch ohne die Versorgung mit Eiern weiterentwickeln. Dennoch dürfte die elterliche Fürsorge ein Überlebensvorteil sein. Bei den sich wiederholenden

Fütterungen sind übrigens stets die gleichen Männchen und Weibchen zusammen.

Aufzucht als Partnerleistung

Janalee P. Caldwell schließt daraus, dass zwischen den Partnern eine feste Paarbindung besteht. Offen bleibt dabei, ob sich die Partner erkennen oder, was wahrscheinlicher zu sein scheint, jeder einfach nur gleichgeschlechtliche Eindringlinge aus dem Territorium vertreibt. Mit einer solchen Form der Paarbindung bei Fröschen stehen die Vertreter der Dendrobatidae allerdings nicht allein da. Auch in der großen Familie der Laubfrösche (Hylidae) gibt es Ähnliches. Bei dem in Zentral-Amazonien beheimateten Laubfrosch *Osteocephalus oophagus* legt ein Paar mehr als hundert Eier in eine größere Bromelien-Blattachsel. Angelockt von dem rufenden Männchen, kehrt das Weibchen alle 5–15 Tage wieder zurück, lässt sich vom Partner klammern und trägt ihn huckepack die letzten Meter bis zur Blattachsel. Darin legt es weitere Eier hinein, die den älteren Larven als Nahrung dienen. Sie werden vom Männchen besamt und könnten sich entwickeln. Solange aber noch hungrige Kaulquappen in der Blattachsel leben, dienen sie ausschließlich deren Ernährung. Diese recht einfache Brutpflege ist gesichert, indem das Paar immer die gleiche Wasserstelle aufsucht und sich dort regelmäßig trifft. Niemals konnte beobachtet werden, dass das Männchen mit einem anderen Weibchen kam oder umgekehrt. Wenn ein Partner einem Räuber zum Opfer gefallen war, blieben die Larven verwaist und starben schließlich.

Es geht noch komplizierter: Brutpflege ohne Paarbindung

Die oben beschriebene, ohnehin schon sehr komplexe Fortpflanzungsstrategie wird von einem besonders hübschen Fröschchen sogar noch getoppt. Der Herpetologe Peter Weygold studierte das in Panama und Costa Rica beheimatete Erdbeerfröschchen (*Dendrobates pumilio*) im Labor und entdeckte dabei Erstaunliches: Während bei den oben beschriebenen Arten die Brutpflege fakultativ ist, weil ihre Larven auch ohne Eiernahrung auskommen können, ist sie bei Erdbeerfröschchen obligatorisch. Ihre Larven fressen ausschließlich Eier und würden ohne die Brutpflege verhungern. Entsprechend kompliziert gestaltet sich diese dann auch. Im ersten Schritt entspricht das Fortpflanzungsverhalten von *Dendrobates pumilio* dem der oben beschriebenen Dendrobatiden: Nach der Paarung versorgt zunächst das Männchen das Gelege und befeuchtet es regelmäßig. Wenn es danach das Weibchen mit Rufen anlockt, legt dieses aber keine neuen Eier, sondern kommt immer öfter, und dann auch ohne Anlockung, je älter das Gelege ist. Dadurch ist sichergestellt, dass sie auch vor Ort ist, wenn die Larven nach etwa zwei Wochen geschlüpft sind. Ab hier übernimmt allein das Weibchen die Regie und trägt die Larven einzeln in verschiedene Bromelien-Blattachsen. In den nächsten 6–10 Wochen werden die Larven bis zu ihrer Metamorphose in ihren Einzelpools alle 5–10 Tage vom Weibchen besucht und mit jeweils 3–7 unbefruchteten Eiern gefüttert. In dieser Hochbeschäftigungszeit verpaart sich das Weibchen nicht neu. Das „arbeitslose“ Männchen versucht dagegen, schon wieder andere Weibchen in sein Territorium zu locken und zur Eiablage zu bewegen.

Zwischen Mutter und Kindlarve im Bromelienblatt wird sogar kommuniziert. Wenn sie oder ein anderer kleiner

Frosch am Rand des Pools auftaucht, schwimmt die Larve in auffälligen Kreisen an der Wasseroberfläche. Die Mutter rutscht daraufhin rückwärts ins Wasser hinein und wird jetzt von der Larve angeschwommen, vor allem gegen ihre Kloakenregion. Mit dieser Art Bettelverhalten und gleichzeitiger Stimulation werden jetzt die Nähreier abgegeben. Fehlt die Larve in der Bromelienachsel oder ist sie darin gestorben, unterbleibt die Eiabgabe. Auch bei Laubfröschen kommt diese Form der Brutpflege ohne Paarbindung vor. Der Kronenlaubfrosch (*Anotheca spinosa*) nutzt größere wassergefüllte Baumhöhlen oder Bromelien-Phytotelmen zum Ablaichen. Wie bei *D. pumilio* füttert das Kronenlaubfrosch-Weibchen danach allein seine Larven, die es alle 10–14 Tage aufsucht, um unbefruchtete Eier abzulegen. Die Kaulquappen schwimmen die Kloakenregion der Mutter heftig an, um die austretenden Eier sofort zu verzehren. Erst nach der Bettelphase der Larven verpaart sich das Weibchen wieder neu.

Was zunächst wie ein Vorteil aussieht, wenn sich der Vater aktiv an der Brutpflege beteiligt, kann auch rasch zum Nachteil werden. Seine Rufaktivitäten können Fressfeinde auf den Plan locken. Sorgt sich das Weibchen allein um die Aufzucht, ist ein Ausfall des Männchens eher zu verkraften. Eventuell kann er in dieser Zeit schon wieder für weiteren Nachwuchs mit neuen Partnerinnen sorgen.

Gefährlich giftig

Viele Arten der Baumsteiger- oder Färberfrösche sind enorm bunt und kontrastreich ausgefärbt – ein klares mimetisches Warnsignal an potenzielle Beutegreifer, denn die meisten Arten sind enorm giftig. Der bisher bekannte Rekordinhaber ist eine Spezies mit dem furchtbaren Namen *Phyllobates terribilis* (Schrecklicher Pfeilgiftfrosch). Im



Der Schreckliche Pfeilgiftfrosch (*Phylllobates horribilis*) trägt seinen Namen zu Recht: Er enthält mit 0,5 mg rund die 20-fache Giftmenge seiner Gattungsgenossen

Gegensatz zu Schlangen oder Skorpionen haben Frösche keinen giftigen Biss oder Stich. Sie geben ihre toxischen Substanzen nur passiv über ihre Haut ab, warnen aber ihre Fressfeinde „freundlicherweise“ mit einer enorm grellen Färbung, von der unbekömmlichen, ja tödlichen Mahlzeit unbedingt abzusehen. Etwa 60 Arten von Farbfröschen der Gattungen *Dendrobates* und *Phylllobates* produzieren die tödlichsten tierischen Gifte, die man kennt – aber die Hautabsonderung von *Phylllobates terribilis* übertrifft an Giftigkeit alle anderen.

Dieser grellgelbe bis orange, nur etwa 3,5 cm lange Pfeilgiftfrosch wurde erst 1973 im westlichen Kolumbien entdeckt. Sein Gift ist eine Mischung aus Batrachos- sowie Homobatrachotoxinen und um etwa 20-mal giftiger als das Gift jedes anderen Farbfrosches. Die winzige Giftmenge von 0,0019 g, die jedes Exemplar permanent mit sich trägt, könnte tatsächlich fast 1000 Menschen tö-



Der Blaue Baumsteigerfrosch sieht zwar für Beutegreifer nicht gerade unappetitlich aus, ist aber eine respektabel toxische Spezies

ten. So geschützt hat der „Schreckliche“ nur zwei echte Feinde: Schlangen der Art *Leimadopsis epinephelus* und die Chocó-Indianer. Erstere scheinen gegen das Gift immun zu sein, und Zweitere hüten sich vor jeder Berührung mit dem Giftfrosch. Sie stellen ihm jedoch nach, um mit den im Froschsekret getränkten Blasrohrpfeilspitzen selbst große Raubtiere sekundenschnell töten zu können. Während man lange Zeit annahm, dass Farbfrösche ihr Gift selbst produzieren, deuten jüngste Forschungsergebnisse darauf hin, dass diese Amphibien in ihrem natürlichen Lebensraum einen beträchtlichen Anteil des Giftes über die Nahrung, vor allem von giftigen Insekten, aufnehmen. Interessanterweise sind nämlich Nachzuchten aus Terrarien nach bisheriger Kenntnis immer giftfrei.

Brutpflege an und im Körper

Manche Amphibienarten haben bzw. hatten noch ganz andere Strategien der Brutpflege entwickelt. Bei den südamerikanischen Wabenkröten (*Pipa pipa*) beginnt das Ganze im Wasser. Dort stößt das Weibchen bei der Paarung unter Drehungen und Loopings ihre Eier aus, die das Männchen besamt und auf den Rücken des Weibchens schiebt. Um jedes besamte Ei bildet sich innerhalb weniger Stunden eine Zyste, so bleibt die Brut über das Kaulquappen-Stadium hinaus in der Krötenhaut wie in Brutkammern eingeschlossen. Erst wenn nach rund 80 Tagen ihre Metamorphose abgeschlossen ist, schlüpfen die Minikröten einfach aus dem Rücken ihrer Mutter.

Ein ganzes Maul voll Brut

Beim Darwinfrosch (*Rhinoderma darwinii*), der in Waldflüssen von Chile und Argentinien vorkommt, legt das Weibchen seine Eier auf den feuchten Boden. Von da an ist die Brutfürsorge reine Männersache. Die frisch geschlüpften Kaulquappen lässt der Vater sofort in seinem Kehlsack verschwinden. Darin verwahrt er sie, bis sie nach gut sechs Wochen als fertige kleine Frösche dem Vater aus dem Maul spazieren. In der gesamten Zeit im „Vaterversteck“ leben die Kaulquappen ausschließlich von ihrem Eidotter.

Brutpflege geht durch den Magen

Noch besser haben zwei Froscharten bis in die 1980er-Jahre ihre Brut vor der Außenwelt abgeschirmt. Seit 1984 gelten diese Tiere leider als ausgestorben. Die in Australien in nur sehr kleinen Arealen von 1000 km² bzw. weniger als 500 km² in Südost-Queensland bzw. im mittleren Nordosten

Queenslands vorkommenden Südlichen und Nördlichen Magenbrüterfrösche (*Rheobatrachus silus* und *R. vitellinus*) brüteten ihren Nachwuchs im Bauch aus. Nach erfolgter Besamung wurde der Laich vom Weibchen mit dem Maul aufgenommen und einfach hintergeschluckt. So konnten nach einer entsprechenden Entwicklungszeit die Kaulquappen im mütterlichen Magen „zur Welt kommen“. Wie aber konnte verhindert werden, dass das Weibchen die „eigene Brut“ in ihrem Magen nicht einfach verdaute? Forschungen ergaben, dass es die Kaulquappen waren, die ihre Mutter am Fressen hinderten. Durch ein von ihnen abgesondertes Hormon stellte die Froschmutter ihre Nahrungsaufnahme, und damit die Produktion von Magensäure ein, die sonst unweigerlich zur Verdauung ihres Nachwuchses im Magen geführt hätte. Sobald die Metamorphose der Kaulquappen zum Frosch abgeschlossen war, wurden sie hochgewürgt und hüpfen aus dem Maul der Mutter. Erst dann begann diese wieder zu fressen. Die für ein Amphibium so sicher scheinende Entwicklungsmöglichkeit der Larven konnte das Aussterben dieser außergewöhnlichen Art dennoch nicht verhindern. Gegen die Austrocknung der Lebensräume, den weltweit zunehmenden Pilzbefall bei den so empfindlichen Hautatmern und Missbildungen an Jungtieren durch die zunehmende UV-Strahlung hilft selbst nicht der Aufenthalt im Muttermagen.

4.3 Aktives Blutvergießen

Während das lange Zeit gänzlich fehlgedeutete „Blutschwitzen“ bei Flusspferden vielleicht schon zu Zeiten beobachtet wurde, als die Tiere noch bis ins Nildelta von Ägypten vorkamen und der echte Blutschweiß beim Menschen auf seltene Ausnahmen wie dem Vorliegen von Vorerkrankungen oder extremsten Stresssituationen beschränkt ist, gibt es

Tiere, die ohne eine zuvor von außen zugefügte Verletzung tatsächlich einen Teil ihres Blutes verspritzen und das zudem noch zielgerichtet und erstaunlich weit verspritzen können. Es sind die kurzschwänzigen und -beinigen Kröten- oder Hornechsen (Gattung *Phrynosoma*) aus der Ordnung der Leguanartigen. Ihre Spritztechnik ähnelt in Ausführung und Absicht durchaus dem Treiben, das wir jeden Sommer im Freibad oder am Strand erleben können – nämlich dann, wenn kleinere und größere Kinder Mitbadende oder sich Sonnende mit einem gezielten Wasserstrahl aus einer klassischen Wasserpistole oder moderneren „Pumpgun“ erfolgreich zu erschrecken versuchen.

Krötenechsen leben mit verschiedenen Arten in den Wüstengebieten Mexikos und im Südwesten der Vereinigten Staaten. Die 5–13 cm großen Tierchen tragen hornartige, der Verteidigung gegen Fressfeinde dienende Fortsätze an Kopf und Rücken und ähneln damit, wie auch in einigen Verhaltensweisen bei der Verteidigung und Ernährung, dem australischen Dornteufel. Als Einzelgänger suchen Krötenechsen den Kontakt zu Artgenossen nur zur Paarung. Die tagaktiven Tiere verbringen die meiste Zeit mit der Suche nach Ameisen als ihrer Vorzugsbeute, oder auch nach anderen kleinen Beutetieren wie Heuschrecken, Käfern und Larven. Bei Regen oder kühlen Temperaturen vergraben sich Krötenechsen im Sand. Sobald die Sonne wieder scheint, taucht zuerst ihr Kopf aus Krötenechsen ihr Sandversteck. So können Krötenechsen bei noch optimaler Tarnung ihre Umgebung im Auge behalten. Nach dem Aufwärmen wird Futtersuche fortgesetzt. Wenn um die Mittagszeit selbst für die Wüstentiere die Hitze zu groß wird, suchen Krötenechsen Schatten unter Felsen und Sträuchern oder vergraben sich einfach wieder im Sand.

Schauen wir uns eine Vertreterin aus der Krötenechsenfamilie, die Texas-Krötenechse, einmal näher an. Bei ihrer Entdeckung glaubte man, ein Amphib vor sich zu haben.



Texas-Hornkröte – äußerlich skurril und fähig zum gezielten Blutspritzen. (© CuttsNaturePhotography/Getty Images/iStock)

Mit stumpfer Schnauze und runden Körper wirkt sie tatsächlich amphibienähnlich. Deshalb wird sie im Englischen auch als *horned toad* („gehörnte Kröte“), *horny toad* („hornige Kröte“) oder *horned frog* („gehörnter Frosch“) bezeichnet. Trotz oder gerade wegen ihres skurrilen Aussehens ist die Texas-Hornkröte in ihrer Heimat sehr beliebt. Als Tier des Bundesstaates Texas ziert sie dort manches Nummernschild, ist außerdem das Maskottchen der Texas Christian University und bewacht dort als überlebensgroße Statue den Eingang zum Stadion. Manchen Ureinwohnern Amerikas gilt sie sogar als heiliges Tier. Ihre Verehrung drückt sich darin aus, dass sie oft als Motiv auf kunsthandwerklichen Gegenständen erscheint.

Wenn die Texas-Krötenechse oder Hornkröte auf ihrer Futtersuche nach Ameisen, vorzugsweise Knotenameisen, die bis zu 70 % ihrer Nahrung ausmachen, auf ihre Fress-

feinde trifft, kann sie je nach Bedrohungsgrad verschiedene Verteidigungsstrategien einsetzen. Als erste Reaktion bleibt sie einfach in Schreckstarre sitzen und verlässt sich auf die Tarnwirkung ihres Aussehens mit der Umgebung. Kommt ihr der Angreifer zu nahe, legt sie nach kurzen Sprints immer wieder abrupte Starrepausen ein, um sich so visuell ihrem Verfolger zu entziehen. Geht auch diese Strategie nicht auf, kann sie sich kugelfischähnlich aufblasen und so für kleinere Angreifer als Beute zu groß und mit ihren aufgestellten Stacheln auch zu ungenießbar erscheinen. Wenn das alles bei größeren Beutegreifern wie Kojoten, Füchsen oder Hunden nichts hilft, setzt die Hornkröte schlussendlich eine ganz besondere Abschreckungswaffe ein. Hierzu bringt sie die Blutgefäße am Augenrand zum Platzen. Das Blut sammelt sich in einer Höhle unter dem Augenlid und wird dann mit Hilfe von Muskeln bis 1,5 m weit verspritzt. Im Idealfall setzt die Hornechse diesen Abwehrmechanismus erst dann ein, wenn sie sich bereits im Maul eines Raubtiers befindet, um sicherzugehen, dass sie das Ziel auch trifft. Der gewaltige Blutspritzer wirkt nicht nur verwirrend, er riecht und schmeckt auch übel wegen seiner besonderen Inhaltsstoffe. Oft kann sich eine Hornkröte diese Abwehrmaßnahme allerdings nicht leisten, denn sie verliert beim Blutspritzen immerhin etwa ein Viertel ihres Blutes.

4.4 Chamäleons sehen fast alles

Unter den Reptilien sind die Chamäleons so bekannt wie ein bunter Hund. Fast jeder von uns weiß um ihre Langsamkeit mit fast zeitlupenhaften Bewegungsabläufen, um ihre Fähigkeit, die Farbe zu wechseln, und um ihre blitzschnell herausschnellende, überlange Schleuderzunge, deren Sog- und Klebewirkung sich ein erst mal ausgemachtes Beutetier kaum noch „entziehen“ kann.

Sehen ist Trumpf

Eine unabdingbare Voraussetzung für ein erfolgreiches Chamäleonleben ist das Sehen. Gutes Sehen gehört bei vielen Echten zur „Grundausrüstung“. Für fast alle Arten scheint der optische Sinn vor dem Geruchs- und Hörsinn der wichtigste zu sein. Wenn man davon ausgeht, dass verschiedene Sinnesleistungen sich ergänzen, müssen Chamäleons wahrscheinlich besser sehen können als die meisten anderen Echtenarten. Sie sind schließlich die einzigen, die weder eine externe Ohröffnung noch ein Mittelohrloch besitzen. Experimente haben gezeigt, dass Chamäleons nicht nur fast taub sind, sondern auch einen schlechten Geruchssinn besitzen. Dagegen ist der Gehörsinn des zum Bodenleben übergegangenen Namib-Wüstenchamäleons (*Chamaeleo namaquensis*) deutlich feiner als der seiner baum- und strauchbewohnenden Artverwandten. Die Chamäleonnase hat dagegen nur eine Atemfunktion. Wenn Chamäleons tatsächlich riechen sollten, dann über ihr Jacobsonschs Organ. Sein Riecheinsatz bei dieser Tiergruppe bedarf aber noch der Klärung. Somit sind Chamäleons fast ausschließlich auf ihr Sehvermögen angewiesen. Die Augen sind ein besonders typisches Merkmal der mit über 200 Arten in Afrika einschließlich Madagaskar, auf der Arabischen Halbinsel, im Mittelmeerraum sowie im westlichen Indien und auf Sri Lanka vorkommenden Chamäleons aus der Familie der Leguanartigen (Iguana) innerhalb der Schuppenkriechtiere (Squamata).

Lochblende mit Sichtschutz

Chamäleonaugen sind sehr hoch entwickelt und dazu leistungsfähiger als etwa das menschliche Auge. Zwar haben sie auch eine Linse, allerdings ist nur die Pupille sichtbar. Par-

tien der Hornhaut ihrer Augen werden nämlich von schuppenartigen Lidern umschlossen, die zum Teil mit dem Augapfel verwachsen sind. Die Sehschärfe wird durch die Hornhaut bewirkt. Durch das Lidloch und die Pupille tritt zusätzlich ein Effekt ein, der wie eine Lochblende wirkt, die Wahrnehmung von störenden Randstrahlen (sphärische Aberration) reduziert, die Zerstreungskreise auf der Netzhaut erhöht und damit auch die Schärfentiefe. Dadurch können Chamäleons bis zu einer Entfernung von 1 km scharf sehen. Das hilft den Tieren beim frühzeitigen Erkennen von Feinden, sodass sie sich selbst langsam noch Schutz im Blattwerk suchen können.

Als weitere Besonderheit können sich auf den Zapfen der Netzhaut von Chamäleonaugen winzige Öltropfen anlagern, die den starken Lichteinfall abschwächen und so den Sehnerv der tagaktiven Farbenseher wirkungsvoll schützen. Das Außerordentlichste an ihren Sehorganen, über das sie in dieser Ausprägung exklusiv verfügen, liegt in ihrer Fähigkeit, ihre Augen unabhängig voneinander zu bewegen. Die Augen sind so angeordnet, dass sich die Gesichtsfelder nur in einem kleinen Bereich zu einem Bild überlagern können und so meistens zwei einzelne Bilder entstehen. Bis heute bleibt es ihr Geheimnis, wie Chamäleons die beiden Bilder im Gehirn verarbeiten.

„Multiseeing“

Die ungewöhnliche Beweglichkeit der Augen gewährleistet ein komplexer Muskelapparat. Der Gebrauch der Augen bei der Jagd folgt einem festen Muster und gilt für jede Chamäleonart. Zunächst wird unabhängig voneinander die gesamte Umgebung abgesucht. Ist ein Beutetier gefunden, wird es mit beiden Augen fokussiert. Weil die Augen aus dem Kopf weit herausstehen, wird das Blickfeld enorm vergrößert. Auf



Grünes Chamäleon beim Blick in zwei verschiedene Richtungen.
(© Lipowski/Getty Images/iStock)

senkrechter Ebene beträgt es 90° , auf waagerechter 180° . Es ergibt sich somit ein beidäugiges Blickfeld von 342° . Nur ein Teil des Chamäloenrückens liegt so im toten Winkel von lediglich 18° . Neben dem Sehen setzen die Tiere ihre Augen auch für die innerartliche Kommunikation ein. Gefärbte Augenpartien signalisieren Paarungsbereitschaft oder die Erkennung von Artgenossen.

Damit besitzen Chamäleons die beneidenswerte (?) Fähigkeit zum „Multiseeing“. Während man sich beispielswei-

se auf der Jagd mit dem einen Auge auf die Insektenbeute konzentriert, kann das andere weiter die Gegend nach Feinden, Rivalen oder Partnerinnen abschnappen. Und wie schalten Chamäleons ihre Augen aus? Zum Schlafen senken sie Augen nach unten, wobei die Pupillen in eine Hautfalte gedreht werden. Dort sind durch Hornplatten geschützt. Bei manchen Arten lassen sich die Augen sogar komplett in den Kopf zurückziehen.

4.5 Besser der Schwanz als ich

Schwanz ab – und ganz unfreiwillig

Während der Kopf nur durch Fremdeinwirkung entfernt werden kann, was zum sicheren und raschen Tod seines Trägers führt, kann der Verlust des Schwanzes, soweit es sich um das rückwärtige Körperanhängsel handelt, recht problemlos verkräftet werden. Immer wieder werden Säugetieren bei Auseinandersetzungen meist unter Artgenossen längere oder kürzere Stücke ihres Schwanzes abgebissen. Die (Teil-)Entfernung des Schwanzes bei Haustieren, das Kupieren, war und ist zum Teil (leider) noch gängige Praxis. So wird schon den Ferkeln in der Schweine-Intensivhaltung das Ringelschwänzchen aus Vorsorgegründen gegen eventuellen Kannibalismus ebenso kupiert wie die Schwänze der Lämmer aus hygienischen Gründen. Das Kupieren der Ruten mancher Hunderassen oder von Schwanzwirbeln bei Kaltblutpferden geschah und geschieht hauptsächlich aus „ästhetischen“ Gründen. Diese Maßnahmen werden heute zunehmend als Tierquälerei betrachtet und sind daher heftig umstritten.

Schwanzabwurf aus Kalkül

Es gibt aber auch Tiere, die einen Teil ihres Schwanzes ohne direkte Fremdeinwirkung abwerfen, und das mit Kalkül. „Autotomie“ ist der Fachbegriff für dieses Tun, das beim Menschen unter Selbstverstümmelung läuft, den Schwanzabwerfern unter den Tieren dagegen meist das Leben rettet. So werden Eidechsen in lebensbedrohlichen Situationen nicht kopf-, sondern schwanzlos. Anatomisch ist das Schwanzabwerfen bei ihnen schon eingeplant, indem vom sechsten Wirbel abwärts jeder Schwanzwirbel in seiner Mitte eine Art Sollbruchstelle aufweist und dort auch das Bindegewebe schwächer ausgebildet ist. In einer Bedrohungssituation genügt dann eine kurze Kontraktion des entsprechenden Ringmuskels, um sich von dem entsprechenden Schwanzstück ohne großen Blutverlust zu trennen. Sinn dieser buchstäblich einschneidenden Maßnahme ist die Ablenkung des Feindes: Der sich noch einige Zeit heftig windende Schwanzrest verwirrt den Angreifer und erhöht die Fluchtchancen des Reptils.

Anders als bei manchen anderen, Körperteile abwerfenden Tieren, wächst bei den Eidechsen der autotomierte Schwanz sogar wieder nach. Wobei ihr Ersatzschwanz nicht mehr die Form und Färbung des Originals erreicht. Meist fehlt die vorher aufwendige Musterung. Und vor allem enthält das nachgewachsene Schwanzstück kein Knochengerüst mehr, sondern nur einen ungegliederten Knorpelstab. Für Eidechsen-Männchen bedeutet der Verlust ihres Schwanzes zudem auch einen geringeren sozialen Status, vor allem im Hinblick auf ihre Attraktivität für die Weibchen. Weil das Nachwachsen des Schwanzes viel Energie kostet, sind Eidechsen in der Regenerationsphase auch weniger wendig und werden mit ihrem Handikap so zur leichteren Beute für ihre Fressfeinde. Nur wenn ihr Leben bedroht ist,

setzen Eidechsen deshalb die Autotomie als Überlebenstrick ein.

Ist das Regenerat wieder nachgewachsen, kann der Schwanz erneut abgeworfen werden. Die neue Bruchstelle befindet sich dann aber näher an der Schwanzwurzel (proximal). Ist allerdings einmal der komplette Schwanz abgeworfen und nachgewachsen, kann er nicht noch einmal abgeworfen werden. Wenn der Originalschwanz bei Eidechsen nur anbricht, aber nicht vollständig verloren geht, was bei Rivalenkämpfen passieren kann, wächst aus dieser Bruchstelle ebenfalls ein neuer Schwanz, und es entsteht ein Gabelschwanz. Ist der Originalschwanz gleich an mehreren Stellen angebrochen, wachsen dort gleichzeitig neue Schwanzenden. Gleiches geschieht, wenn der Gabelschwanz später noch einmal verletzt wird. So können hin und wieder einzelne Eidechsen sogar drei, vier oder fünf Schwanzenden haben. Solche vielschwänzigen Tiere sind gegenüber ihren „normalschwänzigen“ Artgenossen im Nachteil, da die Gabelungen sie mehr oder weniger stark behindern können. Deshalb werden Eidechsen mit Mehrfachgabelungen in der Natur nur selten gefunden. Entweder werden sie schneller Opfer von Prädatoren oder die lästige Mehrfachgabelung bricht relativ schnell wieder ab.

Auch unsere heimische beinlose Eidechse, die Blindschleiche, beherrscht das Schwanzabwerfen. Bei ihr wächst kein Regenerat nach, sondern nur ein Stumpf. Außer Eidechsen können auch Geckos und Leguane in Gefahrensituationen ihren Schwanz abwerfen. Unter den Säugetieren waren zwei afrikanische Stachelmausarten, *Acomys kempi* und *Acomys percivali*, die Ersten, bei denen Autotomie nachgewiesen wurde. Sie können sich dem Zugriff eines Fressfeindes durch ihre ohne großen Widerstand abstreifbare Haut im wahrsten Sinne des Wortes entziehen. Alle

Schichten der verlorenen Haut werden danach mit kaum feststellbarer oder ganz ohne Narbenbildung inklusive Haarfollikeln, Schweißdrüsen und Anderem vollständig regeneriert.

Anregung für die Medizin

Ob Eidechse oder Stachelmaus: Die weitere Erforschung beider Eigenschaften könnte für die Anwendung bei der Wundheilung sowie für die regenerative Medizin wichtige Fortschritte bringen. Ein amerikanisches Forscherteam studierte beispielweise sämtliche Erbgutabschnitte, die während der Schwanzneubildung des in den subtropischen Wäldern der USA und in der Karibik lebenden Rotkehlanolis (*Anolis carolinensis*) abgelesen werden. Immerhin 326 Gene waren dabei auffällig aktiv, darunter viele, die für Wundheilung, Hormonregulation und die Entwicklung von Muskel- und Skelettgewebe verantwortlich sind. Die Erkenntnis der Forscher: Zahlreiche dieser



Östliche Smaragdeidechse – Männchen mit Gabelschwanz nach Rivalenkampf

Gene sind evolutionsgeschichtlich alt und finden sich in folgedessen mit ähnlicher Funktion auch beim Menschen. Insgesamt 302 derartige Erbfaktoren identifizierten die Wissenschaftler. Dieses Ergebnis lässt hoffen, dass sich aus dem Schwanzabwerfen als Überlebenstrick von einigen Reptilien irgendwann lebenserhaltende Maßnahmen für den Menschen ableiten lassen.

4.6 Mit dem Dritten sieht und fühlt man mehr

Nach manchen mystisch-religiösen oder esoterischen Konzepten soll der Mensch über ein drittes, inneres Auge verfügen, das ihm den Blick nach innen erlaubt, ihn auf eine höhere Bewusstseinsebene führt und ihm seherische Fähigkeiten verleiht. Für die Anhänger der Theosophie, die vor allem das Gedankengut südasiatischer Religionen etwa über die esoterische New-Age-Bewegung in westliche Länder brachten, ist das dritte geistige Auge mit der Zirbeldrüse verwandt. Danach soll der Mensch im fernen Altertum tatsächlich im Hinterkopf ein drittes Auge mit einer körperlichen und geistigen Funktion besessen haben, welches im Laufe seiner weiteren Entwicklung verkümmerte und in die Zirbeldrüse versank. Auch wenn diese Sichtweise einer naturwissenschaftlichen Betrachtung so nicht standhalten kann, ist das dritte Auge bis heute sehr wohl existent. Auch besteht eine sehr enge Verbindung von diesem Organ zur Zirbeldrüse. Beide können Außeneindrücke nach innen transportieren und körperliche Reaktionen hervorrufen, die einen nachhaltigen Einfluss auf das Handeln von uns wie allen unseren Wirbeltierverwandten haben.

Kleine Drüse mit großer Wirkung

Die kleine endogene Zirbeldrüse, die bei allen Wirbeltieren vorhanden ist, hat ihren Sitz im Epithalamus, einem Segment des Zwischenhirns nahe dem Gehirnzentrum. Dort sorgt sie durch die Ausschüttung des Hormons Melatonin für die Steuerung circadianer Rhythmen der Tages- und Nachtaktivität. Speziell bei Reptilien und einigen Vögeln ist die Zirbeldrüse auch für die Regelung der Körpertemperatur (Thermoregulation) und Nahrungsaufnahme zuständig. Entwicklungsgeschichtlich ist sie das älteste Organ zur Steuerung der Tagesrhythmik.

Träger des dritten Auges

Anatomisch ist das „dritte Auge“ noch als Scheitelaugel bei einigen heute lebenden Wirbeltieren vorhanden und funktionsfähig. Wie bei einem gewöhnlichen, paarigen Auge besteht es aus Linse, Netzhaut und Sehnerv. Nur die Iris fehlt beim Scheitelaugel, das auch als Parietalaugel oder -organ bezeichnet wird. Nach oben gerichtet und zentral auf dem Scheitelbein (Os parietale) des Schädels sitzend, bleibt das Scheitelaugel unter der Haut verborgen. Über das Scheitelloch (Parietalforamen) zwischen den paarigen Knochen des Scheitelbeins besteht die Verbindung zum Zwischenhirn. Bei allen Wirbeltieren des Erdalters, von den Panzerfischen über die „Kieferlosen“ bis zu den vierfüßigen Amphibien und Reptilien, war es ausgebildet. Entsprechend der paarigen Anlage des Scheitelbeins scheint auch das Scheitelaugel ursprünglich paarig angelegt gewesen zu sein.

Im Laufe der weiteren Entwicklung haben sich die paarigen Teile des Scheitelauges unabhängig voneinander jeweils zu homologen Lichtsinnesorganen umgewandelt. Aus dem linken, nach vorne rückenden Auge entstand das Parietal-

organ (Parapinealorgan) bzw. -auge bei den Eidechsen und Brückenechsen als höhere Wirbeltiere. Nach hinten wandernd, wurde aus dem ursprünglich rechten Auge das Pinealorgan bzw. -auge der Froschlurche und Neunaugen. Beim Meerneunauge blieb das andere, linke Auge unter Funktionsverlust erhalten. Bei den höheren Wirbeltieren dagegen hat sich das rechte Auge unter Funktionswechsel zur Zirbeldrüse umwandelt, die oftmals noch lichtempfindlich ist. Womit die Brückenechsen, die wir uns im Folgenden noch etwas näher ansehen wollen, längst nicht die einzigen, aber die bekanntesten Träger des dritten Auges sind.

Die Brückenechse – die keine Echse ist

Trotz ihres ähnlichen Aussehens sind Brückenechsen keine echten Echsen, sondern die einzigen lebenden Vertreter der Ordnung Sphenodontia, einer Gruppe von kleinen bis mittelgroßen Reptilien, die unsere Erde schon vor den Dinosauriern vor 225 bis 110 Mio. Jahren bevölkerten. Vor 60 Mio. Jahren verschwanden sie alle bis auf die Brückenechse (*Sphenodon punctatus*). Die einzige rezente Art aus der Familie Sphenodontidae kommt nur auf den neuseeländischen Inseln vor und wird deshalb oft als „lebendes Fossil“ bezeichnet. Die Maoris nennen sie Tuatara, was „stacheliger Rücken“ bedeutet und auf den Stachelkamm aus Hornplättchen auf dem Rücken der 50–75 cm großen, etwa 1 kg schweren Tiere Bezug nimmt. Ein unterer, als „Brücke“ bezeichneter Schläfenbogen macht den Unterschied der Brückenechse zu den sonst recht ähnlichen Schuppenkriechtieren Squamata und rechtfertigt so ihre Einordnung in die eigene Ordnung Sphenodontia, die auch als Rhychocephalia (Schnabelköpfe) bezeichnet wird.

Wechselwarm und trotzdem anders

Anders als viele andere wechselwarme Reptilien sind Brückenechsen selbst bei niedrigen Temperaturen noch aktiv. Trotz ihrer deutlich geringeren Körperwärme sind die Tuataras auch dann noch fähig, auf Beutesuche nach Gliederfüßern oder Vogeleiern zu gehen. Hauptsächlich in der Dämmerung und in der Nacht aktiv, verbringen Brückenechsen den Tag größtenteils in meist selbst gegrabenen Wohnhöhlen. Die Erdhöhlen von Seevögeln werden von den Tuataras vor allem deshalb aufgesucht, weil sie dort auf dem Vogelkot lebende Wirbellose erbeuten können oder ihnen eine Eier- und Kükenmahlzeit winkt. Nach der Paarung legt das Brückenechsen-Weibchen seine Eier in eine nestartig ausgepolsterte Bruthöhle in der Nähe seiner Wohnhöhle ab, die danach verschlossen und nachts von ihm bewacht wird, um zu verhindern, dass andere Weibchen darin ihre Eier ablegen. Somit betreiben Brückenechsen anders als viele andere Reptilien eine Art Brutpflege. Im kühlen Neuseeland brauchen die kleinen Brückenechsen bis zu ihrem Schlupf 11–15 Monate. Danach sind sie zunächst tagaktiv, um dem Gefressenwerden von erwachsenen Artgenossen zu entgehen.

Ehemals waren Brückenechsen auf der gesamten Nordinsel Neuseelands verbreitet. Jedoch wurden diese letzten Vertreter einer längst vergangenen Epoche durch vom Menschen eingeführte Haustiere wie Ziegen, Katzen, Hunde, Schweine sowie eingeschleppte Ratten und Mäuse sehr stark dezimiert. Tuataras leben heute nur noch auf 30 kleinen, von eingeführten Tierarten weitgehend freien, oft sturmtumtosten Eilanden Neuseelands, die gerade mal 0,1 % des ursprünglich von ihnen bewohnten Areals ausmachen.

Drei Augen mit unterschiedlicher Funktion

Ihr großes Augenpaar weist Tuataras als Dämmerungs- und Nachttiere aus. Die meist wegen Lichteinfalls schlitzförmige Pupille ist kein Indiz für reine Nachtaktivität, sondern für ihre hauptsächlich nächtliche Jagdaktivität. Die Netzhaut der Brückenechsen-Augen enthält keine Stäbchen, dafür zwei verschiedene Zapfentypen. Dadurch können die Tiere sowohl tags wie nachts sehr gut sehen. Ihr Farbsehen ist, wenn überhaupt, nur rudimentär vorhanden. Ihr drittes Auge, das Scheitelauge, teilen sie, wie gesehen, nur mit wenigen anderen Arten. Es ist mit einer linsenähnlichen Epithelschicht und einem basalen, netzhautartigen Teil ausgestattet. Die auf das Scheitelauge wirkenden Sinnesreize werden von einem dünnen Nervus parietalis zum Zwischenhirn weitergeleitet. Über ihr Scheitelauge können Brückenechsen Helligkeiten wahrscheinlich feiner wahrnehmen als über ihre beiden „richtigen“ Augen. Außerdem



Tuatara oder Brückenechse: einzige Überlebende einer längst erloschenen Familie. (© MollyNZ/Getty Images/iStock)

dient das Scheitelaug wohl auch zur Regelung des Wärmehaushalts. Möglicherweise kann ein Scheitelaug auch für das Erkennen von Bewegung und so zum Schutz vor Fressfeinden, etwa Greifvögeln, genutzt werden, wie Verhaltensbeobachtungen an Tieren andeuten, die über das „dritte Auge“ verfügen. Womit das dritte Auge tatsächlich mehr sehen und auch – über die Regelung des Wärmehaushalts – fühlen kann.

4.7 Tödlich oder trügerisch – das verwegene Design der Korallenschlangen

Schlangen gehören für die meisten Menschen nicht unbedingt zu den besonders geschätzten Tieren. So manche Dame trägt zwar eine schicke Handtasche oder Schuhe aus Schlangenleder (vor allem von Arten der Gattung *Python*) zur Schau, aber die allgemeine Zuneigung zu dieser Tiergruppe hält sich doch deutlich in Grenzen. Zu tief sitzt offenbar die biblische Geschichte der von einer Schlange zum folgenreichen Apfelbiss verführten Eva, die man in der Genesis nachlesen kann.

Monochrom oder gemustert

Viele Schlangenarten sind in ihrem arttypischen Erscheinungsbild recht unauffällig und meist monochrom braun-erdfarben, grün-tarnfarben oder einfach nur in irgendwelchen Grautönen nuanciert, wie man es bei fast allen in Mitteleuropa heimischen Arten erleben kann. Aber auch unter den einfarbigen Arten gibt es solche, die mit ihrer grellen Ausfärbung einfach nicht zu übersehen sind, darunter beispielsweise die heftig chromgelbe „*jumping viper*“ aus Mit-

telamerika. Aber: Weltweit umfasst die durchaus artenreich vertretene Schlangenfauna auch etliche Arten von bemerkenswert aparter Zeichnung in hübschen Mustern. Eine der erwähnenswerten Arten dieses Typs ist beispielsweise der im Prinzip ziemlich harmlose Netzpython (*Python reticulatus*), der gerne in Varieté- oder Zirkusdarbietungen (zur leichten, aber im Prinzip unbegründeten Abscheu der Zuschauer) vorgeführt wird.

Heftig bunt und leicht zu verwechseln

Ein ganz anderes Erscheinungsbild bieten die vor allem in der Neuen Welt verbreiteten Korallenschlangen – meist sehr schlanke Tiere unter 1 m Körperlänge, aber von enorm lebhafter Ausfärbung mit weißen oder gelben sowie roten und schwarzen Querbinden in unterschiedlicher Breite. Es sind die überwiegend in die Gattung *Micrurus* gestellten und im Allgemeinen recht giftigen rund 70 Spezies der Korallenottern aus der Familie Elapidae oder ihre zu verschiedenen Gattungen der ungiftigen Korallennattern (Colubridae) gehörenden Verwechslungsarten. Beide Vertretergruppen tragen in der Abfolge äußerst ähnliche lebhaft bunte Ringelmuster in unterschiedlich breiten Banden. Wenn man sie auf Fotos oder im Terrarium direkt nebeneinander sieht, kann man sie tatsächlich eindeutig unterscheiden: Die Elapiden haben gewöhnlich den für Giftschlangen familientypisch kurzen und vom Rumpf deutlich abgesetzten Schwanz und einen vorne abgerundeten Kopf, während der Rumpf bei den eher spitzköpfigen Colubridae erst allmählich und ohne Absatz in den Schwanz übergeht. Wenn man allerdings im Gelände einer solchen meist extrem bunten Schlange begegnet, kann man nie sicher sein, welchen Vertreter man gerade vor sich hat.

Unsichere Farbfolge

Viele Darstellungen dieser komplexen und extrem leicht verwechselbaren Schlangengesellschaft betonen zwar, dass man sie an der spezifischen Farbfolge ihrer Ringelung ziemlich eindeutig unterscheiden kann. In Nordamerika, wo beide Artengruppen vor allem im westlichen Teil bis Kanada verbreitet sind, ist folgender Merkspruch populär:

Red next to yellow, will kill a fellow.

Red next to black, venom lack.

Ein (allerdings nur) einigermaßen angemessener deutschsprachiger Merkreim behauptet:

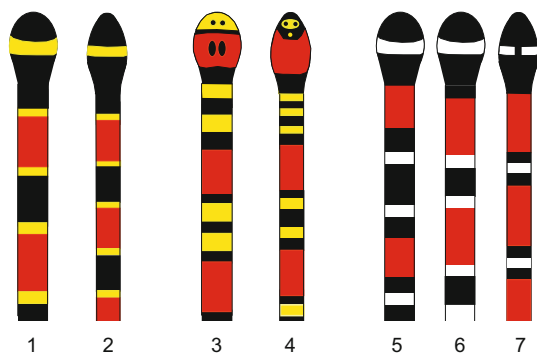
Rot an Dotter: Killer-Otter;

Rot an Kohle, dir zum Wohle!

Die Verlässlichkeit dieser Sprüche ist indessen mit Gewissheit stark eingeschränkt und gilt bestenfalls für einige Regionen im südwestlichen Nordamerika sowie fallweise in Mittelamerika. Selbst die in der wissenschaftlichen Fachliteratur verbreitete Notierung, wonach bei den ungiftigen Nachahmern der Familie Colubridae die schwarzen Ringelbänder angeblich immer von einem weißen oder gelben Band unterbrochen werden, gilt zwar für etliche Arten, aber keineswegs für alle, zumal in den meisten Verbreitungsgebieten der auffällig gezeichneten Colubridae bzw. Elapidae auch noch diverse Farbmorphen zu unterscheiden sind, was im Zweifelsfall die genaue Artdiagnose sicherlich nicht besonders vereinfacht.

Mertens'sche Mimikry

Die Syndikate der giftigen Korallenottern und ihrer ungiftigen Nachahmer hat der langjährige Direktor des Sencken-



Beispiele für leicht verwechselbare Elapidae und Colubridae. Links (bei 6 auch in der Mitte) steht jeweils die giftige Art, rechts daneben der ungiftige Nachahmer: 1 *Micrurus fulvius*, 2 *Pliocercus spec.*, 3 *Micrurus frontalis*, 4 *Simopphis rhinostoma*, 5 *Micrurus lemniscatus*, 6 *Micrurus corallinus*, 7 *Lampropeltis elapsoides*



Die Berg-Königsnatter ist von ihrem hochgiftigen Vorbild kaum zu unterscheiden

berg-Museums (Frankfurt/Main), Robert Mertens (1894–1975) entdeckt und ausführlich beschrieben. Zu seiner Ehre – der verdienstvolle Forscher starb übrigens in seinem 81. Lebensjahr an den Folgen eines Giftschlangenbisses – hat man das Phänomen nach ihm benannt. Bis heute reißen allerdings die Diskussionen darüber nicht ab, wie die Nachahmung tödlicher Vorbilder überhaupt entstehen kann. Auch sind einige Bearbeiter der Meinung, dass sich zumindest einige giftige Vorbilder gegenseitig nachahmen. Hier wird die Forschung gewiss noch einige Verständnisschwierigkeiten aus dem Weg räumen müssen. Aufschlussreich sind in Costa Rica durchgeführte Versuche mit isoliert aufgezogenen Exemplaren des Bentevi, einer in Mittelamerika weitverbreiteten Vogelart. Die Tiere, die sich auch von Reptilien ernähren, vermieden nach bemalten Holzstäbchen zu picken, welche das verräterische rot-gelb-schwarze Design zeigten. Offenbar ist die Erkennung von Korallenschlangen angeboren.

5

Nicht nur schräge Vögel



Wie alle Landwirbeltiere (Tetrapoda) haben auch die Vögel zwei Extremitätenpaare, wobei die Vorderextremitäten zu Flügeln umgebildet sind. Diese, sowie ein Federkleid und ein Schnabel sind gemeinsame Merkmale aller Vögel, die auf allen Kontinenten mit über 10.711 Arten vorkommen. Kein Vertreter der heutigen Vögel besitzt echte Zähne. Dagegen waren einige ausgestorbene Arten wie die Zahnvögel (Hesperonis) mit Zähnen ausgestattet. Der Schnabel besteht bei den meisten Vögeln aus Knochen mit einer umgebenden Hornscheide. Nur bei den Tauben und Gänsevögeln ist die Knochensubstanz des Schnabels von einer weichen Haut überzogen. Alle bekannten Vogelarten haben eine relativ hohe, konstante Körpertemperatur, die mit ca. 42 °C höher als bei allen anderen heute lebenden Tieren ist. Einige Vogelarten können ihre Körpertemperatur jedoch während der Nachtruhe um 10 °C absenken (z. B. Kolibris und Meisen).

Die meisten Vogelarten sind flugfähig. Auch die heute flugunfähigen Arten wie Pinguine, Laufvögel und viele Inselformen (u. a. Kiwis und einige Rallen) stammen von ursprünglich flugfähigen Arten ab. Obwohl das Federkleid eines der kennzeichnenden Merkmale der Vögel ist, wurden Federn bereits von ihren Vorläufern, den Dinosauriern entwickelt. Sie bildeten sich nach einer gängigen Theorie zuerst als Wärmeschutz bei bodenlebenden zweibeinigen Sauriern. Auch die heutigen Vögel haben Tausende von ziemlich einfach gebauten Flaumfedern, aber nur etwa 50 Schwungfedern. Die schrittweise Entwicklung von isolierendem Flaum zu den viel komplexeren Flugfedern macht auch die Zwischenstufen der Entwicklung plausibler, die für das Fliegen noch ungeeignet waren. Lange Zeit galten die „Urflügler“ *Archaeopteryx lithographica* und *A. bavariica*, geborgen aus Jura-Plattenkalken eines Steinbruchs bei Solnhofen im bayerischen Altmühltal, als das gesuchte Bindeglied zwischen Reptil und Vogel. Die etwa hühnergroßen

Wesen trugen einen langen, knöchernen Schwanz, an den vorderen Gliedmaßen je drei Finger mit gekrümmten Krallen und ein Federkleid. Dagegen hatte *Archaeopteryx* noch keinen Schnabel, sondern knöcherne, mit Zahnreihen besetzte Kiefer.

Nachdem seit den 1990er Jahren immer neue Arten von Dinosauriern entdeckt wurden, die Federn trugen, zeigte sich, dass die bei *Archaeopteryx* vorgefundenen Vogelmerkmale bereits schon viel früher und zudem bei vielen Dinosauriern der Unterordnung Theropoda vorkamen. Aus dieser Erkenntnis heraus können wir in unseren Vögeln durchaus typische Dinosaurier erkennen, die sich lediglich ans Fliegen angepasst. So waren die chinesischen Konfuzius-Vögel *Confuciusornis sanctus* und *C. dui*, deren Alter man auf 125 Mio. Jahre datiert, wohl schon leistungsstarke Flieger, hatten vogeltypisch bekrallte Füße, mit denen sie auf Bäumen sitzen konnten, leichte Schnäbel sowie zahnlose Kiefer mit „modernen“ Hornschnäbeln. Aber ihre Schädel wiesen noch die nur für Saurier typische Schläfenfenster-Konstruktion auf. Damit verschwimmen erneut die Grenzen zwischen Kriechtieren und Vögeln. Die Evolution der Vögel scheint nicht geradlinig verlaufen zu sein, sondern offenbar auf vielgliedrigen Pfaden, die zum Teil in Sackgassen endeten.

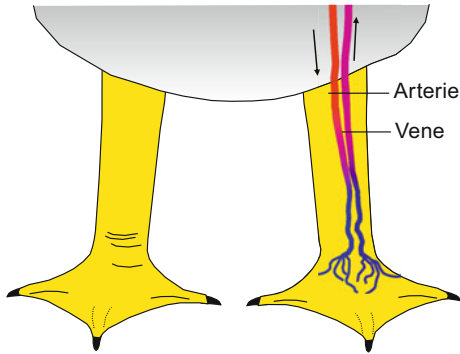
Bestimmend für das äußere Gesamtbild unserer Vögel als „fliegende Dinosaurier“ ist ihr Federkleid. Aus Keratin bestehend, dienen Federn als aerodynamisch günstige Verkleidung des Körpers. Sie fungieren beim Fliegen nicht nur als Trag- und Steuerfläche, sondern dienen auch zur Isolation. Genial, dass diese sogar mit den Temperatur- und Windverhältnissen veränderbar ist. Bei vielen Arten tragen die Geschlechter unterschiedliche Gefiederfarben und setzen diese dann oft zur sexuellen Werbung ein. Das Federkleid der Wasservögel ist zudem wasserabweisend und sorgt für den Auftrieb. Der regelmäßige Wechsel abgenutzter Fe-

dern zu bestimmten Zeiten wird als Mauser bezeichnet. Die Beine aller Vogelarten sind durch Hautschuppen bedeckt. Gemeinsames Merkmal aller Vögel ist auch das Eierlegen. Während neben eierlegenden Reptilien, Amphibien und Fischen auch lebendgebärende Arten und eierlegende Säugetiere vorkommen, gibt es keine lebendgebärenden Vögel. Eine dafür längere Tragzeit und die damit verbundene Gewichtserhöhung wären wohl für die Vögel als Flieger aerodynamisch wie energetisch zu ungünstig. Und dies obwohl andere fliegende Wirbeltiere wie die Fledermäuse und wohl auch die Flugsaurier lebendgebärend sind beziehungsweise waren. Selbst beim Skelett haben Vögel kräftig an Gewicht gespart, indem sie Hohlknochen besitzen.

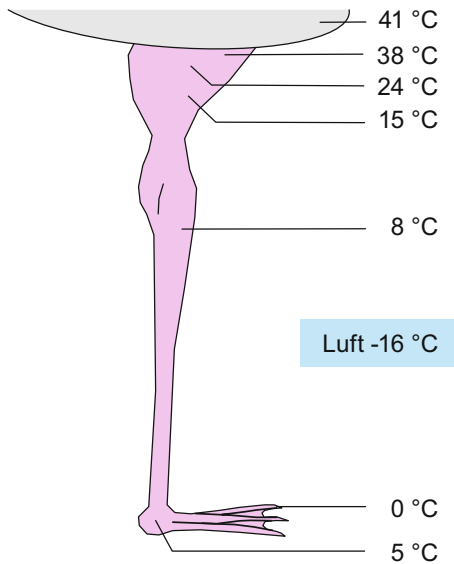
5.1 Eine Ente auf dem Eis

Wie lange kann man mit bloßen Händen die Eisfläche eines zugefrorenen Gewässers berühren oder gar einen großen Eiszapfen festhalten? Manche werden sich Erfahrungen von der letzten Schneeballschlacht in Erinnerung rufen und eventuell auf ein paar Minuten tippen. Völlig daneben – denn es sind tatsächlich nur wenige Sekunden: Schon nach erstaunlich kurzer Zeit ist der supercoole Kontakt für uns wirklich extrem und zunehmend schmerzhaft. Und nun schauen wir uns mal am gefrorenen Stadtparkteich um. Dort stehen Blässrallen, Enten, Gänse und Schwäne eventuell stundenlang mit bloßen Füßen auf dem Eis und finden das offenbar völlig normal. Wie halten die das aus? Arbeiten diese Vögel mit besonderen Tricks?

Besonders warm sind die Vogelfüße tatsächlich nicht. Wären sie so warm wie unsere eigenen, würde die oberste Eisschicht auftauen und die Vögel langsam immer tiefer ins Eis sinken lassen. Das kann man an einem winterlichen Gewässer aber nicht beobachten – im Gegenteil: Die Vo-



Der Gegenstrom in den Blutgefäßen des Vogelbeins lässt die Kälte in den Füßen



An der hochnordisch verbreiteten Beringmöwe (*Larus glaucescens*) hat man exakte Bein- und Fußtemperaturen ermittelt

gelfüße hinterlassen hier nicht einmal Abdrücke – allenfalls in der dünnen Schneedecke, die das Gewässer zusätzlich überzogen hat. Ihr spezieller Trick sind eben eiskalte Füße.

Das funktioniert durch einen effizienten und höchst raffinierten Wärmeaustausch nach dem Gegenstromprinzip: In den Vogelbeinen liegen die Arterien und die Venen ganz eng beisammen. Das warme aus dem Körper kommende Blut gibt Wärme an das kalte zurückfließende ab. Weil sich das stark abgekühlte Blut dabei erwärmt, strömt es anschließend auch nun nicht so erbärmlich cool in die Vogellunge. Dieser Austausch ist immerhin so wirksam, dass auf erstaunlich kurze Distanz – Enten- und auch Gänsebeine sind nicht allzu lang – das körperwarme Blut von über 41 °C auf nur 6 °C heruntergekühlt bzw. von dieser tiefen Temperatur auch wieder auf Körperwärme aufgeheizt wird. So verliert der Vogel auch nicht unnötig Energie, die er dann durch vermehrtes Fressen wieder aufnehmen müsste.

Eine recht genaue Vorstellung von der Wirksamkeit des Gegenstromprinzips in Vogelbeinen vermittelt ein Messprotokoll, das man an der hochnordisch verbreiteten Beringmöwe (*Larus glaucescens*) ermittelt hat. In ihrem typischen Lebensraum sind diese Vögel ganzjährig ziemlich ungemütlichen Temperaturen ausgesetzt – die Füße sind notorisch kalt, aber der restliche Körper hätte – übrigens durchweg vogeltypisch – nach menschlichen Maßstäben sogar hohes Fieber.

5.2 Von wegen „Spatzenhirn“

Ein „Spatzenhirn“ nennt man mitunter einen Mitmenschen, der möglicherweise nicht gerade zu den Hochbegabten gehört. Auch weitere Anleihen bei der Vogelfauna wie „blöde Gans“ oder „dummes Huhn“ sind durchaus nicht als Schmeicheleien gedacht, sondern erfüllen alle Merkmale ei-

ner groben Beleidigung – oder auch nicht: Tatsächlich sind Vögel außerordentlich intelligente Tiere mit erstaunlichen Gedächtnisleistungen. Den Vergleich mit Spatz, Gans oder Huhn könnte man somit sogar als Kompliment auffassen.

Von beringten Zugvögeln ist schon lange bekannt, dass sie über ein hervorragendes Langzeitgedächtnis verfügen. Sie finden ihre oft etliche Tausend Kilometer auseinanderliegenden Brutgebiete und Winterquartiere exakt wieder. Eine Untersuchung an individuell markierten süddeutschen Mehlschwalben kam zu dem überraschenden Ergebnis, dass ein erstaunlich hoher Anteil der im Spätsommer wegziehenden Nestlinge als Rückkehrer im folgenden Frühjahr wieder in der gleichen Region eintrifft – Männchen im Durchschnitt etwa 1,5 km von ihrem Schlüpfnest entfernt, die etwas wanderfreudigeren Weibchen in rund 3 km Entfernung. Etwa 5 % der Weibchen brüteten sogar am gleichen Haus, an dem ihr Schlüpfnest hängt. Dazwischen liegen rund 10.000 km Flugstrecke und mehrere Monate mit völlig anderen Eindrücken. Von Weißstörchen, die bis Südafrika ziehen, kennt man eine vergleichbare Ortstreue. Unterdessen sind auch einige neurologische Grundlagen genauer erforscht: Bei Langstreckenziehern wächst für die Dauer des Zuggeschehens der für das Ortsgedächtnis zuständige Teil des Gehirns – diese Hippocampus genannte Hirnregion kann sich um bis zu 30 % vergrößern.

Selbst die kleinsten Vögel haben ein hervorragendes Erinnerungsvermögen: Kolibris ernähren sich ausschließlich von Nektar und fliegen ausgebeutete Blüten erst dann wieder an, wenn genügend Zeit für die Nachproduktion verstrichen ist. Sie erinnern sich sowohl an Orte (ergiebige Pflanzen) als auch an die Zeitspannen zwischen ihren einzelnen Besuchen. Dieses Talent ist besonders wichtig – bei bis zu 80 Flügelschlägen pro Sekunde benötigen sie viel Energie. Ohne ein solch exaktes Zeit- und Ortsmanagement würden sie zu viel Zeit für die planlose Nahrungssuche vergeuden.

Obwohl das Vogelhirn etwas anders aufgebaut ist als ein Säugerhirn und Verhaltensforscher die Vögel gerne als „gefederte Säugetiere“ (oder fliegende Dinosaurier) bezeichnen, ist ein an situationsgebundenes Lernen gekoppeltes Erinnerungsvermögen für die meisten Arten überhaupt kein nennenswertes Problem. Von wegen Spatzenhirn ...

5.3 Bei den Pinguinen des Nordens

Pinguine im Norden? Biogeographisch einigermaßen trainierte Leser werden jetzt vermutlich in tiefe Zweifel stürzen, denn Pinguine sind heute ausschließlich auf der Südhalbkugel beheimatet und allenfalls auf den Galapagosinseln einigermaßen äquatornah zu Hause. Aber in unseren nördlichen Breiten? Lassen Sie sich also überraschen.

In den Wintermonaten liegt so manche Steilklippe an unseren Küsten vergleichsweise eintönig und verlassen da. Nur kleinere Scharen von Silber-, Herings- und Mantelmöwe, meist recht viele Kormorane und vielleicht ein paar wenige Krähscharben finden sich zum Ausruhen auf den vorgelegerten Molen oder Felsgruppen ein.

Aber im Frühjahr – gewöhnlich ab März – ändert sich das Bild nachhaltig. Auf den Molen geht es zwar weiterhin relativ ruhig zu, aber dafür wird es in den steil abfallenden Klippen umso lauter: An den klassischen Brutstätten, beispielsweise an der Westklippe von Helgoland, treffen innerhalb kurzer Zeit tatsächlich Tausende Brutpaare der Dreizehenmöwen ein – im Jahr 2018 waren es über 10.000 Individuen. Hinzu kommen die höchst eigenartigen, weil wie flugfähige Pinguine aussehenden Trottellummen, von denen 2018 über 3000 Brutpaare eintrafen, und außerdem gesellen sich noch einige Paare des Tordalks hinzu. Bald sind auch viele Dutzend Brutpaare der überaus fluggewandten Basstölpel dabei – in der Brutsaison 2018 waren es mehr als

1000 Individuen. Geübte Vogelbeobachter entdecken hier und da zwischen den Möwensitzplätzen zudem einzelne Exemplare des Eissturmvogels. Zusammen macht diese jetzt auch ziemlich lautstarke Brutbesatzung an vielen Küstenfelsen viele Tausend Vögel aus. Tendenz übrigens steigend. Die rote Felseninsel Helgoland ist somit das von Mitteleuropa aus am leichtesten erreich- und erlebbare Brutgebiet von felsküstenbrütenden Meeresvögeln in beachtlicher Individuenzahl.

An anderen Vogelfelsen Europas – in Südnorwegen, in Nordfrankreich sowie Großbritannien – kommen weitere scharenweise zusammen nistende Arten vor: der schmucke Papageientaucher, die kleinen, flinken Krabbentaucher oder hier und da auch eine Gryllteiste.

Eingeschränktes Landleben

Lumme, Tordalk, Papageientaucher, Gryllteiste oder Krabbentaucher aus der recht seltsamen Vogelfamilie Alken werden zu Recht als Meeresvögel oder pelagische Arten bezeichnet. Tatsächlich halten sie sich viele Monate lang und sogar während des größten Teils des Jahres küstenfern auf hoher See auf. Nur zum Brüten suchen sie die Küsten des Festlandes oder geeigneter Inseln auf und ziehen dazu im zeitigen Frühjahr – entgegen dem sonst allenthalben üblichen Zugvogel-Richtungstrend – nach Süden. Nach Erledigung des meist kurzfristigen Brutgeschäfts wandern sie aber schon im Hochsommer wieder in den Nordatlantik – in die Gewässer zwischen Grönland, Spitzbergen und Jan Mayen. Ab Anfang Juli ist die Westklippe Helgolands wieder weitgehend verwaist. Nur die Basstölpel sind dann noch zu sehen – sie dehnen nämlich ihr Brutgeschäft bis weit in den Frühherbst aus. Während der Spätherbst- und Winterwochen sieht man

rund um Helgoland dagegen meist nur an einer Hand abzählbare Individuenzahlen der erwähnten Arten.

Riskanter Nistplatz

Nach ökologischen Kriterien stellt das Koloniebrüten an steilen Felswänden für die betreffenden Arten zweifellos eine besondere Herausforderung dar. Zwar sind solche klar exponierten Brutplätze gegen landseitig anrückende Bodenfeinde wie Marder und Füchse ziemlich gut gesichert, aber gegen Luftfeinde wie Falken, Großmöwen oder gar Seeadler tatsächlich nur schlecht zu verteidigen. Der Grund für die Nistplatzwahl an solchen gefährlich unsicheren Klippen erklärt sich vermutlich nur aus dem bemerkenswert schwachen Flugvermögen der Jungvögel. Vor allem die kleinen Lummern und Tordalken schaffen mit ihren zunächst noch viel zu kurzen und schmalen, daher aerodynamisch recht ungünstig gestalteten Flügeln einfach nicht den Start in die freien Lüfte. Vielmehr müssen sie sich von ihrem – gewöhnlich hochgelegenen – Schlupfplatz mit einem entschlossenen Sprung buchstäblich in die Tiefe stürzen, um genügend Anströmgeschwindigkeit unter die Flügel zu bekommen.

Dieser Abgang der Jungvögel von den steilen Brutfelsen ist zweifellos eine der besonders kritischen Phasen in ihrem Leben, denn die immer gefräßigen Silber- und Mantelmöwen fangen die Jungvögel gierig noch während ihres Sturzfluges ab. Auf Helgoland und an anderen heftig bevölkerten Seevogelklippen nennt man ihn treffend Lummensprung. Er bringt im besten Fall eine einigermaßen erträgliche Landung auf dem Wasser, wo die Altvögel die weitere Versorgung so lange erledigen, bis Körpergewicht und Flugmuskulatur der Jungtiere im rechten Verhältnis zueinander stehen. Selbst wenn die Jungvögel bei diesem sicherlich spek-

takulären Manöver auf dem Tangbewuchs der Brandungsterrasse landen sollten, ist das in aller Regel nicht besonders tragisch, denn ihr noch weitgehend knorpeliges Knochengüst verträgt durchaus auch eine solch harte Landung. Tragische Todesfälle ereignen sich bei diesem einzigartigen Startmanöver daher so gut wie gar nicht.

Leben im Gedränge

Die ausschließlich an Steilküsten brütenden Meeresvögel teilen untereinander den Brutraum artspezifisch auf. Eissturmvogel und Dreizehenmöwe sind ebenso wie Trottellumme und Tordalk ausgesprochene Klippenbrüter. Bemerkenswert originell erscheint hingegen die Nistplatzwahl des Papageitauchers – er richtet sich generell in selbst gegrabenen Erdhöhlen an grasig bewachsenen Hängen ein oder wird gelegentlicher Nachmieter von Kaninchenbauten. Unter den in Westeuropa an bewachsenen Klippenhängen brütenden Vogelarten findet sich außerdem eine Spezies, die ganz bestimmt den falschen Namen trägt: Die hübsch anzusehende rotschnäbelige Alpenkrähe ist tatsächlich eher ein Meeres- und nicht unbedingt ein Hochgebirgsvogel. Kormorane sind in der Nistplatzwahl dagegen am wenigsten anspruchsvoll. Sie akzeptieren vegetationsfreie Böden höher gelegener Klippenfelder ebenso wie Felsbänder nahe der Hochwasserlinie. Wenn zu viele Tiere vorhanden sind und zu wenig traditioneller Brutraum im Angebot steht, bauen sie ihre Nester auch auf dem flachen Boden einer Salzwiese.

Besonderen Herausforderungen sehen sich die Meeresvögel allerdings am Brutplatz gegenüber – in den großen oder bisweilen sogar riesigen Brutkolonien schon allein bei der Frage der notwendigen Nahorientierung. Unter Tausenden oder gar noch mehr Artgenossen, die in der Kolo-

nie auf Schnabelreichweite dicht gedrängt nebeneinandersitzen, muss der vom Beutefang zurückkehrende Altvogel zuverlässig seinen individuellen Nistplatz und das dort wartende Jungtier finden. Ein sicherlich hoch präzise arbeitender Ortssinn wirkt dabei offenbar mit einem ebenso bewundernswert trennscharfen Gehör zusammen, um im chaotischen Stimmengewirr den zugehörigen Partner bzw. die eigenen Jungen zu orten. Wie diese beeindruckende Orientierungsleistung tatsächlich funktioniert, bleibt vorerst ungeklärt. Verbuchen wir es also getrost als bestaunenswertes und gut funktionierendes, aber in Teilen noch unverstandenes Naturphänomen. Erwiesenermaßen füttern die zurückkehrenden Altvögel auch in einer Riesenkolonie nicht beliebige Jungtiere, sondern nur und ausschließlich die eigene Brut.

Arten, die an weniger exponierten Positionen nisten, benötigen keine besonderen Anpassungen an den Brutplatz. Dagegen müssen sich die ausgeprägten Felssims-Spezialisten sehr genau auf die jeweiligen und durchaus schwierigen Ortsverhältnisse einstellen. So dürfen die Küken von Dreizehenmöwen oder Lummen übrigens keinen besonderen Bewegungsdrang entwickeln, denn schon die nächste Handbreite Horizontaldistanz führt direkt in den tödlichen Abgrund. Vielmehr müssen sie während der Abwesenheit der Altvögel fast unbeweglich an Ort und Stelle verweilen. Damit sind sie notwendigerweise extreme Nesthocker.

Vogelfelsen an der Küste bieten wegen der ausgeprägten Jahreszeitlichkeit der beteiligten Arten zugegebenermaßen nur ein kurzfristiges Beobachtungsabenteuer während relativ weniger Frühjahr- und Sommerwochen. Aber avifaunistisch gesehen ist die Küste niemals langweilig. Auch während der Herbst- und Winterwochen halten sich einige Exemplare von Felsküstenbrütern in visueller Reichweite entlang der Küsten auf. Hinzu kommen noch etliche Überwinterer, die man während des übrigen Jahres kaum zu se-

hen bekommt, etwa die bemerkenswerten Zwergschwäne aus dem hohen Norden oder Scharen von Eisenten neben weiteren interessanten Arten im Bereich der westlichen Ostsee.

Pinguine auch im Norden?

Der folgende Sachverhalt liefert Ihnen mit Sicherheit einen tragfähigen Gesprächsauftakt: Eine denkbare und gemeinerweise gezielt irreführende Anfangsfrage lautet nämlich, warum Eisbären – immerhin die größten Landraubtiere – für Pinguine ungefährlich sind. Falls Sie sich gerade in zoologisch gebildeten Kreisen bewegen, wird man eventuell mitleidig grinsen und womöglich einfühlsam darauf verweisen, dass zwischen den Habitaten vom Eisbär und von den Pinguinen etliche Dutzend Breitengrade liegen. Dieser gut gemeinte Hinweis ist Ihr entscheidendes Stichwort: Jetzt können Sie punkten und frech behaupten, Pinguine seien in Wirklichkeit nordhemisphärische Vögel. Und damit liegen Sie absolut richtig. Die heute so bezeichneten und zugegebenermaßen ausschließlich (mit Ausnahme von Galapagos, wo einige Kolonien nördlich des Äquators liegen) auf der Südhalbkugel verbreiteten Pinguine erhielten ihren Namen tatsächlich nach den recht gestaltähnlichen nordhemisphärischen Alken. Englische Seeleute hatten die größte Art dieser Verwandtschaftsgruppe, den eigenartigerweise flugunfähigen und heute ausgestorbenen Riesenalken, nach seinem Aussehen *ping-wing* („Stummelflügler“) genannt. Daraus wurde Pinguin, und Carl von Linné leitete davon 1758 den wissenschaftlichen Artnamen *Pinguinus impennis* ab.

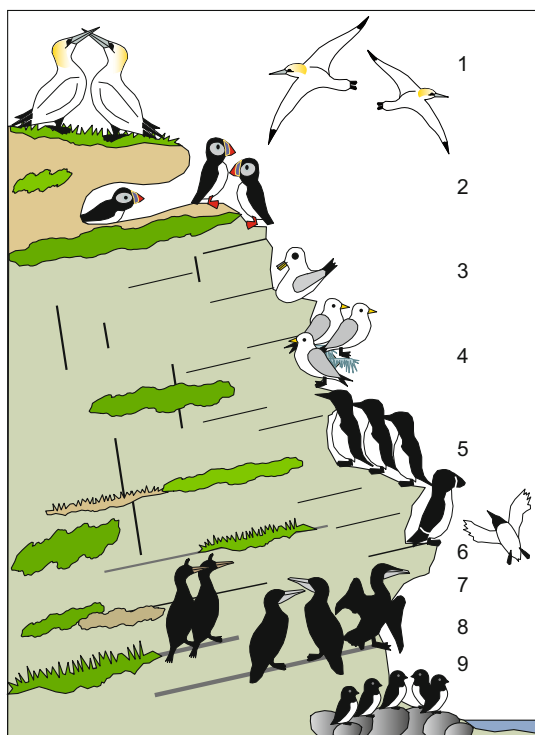
Warum er allerdings den Artzusatz *impennis* (= federlos) wählte, ist heute nicht mehr zu klären. Der einst arktisch verbreitete Riesenalk war somit der definitiv erstbenannte Pinguin. Als James Cook und Georg Forster 1772 weit

in die hohen Breiten der Südhalbkugel vorstießen und dabei den antarktischen Kontinent entdeckten, beobachteten sie dort Vögel mit konturscharf schwarzweiß abgesetzten Gefiederpartien, die wie der ihnen bekannte Riesenalk aussahen. So nannten sie auch diese Tiere konsequenterweise Pinguine. Erst der französische Naturgelehrte Georges Louis Buffon erkannte, dass die antarktischen Pinguine und die arktischen Riesenalke völlig verschiedene Verwandtschaftsgruppen darstellen. Der Namenwirrwarr war damit jedoch nicht mehr aufzuhalten.

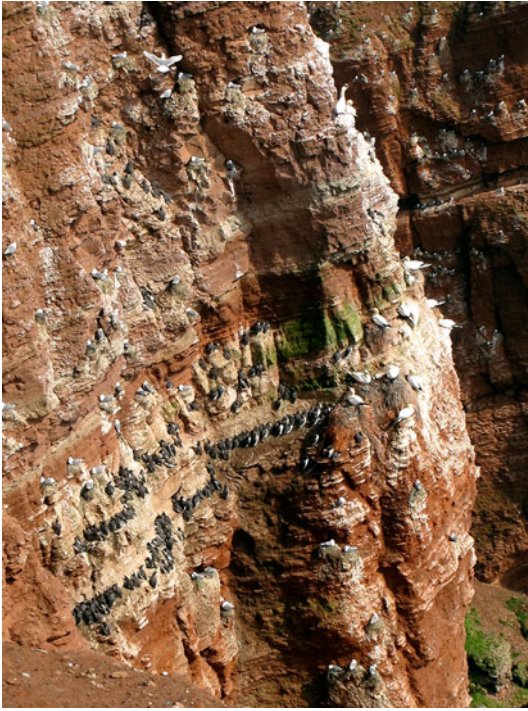
Die Riesenalken waren interessante, aber schon immer recht seltene Vögel, die nur auf wenigen Inseln im St.-Lorenz-Golf sowie an einigen Stellen der grön- und isländischen Küste brüteten. Bei ihren weiten Streifzügen wurden sie mitunter auch auf der Nord- und Ostsee gesichtet. Mit seinen 70 bis 85 cm Körpergröße – das entspricht etwa einem Königspinguin – sieht ein Riesenalk aus wie die stark vergrößerte Version von Tordalk oder Lumme. Seine Flügel sind recht schmal und nur sehr kurz. Die Beine sind weit hinten am Körper eingelenkt und damit für das Schwimmen bzw. Tauchen optimal positioniert. Die Bauchseite ist weiß, die Rückenseite tiefschwarz – die Gesamterscheinung somit fast die perfekte Kopie eines Pinguins.

Steile, nahezu unerreichbare Klippen konnte sich diese Art im Gegensatz zu den flugfähigen übrigen Alken jedoch nicht als Brutplatz erobern, sondern war auf die relativ flachen Felsterrassen von Schären oder anderen Kleininseln angewiesen. Dies sollte ihr zum Verhängnis werden. An den wenigen kanadischen Brutplätzen wurde der Riesenalk schon im frühen 18. Jahrhundert von hungrigen Matrosen stark dezimiert und später vor allem wegen seines dichten Daunengefieders verfolgt. Bereits um 1780 war hier die westatlantische Population ausgerottet. Ihren letzten Zufluchtsort hatte die Art auf der zu den Vestmannaeyjar-Inseln gehörenden Schäre Geirfuglasker vor Südwestisland.

Im Jahre 1830 wurde diese kleine Insel fatalerweise durch einen Vulkanausbruch zerstört, und mit ihr ging die letzte Brutkolonie unter. Die definitiv letzten beiden Vertreter der Art wurden von vier isländischen Fischern im Juni 1840 auf einem schmalen Felssaum der Insel Eldey für einen dänischen Vogelsammler erlegt, weil die Bälge wegen ihrer Seltenheit hoch bezahlt wurden. So kann man heute lediglich Balgpräparate in fast allen größeren Naturkundemuseen sehen. Insgesamt sind 78 Museumsexemplare



Lebensraumaufteilung an einem atlantischen Küstenfelsen:
 1 Basstölpel, 2 Papageitaucher, 3 Eissturmvogel, 4 Dreizehenmöwe,
 5 Trottellumme, 6 Tordalk, 7 Krähenscharbe, 8 Kormoran,
 9 Krabbentaucher



Riskante Brut- und Sitzplätze: Viel Raum bieten die schmalen Fels-galerien eines Vogelfelsens nicht

bekannt, unter anderem in Berlin, Bonn, Darmstadt, Dresden, Frankfurt, München und Stuttgart.

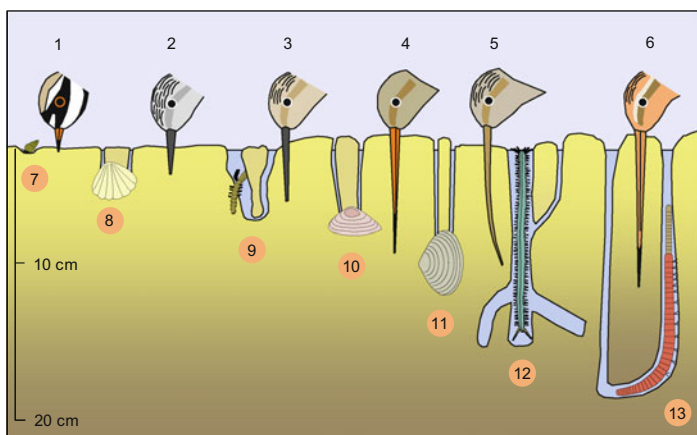
5.4 Wie der Schnabel gewachsen ist

Für die brütenden, rastenden oder dort überwinternden Vögel sind die Wattgebiete besonders deshalb so attraktiv, weil sie das ganze Jahr über stetig Nahrung in unterschiedlicher Form, Zugänglichkeit und Qualität sowie in überreichen Mengen anbieten. Je nach Beschaffenheit ihres Schnabels

können sich die verschiedenen Vogelarten diese Nahrungsressourcen auf unterschiedliche Weise erschließen. Zugleich gehen sich auf diesem Wege die einzelnen Arten in der Nahrungskonkurrenz aus dem Wege. Ressourcenteilung nennt man dieses Erfolgsprinzip der Natur.

Wenn er nur kurz ist ...

Den Typ der Kurzschnäbel verkörpern die Ringel- und die Nonnengänse. Sie sind ausschließlich Pflanzenfresser und beweideten auf ihrer Frühjahrsroute zu den arktischen Brutgebieten die Salzwiesen und zunehmend auch bewirtschaftetes Weideland. Mit ihren kurzen kräftigen Schnäbeln beißen sie vor allem Salzpflanzen an, da sie mit ihnen bis zu 60 % mehr Energie aufnehmen können als von den Pflanzen des gewöhnlichen Grünlandes der Köge und Groden.



Nahrung und Schnabellänge einiger Watvögel: 1 Sandregenpfeifer, 2 Sanderling, 3 Knutt, 4 Rotschenkel, 5 Pfuhlschnepfe, 6 Großer Brachvogel; 7 Wattschnecke, 8 Herzmuschel, 9 Schlickkrebs, 10 Baltische Plattmuschel, 11 Große Pfeffermuschel, 12 Schillernder Seeringelwurm, 13 Wattwurm

Die Gruppe der kurzen Stiletschnäbeligen besteht vor allem aus Fischfressern. Hier wären beispielsweise die eleganten Seeschwalben zu nennen. Während ihrer unruhigen Patrouillenflüge stoßen sie aus der Luft nach Sandaalen, Grundeln und im Flachwasser auch nach Garnelen, die sie mit sicherem Blick erspähen.

Lange Beine, spitzes Mundwerk

Die weitaus meisten Wattvogelarten ernähren sich jedoch (überwiegend) von den Kleintieren der Wattflächen oder Salzwiesen und teilen sich das reiche Nahrungsangebot nach ihrer jeweiligen Schnabellänge auf: Alpenstrandläufer und Sandregenpfeifer suchen unmittelbar an der Wattoberfläche kleine Schnecken, Krebse und Würmer. Eine bemerkenswerte Strategie haben die Steinwälzer entwickelt: Sie schieben ihren leicht nach oben gebogenen Kurzschnabel unter Steine oder Muschelschalen und werfen diese einfach herum, um darunter Verstecktes zutage zu fördern.

Die Langschnäbeligen wie Pfuhlschnepfen und Knutts stochern in den Boden und spüren in unterschiedlichen Etagen Würmer und Kleinkrebse auf. Am tiefsten aber dringen die Brachvögel mit ihrem extra langen und zugleich gebogenen Schnabel in den Boden hinein. Sie erreichen sogar die ca. 20 cm tief eingegrabenen Wattwürmer in ihrer tief liegenden Röhre. Überaus erstaunlich ist, dass sie nur selten ins Leere stoßen: Fast immer sind sie erfolgreich, wie man bei der Beobachtung per Spektiv leicht verfolgen kann. In ihrer Schnabelspitze befindet sich ein feines Sensorium, mit dem sie die im Untergrund verborgene Beute zuverlässig orten können.

Die langschnäbeligen Austernfischer stochern ebenfalls im Boden oder wenden Steine. Allerdings erbeuten sie auch Herzmuscheln, die sie durch heftige Schnabelhiebe aufmei-



Die eleganten Säbelschnäbler stochern nicht im Wattboden, sondern sehen das flache Wasser durch

ßeln. Erfahrene Alttiere jagen auch erwachsene Strandkrabben, die sie durch gezielte Stiche durch den Rückenpanzer töten und anschließend nach und nach aufbrechen.

Annähernd ein Viertel der wirbellosen Kleintiere im Wattboden nimmt so den Weg durch die Schnäbel der Wat- und Seevögel an der Küste – und ernährt so eine Vogelschar, die saisonal nach Millionen zählt.

5.5 Carne con chili

Die Zubereitungen speziell der mexikanischen Küche zeichnen sich bekanntermaßen durch eine nicht unerhebliche geschmackliche Schärfe aus, weil man landesüblich sehr reichlich Paprika bzw. Chilis verwendet. Chili, Peperoni, Cayennepfeffer oder Roten Pfeffer nennt man küchentechnisch die fälschlich als Schoten bezeichneten Beerenfrüchte von *Capsicum frutescens* – wie die im Vergleich dazu eher harmlose Gewürz- und Gemüsepaprika (*Capsicum annuum*) ein Vertreter der Nachtschattengewächse. Bei der Wildform sind die Beerenfrüchte 1–5 cm lang, bei Kultursorten bis zu 15 cm. Sie sind spitzkegelig und reif immer leuchtend rot. Ursprünglich in Süd- und Mittelamerika sowie in der Karibik beheimatet, kultiviert man sie heute in vielen tropischen Gebieten in geradezu verwirrender Sortenfülle. Chilis vermitteln ein zuverlässig wesentlich beißenderes Geschmackserlebnis als die übliche Gewürz- oder Gemüsepaprika, da sie – vor allem in den hellen inneren Fruchttrennwänden und in den Samen – fast die doppelte Menge des extrem scharf schmeckenden Alkaloids Capsaicin enthalten. Damit ist dessen eigentliches Aufgabenfeld umrissen: Es soll die für die Vermehrung der Art wichtigen Samen wirksam vor Fraßfeinden schützen.

Auf dem Weltmarkt wird die Schärfe mit einer Skala von 1–10 klassifiziert. Zur höllisch scharfen Klasse 10 gehört die Sorte „Charleston Hot“ aus South Carolina. Man verwendet Chilis in mexikanisch inspirierten Gerichten (Chili con carne) als Pulver, in Pasten, Ölen und in Saucen, darunter in der berühmigten Tabasco- oder in der Hot Chili bzw. Hot Pepper Sauce. Der brennende Geschmack beim Kontakt der Mundschleimhäute mit dem Chiliwirkstoff Capsaicin ist eigentlich eine thermische Täuschung, denn das Alkaloid wirkt vor allem auf diejenigen Nervenenden ein,



Wildtruthühner, nach dem Verzehr von Chilifrüchten besonders schmackhaft. (© jcrader/Getty Images/iStock)

die sonst für die Wärme- sowie für die Schmerzempfindung zuständig sind.

Capsaicin ist ein Alkaloid, das gezielt die Schmerzrezeptoren in der Mundhöhle aktiviert – tatsächlich ist der Scharfgeschmack eine Schmerzempfindung. Capsaicin öffnet im Rezeptor einen spezifischen Ionenkanal, worauf Calcium-Ionen in die Zelle strömen, die Zellmembran depolarisieren und ein Aktionspotenzial freisetzen, das schließlich als Schmerz registriert wird. Dieser spezifische Capsaicin-Rezeptor, der uns nach Genuss stark gewürzter Speisen buchstäblich das Gewässer in die Augen treibt, ist indessen nur bei Säugetieren vorhanden. Vögel haben ihn gar nicht. Daher können sie schadlos und vor allem schmerzfrei beliebige Menge von Chilifrüchten verzehren.

Das hat eine kulinarisch bemerkenswerte Konsequenz: In Mexiko bejagt und verzehrt man die dort vorkommenden Wildtruthähne (*Meleagris gallopavo*) besonders gerne zur

Reifezeit der Chilifrüchte. Die Vögel verzehren zuvor gerne und ausgiebig, aber ohne Folgen für ihren Verdauungstrakt die höllisch scharfen *Capsicum*-Früchte und speichern das aufgenommene Capsaicin in ihrem Muskelfleisch. Damit sind sie gleichsam von Natur aus ordentlich gewürzt – eben statt des Nationalgerichtes Chili con carne dieses Mal Carne con chili.

5.6 Mauer- und Alpensegler – (fast) dauernd in der Luft

Mauersegler sind wohl die bekanntesten Wildvögel unserer Innenstädte. Auch wenn sie von vielen Menschen für Schwalben gehalten werden, haben Mauersegler und Schwalben von der wissenschaftlichen Systematik her nur wenig gemeinsam. Sie sind Vertreter ganz unterschiedlicher Vogelordnungen, die sich aber im Laufe ihrer Entwicklung in ähnlicher Weise dem Leben im Luftraum anpassten und gleichermaßen von den Strukturen profitierten, die ihnen die menschlichen Siedlungen boten. Ursprünglich nisteten Mauersegler in Löchern und Spalten an Klippen und Felsen und in Baumhöhlen. Gebäude mit Mauerlöchern oder dunklen Hohlräumen in einiger Höhe, mit gleichzeitig freiem Anflug, entsprechen recht genau den „Vorstellungen“ der Mauersegler von einem idealen Nistplatz. Die ausschließlichen Insektenfresser finden bei uns nur in der warmen Jahreszeit ihr Auskommen. Das Sommergastspiel der Mauersegler an ihren Brutplätzen ist mit 90–100 Tagen besonders kurz. Diese Zeit reicht gerade für die Aufzucht einer Brut. In Trupps jagen die Luftakrobaten von Anfang Mai bis Ende Juli entlang von Straßen und um die Häuser. Im Geradeausflug erreichen sie dabei Geschwindigkeiten von bis zu 180 km/h, im Sturzflug sogar über 200 km/h.

Ihre sichelförmigen Flügel überragen beim Sitzen den kurzen Gabelschwanz – wobei Mauersegler praktisch nur am Brutplatz sitzen.

Das meiste wird im Flug erledigt

Nur während der Brutzeit haben sie Bodenberührung mit ihren kurzen Beinen, die ihnen, weil so unscheinbar, den zoologischen Namen *Apus apus* („der ohne Füße“) einbrachten. Zum Laufen ungeeignet, dienen die kurzen Füße mit den vier nach vorn gerichteten Zehen, die gespreizt nach innen greifen, fast nur zum Festhalten und Klettern an glatten (Fels-)Wänden. Beim Jagen, auf dem Zug und während des Winters in Afrika sind Mauersegler ständig in der Luft. Dort schlafen sie auch, indem sie in höhere Luftschichten aufsteigen, und dort können sie sogar fliegend kopulieren. Die extrem knappe Zeit, in der sie sich im Sommer bei uns aufhalten, reicht meist gerade nur zur Ausbesserung des Nestes am alten Brutplatz, wenn dann noch aus 2–3 Eiern in knapp dreiwöchiger Brutzeit die Jungen schlüpfen und in sechs Wochen großgezogen werden sollen. Alles, was zur Brut benötigt wird, Nestmaterial wie vor allem Insekten, sammeln Mauersegler in der Luft. Die Insektennahrung wird dabei zu Pellets geformt und den hungrigen Jungseglern in den Rachen geschoben. Wenn sich die Insekten in sommerlichen Kälteperioden verkriechen, verlassen die Altvögel gelegentlich aus Nahrungsmangel die Brutregion. Kurzzeitig können Nestjunge diese Phase durch eine Ruhestarre („Torpor“) überstehen. Dauert sie länger als ein bis zwei Wochen, kommt es unausweichlich zu Brutaussfällen.

Wenn junge Mauersegler das erste Mal aus Afrika in unsere Städte zurückkommen, sind sie ein knappes Jahr alt und suchen Anschluss an eine bestehende Kolonie. Ehe die Vögel allerdings einen freien Brutplatz finden oder sich Wohnräu-

me erkämpfen können, vergehen bisweilen Jahre. In den Morgen- und Abendstunden vollführen diese Nichtbrüter oft Flugspiele und umkreisen in Gruppen aus 10–30 Tieren laut rufend die Gebäude, in denen sich besetzte Nistplätze befinden. Viele Segler können bis zur ersten Brut schon drei bis fünf Jahre alt sein. In ihrem Brutgebiet wie auch im süd-afrikanischen Winterquartier halten sich Mauersegler nicht mehr als drei bis dreieinhalb Monate auf. Die übrige Zeit des Jahres verbringen die Dauerflieger auf dem Weg- und Heimzug.

Schon kurz nach dem Ausfliegen der Jungvögel setzt der Wegzug der mitteleuropäischen Population bereits in der zweiten Julihälfte bis Anfang August ein. Wobei die Brutvögel mit ausgebliebenem Bruterfolg, die flüggen Jungvögel sowie die noch nicht geschlechtsreifen Einjährigen als Erste wegziehen. Ihnen folgen danach die verpaarten Männchen und zu allerletzt die Brutpartnerinnen. Ihr längerer Aufenthalt am Brutplatz dient zum Wiederaufbau der Fettreserven, die sie durch die anstrengende Brut zuvor verloren. Der „Startschuss“ zum Aufbruch wird durch die Unterschreitung der Tageslänge von ungefähr 17 Stunden (inklusive der Dämmerungsphasen) ausgelöst. Deshalb treten die weiter nördlich brütenden Mauersegler auch später den Wegzug an. So brechen beispielsweise finnische Vögel erst in der zweiten Augushälfte auf. Mauersegler ziehen in Mitteleuropa in südwestlicher bis südlicher Richtung und überfliegen die Alpen „barrierefrei“. Wenn das Wetter schlecht ist, folgen die Vögel allerdings auch den größeren Flüssen, um dort das bessere Nahrungsangebot beim Ziehen zu nutzen. West- und mitteleuropäische Brutvögel erreichen Nordwestafrika meist über die Iberische Halbinsel, während die Populationen aus Südosteuropa und Russland hauptsächlich über den östlichen Mittelmeerraum ziehen. Der Verlauf der Zugscheide ist allerdings noch unklar. Für die „Westzieher“ geht es dann weiter entlang der nordwestafri-

kanischen Atlantikküste, oder auch direkt über die Sahara. Ab den Feuchtsavannen Afrikas verschiebt sich wohl ihre Zugrichtung nach Südosten, bis die Mauersegler schließlich Hauptüberwinterungsgebiete erreichen. Das Gros der Mauersegler folgt in Afrika ständig der Innertropischen Konvergenzzone (ITCZ), einer Tiefdruckrinne, die dem Gebiet des Sonnenhöchststands mit einmonatiger Verzögerung nachfolgt und in den Trockengebieten Afrikas durch saisonale Niederschläge vorübergehend zu einem reichhaltigen Insekten-Angebot führt. Weil die Mauersegler während ihres Afrikaaufenthaltes praktisch ununterbrochen in der Luft sind, können sie wie keine zweite Vogelart dieses Saisonangebot nutzen. Nicht alle Mauersegler treten nach dem „Übersommern“ wieder den Heimzug in ihre Brutgebiete an. Vor allem ein Teil der einjährigen Segler verbleibt in Afrika. Der Großteil der Heimzieher fliegt nordwärts über Afrika etwas östlicher als beim Wegzug. Auch bevorzugen die Mauersegler beim Heimzug die Vorderseite von Tiefdruckgebieten. So können sie die südwestliche Strömung im Warmsektor des Tiefs auszunutzen, während sie beim Wegzug die nordöstlichen Winde auf der Rückseite eines Tiefs nutzen.

Mitteuropäische Mauersegler, die ihre Brutplätze in Niederungsgebieten und in Gewässernähe haben, treffen vor den Brutvögeln aus höheren Lagen und nördlicheren Gebieten ein. Ihre Ankunft reicht bei uns meist von der zweiten Aprilhälfte bis ins erste Maidrittel.

Wobei das Wetter während des Zuges großen Einfluss auf die Zugdauer hat und sich die Ankunft auch lokal etwa bis drei Wochen verschieben kann. Und die ist dann praktisch eine „Punktlandung“ am Brutplatz der vorigen Jahre. Es ist schon erstaunlich, dass ein Vogel, der den größten Teil seines Lebens weitgehend unabhängig von festen Zielen in der Luft verbringt, sich zumindest an seinem Brutplatz als äußerst „geerdet“ erweist.



Dauerflieger Mauersegler. (© Andrew_Howe/Getty Images/iStock)

Unsere Mauersegler bekommen Gesellschaft

Neben den allseits bekannten Mauerseglern brüten bei uns in jüngerer Zeit zunehmend auch Alpensegler (*Apus melba*) an höheren Gebäuden. Die größte europäische Seglerart mit ihrer auffällig weiß gefärbten Unterseite erreicht im Flug noch höhere Geschwindigkeiten als ihr kleinerer, aber in puncto Klima widerstandsfähigerer Vetter Mauersegler. Ansonsten ähneln Alpensegler sowohl in ihrer Flugsilhouette als auch im Verhalten sehr den Mauerseglern. Zunächst in Deutschland auf einem Kirchturm im klimatisch begünstigten Freiburg im Breisgau „Fuß fassend“, findet aktuell bei uns eine Brutarealausweitung des Alpenseglers besonders über das klimagünstige Rheintal nach Norden statt, wobei nördlich umherstreifende Nichtbrütertrupps die Vorboten einer künftigen Brutansiedlung dieser Luftakrobaten sein können.

5.7 Kleine Geschenke erhalten die Partnerschaft

Kleine und größere Brautgeschenke

Starenmänner überreichen ihrer Angebeteten im Schnabel kleine Blätter und Blüten, Haubentaucher bei ihrer Schwimmbalz einen Schnabel voll Wasserpflanzen. Bei Heuschrecken und Grillen macht es die Verpackung: Die Hülle des von ihnen überreichten Spermapakets ist essbar. Andere gehen noch einen Schritt weiter. Das Balzverhalten der Blaumeisen enthält schon Elemente der späteren Jungenaufzucht, indem das Blaumeisen-Weibchen ein um Futter bittendes Junges mimt und sich vom Partner füttern lässt. Das bei Singvögeln weitverbreitete Balzfüttern ist nicht nur Ritual, sondern kommt gleichzeitig der energieaufwendigen Eierproduktion des Weibchens zugute. Apropos Aufwand: Der kann für einen Mann, der zu seinem Ziel kommen will, ganz schön groß sein. So muss der kleine Zaunkönig-Mann eine ganze Reihe von kugeligen Nestern im „Rohbau“ fertigstellen und einem Weibchen präsentieren. Erst wenn's ihr passt, findet die Paarung und ihr Einzug in eines der nur zum Zwecke der Brautwerbung errichteten Nester statt, in dem sie dann die „Innenausstattung“ (Auspolsterung) vor der Eiablage und der Bebrütung übernimmt.

5.8 Tricks gegen Trunkenheit im Flug

Dass sich auch Tiere betrinken können und dann nicht mehr Herr all ihrer Sinne sind, wissen wir spätestens seit dem Erfolgsfilm des Regisseurs Jamie Uys *Die lustige Welt der Tiere*, im Original *Animals Are Beautiful People*. Der

1974 in die Kinos gekommene Film zeigt die Tierwelt der Namib, des Okavango-Deltas und der Kalahari, gewährt uns aber auch Einblicke in das Leben des Jäger- und Sammlervolks der San. Unvergessen sind die Szenen mit betrunkenen Elefanten, Pavianen, Gnus, Giraffen und Warzenschweinen. Sie torkeln allesamt nach dem Genuss gegorener, vom Baum gefallener Marula-Früchte unkoordiniert durch die Gegend, fallen um und sind teilweise sogar auf Randalen gebürstet. Beim Anblick der betrunkenen Tiere kommen uns unwillkürlich menschliche Wirtshausesucher in den Sinn, bei denen das letzte Glas eines von vielen und damit zu viel war.

An *Die lustige Welt der Tiere* fühlten sich die Mitarbeiter der Staatlichen Vogelschutzwarte in Frankfurt am Main erinnert, als sie Ende 1993 ein Anruf von der Autobahnpolizei erreichte, dass Amseln aus Büschen entlang der A 661 heraus- und direkt im Tiefflug in vorbeifahrende Autos hineinfliegen. Die Ortsbesichtigung der Vogelkundler ergab, dass das Straßenbegleitgrün reichlich überreife Beerennahrung bot. War etwa der Genuss der deutlich im alkoholischen Gärungsprozess befindlichen Früchte der Grund für den Kontrollverlust der Naschvögel mit dem für sie traurigen Ende im Straßenverkehr? Schließlich ist bekannt, dass Früchte von Weißdorn und Heckenrose im Spätherbst und Winter am Strauch hängend bis zu 5 % Alkohol enthalten können, was dem Alkoholgehalt von Bier entspricht. Bekannt ist auch, dass Stare, Amseln oder Wacholderdrosseln sich in der kalten Jahreszeit bevorzugt von diesen Früchten ernähren. Wie trinkfest sind aber diese Vögel wirklich? Kann ein erhöhter Alkoholgenuss bei ihnen zur „Fluguntauglichkeit“ führen?

Alkoholtest bei Staren

Diese bis dahin ungeklärten Fragen stellten die Vogelschützer der Staatlichen Vogelschutzwarte dem Ornithologen und Physiologen Roland Prinzinger am Zoologischen Institut der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt. Daraufhin nahm Prinzinger mit seinem Team an gekäfigten Staren einen umfangreichen ornithologischen Alkoholtest vor, dessen Ergebnis die Wissenschaftler überraschen sollte. Es zeigte sich, dass Stare und etliche andere Früchte verzehrende Vögel weitaus trinkfester sind als wir! Der Grund: Das im Vogeldarm und -blut vorhandene Alkohol abbauende Enzym ADH (Alkoholdehydrogenase) weist im Vergleich zum Menschen eine sehr hohe Aktivität auf.

Alkoholdehydrogenasen kommen in allen Lebewesen vor. Die Alkoholdehydrogenase 1 (ADH1) dient dabei im Menschen und in vielen Tieren dem Abbau der im Prinzip toxischen Alkohole. Im menschlichen Körper findet sich ADH1 vor allem in der Leber, aber auch im Magen. Ethanol aus alkoholischen Getränken wird hier zunächst wieder in Acetaldehyd (auch Ethanal genannt) umgewandelt, danach durch Acetaldehyd-Dehydrogenase in Essigsäure, um schließlich durch den Citratzyklus in Wasser und Kohlenstoffdioxid abgebaut zu werden.

Die Menge des ADH1-Enzyms im Körper ist beim Menschen individuell unterschiedlich. Sie bestimmt, wie schnell der getrunkene Alkohol im Körper abgebaut wird. Wie viel Alkohol eine Person verträgt, also ihre „Trinkfestigkeit“, ist von vielen Faktoren abhängig, z. B. der Gewohnheit, mit einem hohen Alkoholgehalt umzugehen. Im Allgemeinen haben aber Ostasiaten, die indigenen Völker Amerikas und die Aborigines Australiens eher geringe Mengen ADH im Körper, und Frauen verfügen über weniger ADH als Männer. In Sachen Alkoholabbau und Trinkfestigkeit ist der Star im Vergleich mit uns Menschen ein echter Star: Wie das

Prinzinger-Team in Tests ermitteln konnte, funktioniert bei den Staren der Alkoholabbau so gut, dass ein Star mit dem Gewicht eines Menschen alle acht Minuten eine Flasche Wein leeren könnte, ohne die geringsten Probleme zu bekommen.

Angeborene Trinkfestigkeit

Deshalb können die Beerenverzehrer unter den Vögeln im Gegensatz zu Körnerfressern, etwa Tauben, durch den Verzehr gegorener Früchte nicht betrunken werden. Offenbar haben sich bei uns Amsel, Drossel und Star im Laufe der Evolution an „geistreiche“ Nahrung angepasst, die gerade im Winter eine energiereiche Nahrungsquelle für die Daheimgebliebenen und Kurzstreckenwanderer darstellt. Damit konnte der Alkoholenuss der Vögel für deren Verluste an der Frankfurter Autobahn nicht verantwortlich sein. Vielmehr wurde ihnen die Fallenwirkung der Bepflanzung zum Verhängnis. Um Luftfeinden zu entgehen, fliegen Beeren fressende Vogelschwärme gerne im Tiefflug ab und kreuzen damit zwangsweise Straßen in gefährlicher Autohöhe. Wenn es sich dann wie bei der A 661 um eine Straße mit sehr hohem Verkehrsaufkommen handelt, kann es für einen Vogelschwarm auch ohne „Trunkenheit im Luftverkehr“ fatal ausgehen.

5.9 Laubenvögel – beim Balzen aus der Reihe tanzen

Um ihren Weibchen zu imponieren und letztendlich als Erzeuger ihres Nachwuchses ausgewählt bzw. akzeptiert zu werden, setzen Männchen ganz unterschiedliche und vor allem auffällige „Werbematerialien“ ein, wie ein Blick ins

Tierreich zeigt. Diesen ist gemeinsam, dass sie körperliche Eigenprodukte sind. Deren pracht- und machtvolle Ausstrahlung spricht für die (Zeugungs-)Kraft ihres Trägers – insbesondere dann, wenn die Werbematerialien für ihn eine Last sind, so im Fall schwerer Geweihe, mächtiger Hörner, riesiger Stoßzähne oder überlanger Rückenfedern wie beim sprichwörtlich stolzierenden Pfau. Sie funktionieren nach dem Handicap-Prinzip. Mit dem Zurschaustellen solcherart Handicaps können ihre Träger eindrucksvoll signalisieren, dass sie aufgrund ihrer guten Gene trotz der Nachteile überlebensfähig sind und sogar genügend Energie in die Ausbildung ihrer „Werbeeinrichtungen“ stecken können. Schwächere Tiere, also die Tiere mit den schlechten Genen, müssen diese Energien für das reine Überleben aufwenden, sodass ihnen die Merkmalsausbildung nicht gelingt.

Selbst die Gesänge der Vogelmännchen und ebenso das Brüllen der Löwen oder das Röhren der Hirsche sind direkte Eigenleistungen ihres Körpers, die den Verursacher körperlich fordern. Werben um Weibchen ohne Eigenprodukte des Körpers ist zwar bei Menschen eine durchaus gängige Praxis („mein Auto, mein Haus, meine Yacht ...“), im Tierreich aber äußerst rar. Eine dieser seltenen Ausnahmen sind die Laubenvögel. Wenn die Laubenvogel-Männer ihre Liebeslauben bauen und ausschmücken, werben sie dabei nicht mit körperlichen Werbematerialien, sondern mit Eigenleistungen.

Eigenleistung statt purer Körperlichkeit

Der in der Vogelwelt einmalige Laubenbau war Namensgeber für die zu den Sperlingsvögeln zählende Familie der Laubenvögel (Ptilonorhynchidae), die ausschließlich in Australien und auf Neuguinea vorkommen. Von den 20 Arten

sind 17 Laubenbauer. Es sind keine Nester, sondern reine „Liebeslauben“, die von den häufig sehr auffällig gefärbten Männchen gebaut und mit Objekten ausgeschmückt werden, die sie nach ihrer Gefiederfarbe auswählen.

Während die australischen Laubenvögel recht gut untersucht sind, wissen wir bis heute noch sehr wenig über die in den abgelegenen Bergregionen Neuguineas vorkommenden Arten wie den Rothauben- und den Gelbscheitelgärtner.

Verwandtschaftlich stehen Laubenvögeln den Paradiesvögeln nahe, deren Vorkommen ebenfalls auf Neuguinea und Australien beschränkt ist. Die Geschlechter der polygamen Laubenvögel können sehr unterschiedlich, aber auch sehr ähnlich gefärbt sein. Als hervorragende Spötter können sie Vogelstimmen und auch Laute aus ihrer Umgebung täuschend echt nachahmen – etwa Fließgeräusche des Wassers, Raschel- und Fallgeräusche von Blättern, Pferdewiehern und -hufschlag, Schweinequieken, Kettensägen, Hämmern und sogar menschliche Stimmen. Auch die Stimmen ihrer Fressfeinde, ob Vögel oder Katze, werden in bedrohlichen Situationen imitiert.

Wenn wir uns die Vielseitigkeit ihrer akustischen Ausdrucksmöglichkeiten zusammen mit dem Laubenbau vor Auge führen, ist es nicht verwunderlich, dass die mit 23–36 cm Körpergröße mittelgroßen Laubenvögel im Verhältnis zu ihrem Körpergewicht sehr große Gehirne besitzen, vergleichsweise alt werden und mehrere Jahre bis zur Geschlechtsreife brauchen.

Laubenbau – Anfang und Ende jeder Beziehung

Laubenvögel-Männer werden offenbar zum Balzen geboren. Mit der Brut und der Jungenaufzucht haben sie nichts zu tun. Auch verteidigen sie kein Revier. Ihren gesamten Eifer

legen sie tatsächlich in die Ausgestaltung ihrer aufwendig gebauten und geschmückten Balzplätze, mit denen sie die Gunst der Weibchen gewinnen wollen. Die Weibchen wählen ihren Partner allein nach der Qualität der Laube und seinem gezeigten Balztanz. Die Männchen müssen sich dazu schwer ins Zeug legen, denn die Konkurrenz ist groß. Wenn, wie bei einigen Arten, die Lauben der Männchen nicht mehr als 100 m voneinander entfernt sind, hat ein Weibchen die Wahl zwischen mehreren Männchen. Für den einzelnen Mann bedeutet das höchsten Einsatz beim Laubenbau und Balztanz – mit dem Ergebnis, dass sich z. B. beim Seidenlaubenvogel besonders erfolgreiche Männchen mit 20–30 Weibchen paaren, während einige Konkurrenten völlig leer ausgehen.

Kunst toppt Aussehen

Obwohl der Laubenbau je nach Laubenvogel-Art variiert, müssen sich die unscheinbarer gefärbten Männchen mehr ins Zeug legen als ihre bunteren Verwandten. Weibchen wollen sich mit den Schönsten paaren. Je unscheinbarer ein Baumeister, desto schöner fällt seine Laube aus. Die Lauben haben somit die Funktion sekundärer männlicher Geschlechtsmerkmale. Vorteile für den „Erschaffer“: Er selbst bleibt außerhalb des Laubenbaus unauffällig und ist so vor Fressfeinden besser geschützt.

Der Nachbar als Laubenfeind

Der größte Feind beim Laubenbau ist immer der Nachbar. Weil die Laube als Balzplatz stets auf einem freien oder freigeräumten Platz errichtet wird, ist sie leichtes Ziel der rivalisierenden Nachbarn, denn die kommen zum Zerstören der Laube oder zum Klauen von Laubenmaterial. Wem

es gelingt, die schönste Laube zu errichten und diese noch gegen alle Anfeindungen erfolgreich zu verteidigen, hat als Superkerl natürlich die höchste Anerkennung der Frauen sicher.

Laubentypen von steigendem Schwierigkeitsgrad

Mit am „einfachsten“ beim Laubenbau machen es sich die Tennenbauer. Diese Laubenvogel-Arten reinigen zunächst eine große Stelle am Waldboden von ihrem unterschiedlichen Belag, um die so entstandene Tenne anschließend mit Blättern auszulegen. Die werden aber nicht einfach nur hingelegt, sondern immer so, dass die blässere Unterseite nach oben zeigt. Erst danach kann der Tanz der Männchen auf ihrer Tenne stattfinden. Weil die Tennen recht nahe beieinanderliegen, können die Weibchen ihren Favoriten leicht auswählen.

Beim Laubentyp „Maibaum“ werden Ästchen säulenartig um einen dünnen Baumstamm oder Baumfarn gefügt. Den im Vergleich einfachsten Maibaum baut der auf Neuguinea beheimatete, etwa drosselgroße Goldhaubengärtner (*Amblyornis macgregoriae*): Sein Werk hat nur eine Höhe vom Zwei- oder Dreifachen seiner Körperhöhe; es besteht aus ein paar Hundert fein ineinandergefügt Ästchen im Zentrum und einer ansonsten nicht geschmückten Moosplattform. Die Laube des Gelbscheitelgärtners (*Amblyornis flavifrons*) ist ähnlich, hier wird jedoch die Umgebung zusätzlich mit kleinen Häufchen von gelben, grünen und blauen Früchten geschmückt. Deutlich mehr investiert dieser in seine Laube. Die komplizierteste Form dieses Laubentyps baut jedoch der Hüttengärtner. Über dem „Maibaum“ errichtet er noch ein bis zum Boden reichendes Dach, das sich vor dem Maibaum zu einer Tenne öffnet.

Die Alleebauer unter den Laubenvögeln – die Arten der Gattungen *Chlamydera* und *Sericulus* sowie der Seidenlaubenvogel (*Ptilonorhynchus violaceus*) als bekannteste Art – errichten meist zwei parallele aus kleinen Ästchen bestehende Wände. Schon der Name Dreigang-Laubenvogel (*Chlamydera lauterbachii*) verrät, dass dieser die komplexeste Laube baut. Das Männchen errichtet statt zwei gleich vier Wände. Als Basis der mittleren Allee legt es eine an den beiden Enden der Alleen dicke Plattform aus Ästen und Gräsern an. Am Ende der Plattform werden quer zur Hauptallee zwei weitere Wände errichtet. Fertiggestellt können die Lauben fast 1 m lang und über 60 cm breit und hoch sein. Inklusive der vielen kleinen Kiesel und Früchte, die die Männchen zur Dekoration der Lauben nutzen, wiegen die Konstruktionen zwischen 3 und 7,5 kg. Die Nachzählung bei einer besonders großen Laube des Dreigang-Laubenvogels ergab, dass von bei diesem Bauwerk mehr als 3000 Ästchen verbaut und mehr als 1000 Grashalme abgelegt waren; über 1000 Steine mit einem Gesamtgewicht von fast 4,5 kg dienten der Dekoration.

Solche Investitionen erfordern nicht nur lange Arbeit, sondern auch erhöhte Wachsamkeit über eine lange Zeit des Jahres (beim Braunbauch-Laubenvogel, *Chlamydera cerviniventris*, acht Monate lang), damit kein Konkurrent die Laube um Material beraubt oder den Laubenplatz neu besetzt und die bestehende Laube zerstört, um sofort seine eigene zu bauen. Das „Bauplatzangebot“ mit geeigneten Laubenplätzen ist nämlich wohl begrenzt, wie Untersuchungen zeigten.

Schmuck am Bau

Mit ihrer Errichtung ist eine Laubenvogel-Laube, wie erwähnt, noch lange nicht fertig. Die Männchen der meisten Arten dekorieren sie danach noch mit Gegenständen oder

bemalen die Wände an bestimmten Stellen mit zerkautem Frucht- oder Pflanzenbrei. Während die Dekorationsobjekte wechseln können, sind die Präferenzen für bestimmte Farben festgelegt. Der Seidenlaubenvogel beispielsweise dekoriert seine Lauben vorzugsweise mit blauen Objekten – eine in freier Natur vergleichsweise seltene Farbe –, der Tropfenlaubenvogel zeigt dagegen eine Präferenz für weißliche Gegenstände. Die Dekorationsobjekte sind Fundstücke aus der Natur, häufig Samenhülsen, Schneckenhäuschen, Blüten, Kiesel oder ausgebleichte kleine Knochenfragmente. Aus menschlicher Herstellung stammen Glas- und Plastikteile bis hin zu Verschlüssen von Weißblechdosen und Munitionshülsen. Der Seidenlaubenvogel mit seiner Vorliebe für blaue Objekte legt beispielsweise bei seinen Lauben häufig blaue Plastikverschlüsse von Flaschen ab. Eine Laube kann deutlich mehr als 1000 solcher Schmuckstücke enthalten, das Dekorationsmaterial bis zu 7,4 kg wiegen.

Vom Lehrling zum Meister

Auch bei den Laubenvögeln ist noch kein Meister vom Himmel gefallen. An in Käfighaltung aufgezogenen Laubenvögeln zeigte sich, dass sie nur unvollständige Lauben bauten und den Laubenbau von älteren Männchen teilweise abschauen mussten. Die jungen Männchen des Seidenlaubenvogels bauen zunächst nur unfertige Lauben, die sie untereinander wieder zerstören. Erst wenn sie bei einem erfahrenen Laubenbauer „in die Lehre gehen“, dort aushelfen und ihm bei Laubenbau und Balz zuschauen, erreichen sie die notwendigen Fertigkeiten, um später selbst zur Fortpflanzung zu kommen. Ihrem Meister nähern sich die Lehrlinge und werden von ihm toleriert, indem sie sich wie Weibchen verhalten.



Laubenvögel bauen ihre kunstvollen Lauben, die von einigen Arten noch arttypisch mit farblichen Fundstücken verziert werden. (a © JohnCarnemolla/Getty Images/iStock, b © skeat/Getty Images/iStock und c © Mastamak/Getty Images/iStock)

Welche Form des Werbens um Weibchen aufwendiger ist – die mitgetragenen körpereigenen Werbematerialien oder die Eigenleistung –, muss nach dem Aufwand beim

Laubenbau sowie Finden und Sammeln ganz spezieller Gegenstände offenbleiben. Am Ende zählt letztlich nur der Erfolg.

5.10 Alles nur Theater: Ablenken durch Verleiten

Das Ballett *Schwanensee* des russischen Komponisten Pjotr Tschaikowski ist ganz großes Tanztheater und das wohl bekannteste aller Ballettstücke. Der „sterbende Schwan“ als Solo gehört nicht in dieses Stück. Es ist ein an *Schwanensee* angelehntes, gut dreiminütiges Tanzsolo des Choreografen Michel Fokine für die Primaballerina Anna Pawlowa, zur Musik des Cellosolos „Le Cygne“ aus *Karneval der Tiere* (1886). Das Solo wurde zum Symbol für das Sterben in Anmut und wird bis heute häufig getanzt und ebenso häufig, weil so schön theatralisch, auch parodiert. Was theatralisch vorgeführtes Sterben betrifft, ist der echte Schwan ausgesprochen unbegabt. Andere Vögel beherrschen eine solche Inszenierung sehr viel besser. Allen voran die Regenpfeifer.

Wo Tarnung endet, hilft Theatralik

Die zu den Regenpfeifern zählenden Arten wie der bei uns heimische Flussregenpfeifer (*Charadrius dubius*) oder der nordische Mornell (*Charadrius morinellus*) machen sich nicht viel Mühe beim Nestbau. Als Bodenbrüter reicht das Scharren einer flachen Mulde, damit die vier Eier nicht davonrollen. Sie wie auch die daraus nach 25 Tagen Brutdauer geschlüpften Jungen verschmelzen durch die Farben und Musterung der Eischalen beziehungsweise in ihrem Dunenkleid mit der Umgebung. Und auch die Altvögel sind so gefärbt, dass sie auf dem Nest sitzend kaum ei-

nem potenziellen Fressfeind ins Auge springen. Ist dieser vierfüßig (als Beutegreifer) oder zweibeinig (als unbedarfter Wanderer) in Richtung des Flussregenpfeifer-Nests oder des Junge führenden Elternvogels unterwegs, wird der bis dato so unauffällige Vogel auf einmal sehr augenfällig. Er „mimt“ jetzt einen Schwerverletzten, fast schon Sterbenden. Dazu läuft er ein Stück weg, lässt einen Flügel hängen und erweckt dabei den Eindruck, dass er gleich umzufallen droht. Und das oft noch begleitet von Klagerufen. Das Ganze ist jedoch nur großes Theater und soll signalisieren, eine leichte Beute zu sein. Gelingt das Ablenkungsmanöver und ist der Eindringling weit genug von den Küken beziehungsweise vom Neststandort entfernt, fliegt der verleitende Vogel plötzlich sehr gesund auf, um meist auf Umwegen zu seinen Küken oder dem Nest zurückzukehren.

Steigerung ist möglich

Ein besonders ausgeprägtes Ablenkungsverhalten, auch „Verleiten“ genannt, zeigt der Mornell. Je nachdem wie stark sich ein Mornell in einer Situation bedroht fühlt, fallen seine Verhaltensweisen aus. Ist die Bedrohung nicht allzu groß, wendet der Vogel sich einfach vom erkannten Eindringling ab, zeigt ihm dabei sein markantes helles V auf seinem Scheitel und kann ihn trotzdem dabei weiter fixieren. Das (scheinbare) Wegsehen wird als die geringste Stufe des Verleitens gedeutet. Als nächste Stufe läuft der kleine Vogel nicht einfach nur weg, sondern zieht durch auffälliges Hinken und Schlittern, dann wieder raschem Laufen, die Aufmerksamkeit auf sich. Dazu lässt er noch einen oder beide Flügel halb gefächert am Boden schleifen und gibt als „Begleitmusik“ eine Reihe klagender Laute von sich. Kann er mit dieser Show den Eindringling noch immer nicht von seinem Nest oder den geführten Küken ablenken, präsen-

tiert der Vogel sich als „sterbender Mornell“ mit zuckendem Flügel-, Bein- und Schwanzzittern. Dieses Verleiten zeigen beide Geschlechter, die Männchen noch ausdrucksstärker. Schließlich beteiligen sich Mornell-Männer nicht nur an der Verteidigung des Nestes, sondern übernehmen größtenteils, manchmal sogar ganz, das Brutgeschäft und sind zudem zuständig für das Wegführen der nestflüchtenden Dunenbällchen gleich nach ihrem Schlupf. Da kann der Solo-Ausdruckstanz „sterbender Mornell“ schon recht hilfreich sein.

5.11 Kopfschmerzfreie Spechte

Mit über 200 Arten weltweit und 28 Gattungen sind die Spechte (Picidae) eine artenreiche Vogelfamilie. Aus der großen Familie Specht kommen bei uns als Brutvögel der Schwarzspecht als größte Art, aus der Sippe der Buntspechte Bunt-, Mittel-, Zwerg- und Weißrückenspecht, von den Grünspechten Grün- und Grauspecht und schließlich noch der Dreizehenspecht und der Wendehals vor. Echte Spechte sind in Körperbau und Verhalten darauf eingestellt, sich an senkrechten Flächen wie Baumstämmen längere Zeit anzuklammern und sie auf der Nahrungssuche zu beklettern. Um an die Beute zu gelangen, müssen die meisten Spechte in der Lage sein, unter Umständen sehr kräftig mit dem Schnabel zu hacken oder auch mit ihrer Zunge sehr tief in Insektengänge einzudringen. Deshalb verfügen Spechte über lange Stocher- oder Hackschnäbel und enorm lange Zungenapparate.

So ausgerüstet können die meisten Arten ihre Höhlen selbst zimmern. Einige verfügen sogar über die Fähigkeit der Werkzeugherstellung. So etwa legt sich unser Buntspecht seine Schmieden zum Aufhacken von Nüssen und Zapfen selber an. Wenn wir eine Walnuss oder einen Fichtenzap-

fen in einem erweiterten Spalt am Obstbaumstamm oder an einem Ast entdecken, können wir sicher sein, dass ein Buntspecht hier seine Schmiede angelegt hat. Neben ihrer Kletter-, Hack-, Werkzeug- und Zungentechnik gehört auch ihr vielseitiges Signalsystem zu den besonderen Fähigkeiten der Spechte. Sie haben nicht nur eine vogelübliche Rufsprache, sondern verfügen auch über eine komplizierte Klopf- und Trommelsprache. Mit der können sich Spechte über Revierbesitz, Höhlenbau, Paarbildung, Brutablösung und Versorgung der Jungen untereinander verständigen.

Damit wird, zusammen mit dem Hackeinsatz beim Nahrungserwerb und Höhlenbau, ein Spechtkopf tagtäglich ordentlich belastet. Dass dies ohne Kopfschmerzen oder sogar bleibende Schäden für den Specht gut ausgeht, hängt mit den besonderen Struktureigenschaften seines Schädels zusammen. Der Spechtschädel zeigt mehrere als Stoßdämpfer anzusehende Einrichtungen. So ist der Schnabelschädel mit dem Hirnschädel federnd verbunden. Die Stoßwirkung des Hackschlags wird vor allem durch das stark entwickelte und fest eingefügte Quadratum, ein Knochenteil an der Unterseite des Kopfschädels, aufgefangen und in eine Torsionswirkung umgewandelt. Das Quadratum ist zwar drehbar, aber doch an einen festen Widerhalt gelagert. Außerdem besitzt es starke Muskelfortsätze. Dagegen scheint Gehirnflüssigkeit bei der Abfederung starker Stöße keine Rolle zu spielen, da kein besonderes Liporkissensystem vorhanden ist. Solchermaßen ausgerüstet, kann ein Specht-Jungeselle seine täglichen 500 bis 600 Trommelwirbel als Werbeeinsätze um ein Weibchen zusätzlich zu seinen anderen Hack- und Bautätigkeiten ohne Probleme kopfschmerzfrei auf Holz, ersatzweise auch Eisenrohre (Buntspechte im Siedlungsbereich), klopfen. Wenn seine Trommelwirbel weniger werden, ist das lediglich das Zeichen, dass aus dem verlobten Specht ein verheirateter geworden ist. Parallelen zum menschlichen Zusammenleben sind da rein zufällig, oder doch nicht?!

5.12 Wie man Vergiftungen vermeidet

Während die Giftvögel Neuguineas offensichtlich ohne Probleme nach dem Verzehr von giftigen Insekten deren Gift sequenzieren, vermeiden zwei Vogelarten, die bei uns vorkommen, die übermäßige Aufnahme tierischer Gifte. Bei beiden Arten stehen solcherart ausgerüstete und spezialisierte Insekten so weit oben auf dem Speiseplan, dass ihre Vorzugsnahrung in ihren deutschen wie wissenschaftlichen Namen auftaucht: Bienenfresser und Wespenbussard.

Ein Exot mit Entgiftungstechnik

Fast schon exotisch sticht (!) der Bienenfresser (*Merops apiaster*) mit seinem bunten Gefieder aus den einheimischen Brutvögeln heraus. Ein türkiser Bauch- und Brustbereich, der rotbraune Rücken, ein gelbliches Kinn und der schwarze Augenstreif machen ihn zu einer besonders farbenfrohen und kaum verwechselbaren Vogelart. In Deutschland galt der hübsche Exot lange Zeit als ausgestorben, doch seit einigen Jahren wandert er wieder ein und kann inzwischen in vielen Landesteilen beobachtet werden. Zwar stehen Bienen bei vielen Vogelarten, die sich von tierischem Protein ernähren, zumindest gelegentlich auf dem Speiseplan, aber ganz vorne stehen sie beim Bienenfresser, der sich vor allem von Hautflüglern ernährt. Und dazu gehören Bienen, Hummeln, Wespen und andere fliegende Insekten wie Käfer oder Libellen. Vor allem auf größere Hautflügler hat er es dabei abgesehen.

Bienenfresser jagen ihre Beute im Flug. Unauffällig auf ihrem erhöhten Beobachtungsposten wie einem Ästchen oder Leitungsdraht sitzend, halten sie nach möglichen Leckerbissen Ausschau. Ist ein Fresskandidat entdeckt, wird er im Flug geschnappt und zum Ansitz zurückgebracht. Auch

mit Stacheln ausgerüstete Opfer wie Bienen oder Hummeln haben keine Chance: Bienenfresser betäuben sie erst durch Schlagen auf einen harten Untergrund, um sie anschließend fest zu kneten oder zu reiben, damit das Gift aus dem Leib herausgepresst wird. Bienenfresser sind zwar weitgehend immun gegen Bienengift, sorgen aber dennoch lieber gegen ein Zuviel davon vor. Auch wenn es den Bienen infolge der Neonicotinoide in Deutschland – und im übrigen Europa – inzwischen immer schlechter geht, stellen Bienenfresser für diese Tiergruppe keine zusätzliche Gefahr dar. Sie konzentrieren sich im Normalfall auf große Insekten. Die kleineren Bienen werden tendenziell in Schlechtwetterphasen ausgewählt, wenn keine größeren Exemplare unterwegs sind. Zudem sind die Bienenfresser-Jagdreviere mit bis zu 4 km² recht klein. Diese Vögel kommen zudem nicht massenweise vor, und im Spätsommer begeben sich die seltenen bunten Gäste außerdem in warme Gefilde wie Afrika, um dort zu überwintern.

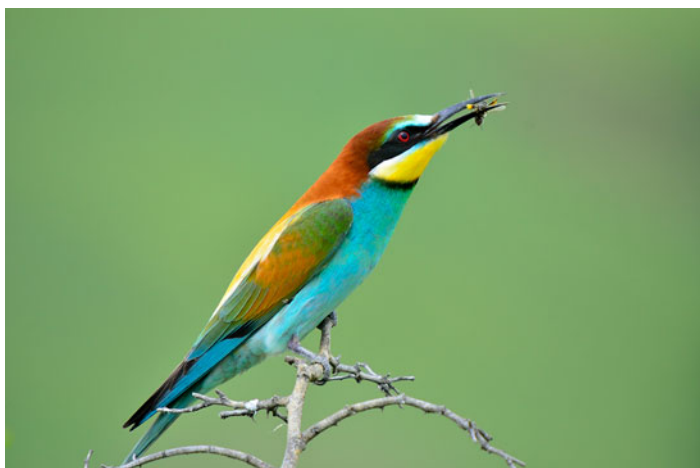
Wespen bevorzugt

Der etwa mäusebussardgroße Wespenbussard (*Pernis apivorus*) zählt zur Familie der Habichtartigen (Accipitridae). Er besiedelt den größten Teil Europas und das westliche Asien. Sein deutscher Name nimmt Bezug auf die besondere Ernährungsweise. Wespenbussarde leben vor allem von der Brut Sozialer Faltenwespen der Gattung *Vespula* bzw. *Paravespula*. Für diese spezielle Nahrung ist *Pernis apivorus* mit seinen schlitzförmigen Nasenlöchern und dem sehr steifen Kopfgefieder gegen Wespenstiche gut gerüstet. Zudem sind seine Füße nicht nur zum Greifen, sondern vor allem für das Graben nach Wespenlarven aus Bodennestern optimiert. Wenn der Wespenbussard mit dem langen schmalen Schnabel seine Larvenbeute aus den Waben herauszieht,

ist er sehr effektiv vor Giftstichen seiner Vorzugsbeute geschützt. Auch kommen Wespenbussarde erst sehr spät aus den afrikanischen Winterquartieren zurück, sodass die Jungenaufzucht in die Zeit der größten Häufigkeit von Wespen im Hochsommer fällt. In Mitteleuropa haben es Wespenbussarde vor allem auf die Bruten der Deutschen Wespe und der Gewöhnlichen Wespe abgesehen.

Von einem Baumansitz aus halten die Vögel lange Zeit nach fliegenden Wespen Ausschau. Wenn diese in Bodennähe verschwinden, sind deren Nester zielsicher ausgemacht. Die so gefundenen Nester werden ausgegraben und die Waben stückweise mit den Larven und Puppen zum Nest mit den Jungen transportiert. Beim Graben schließt der Wespenbussard seine Augen. Neben Wespennestern werden auch Hummeln ausgegraben.

Wenn in nassen und kalten und damit wespenarmen Sommern die Hauptnahrung zur Mangelware wird, steigen



Bienenfresser – der bunte Vogel steht auf Stechimmen, deren Gift er vor dem Verzehr geschickt auspresst. (© BarbarosKARAGUL-MEZ/Getty Images/iStock)

die Wespenbussarde auf die Suche nach bodenbewohnenden kleinen Wirbeltieren, vor allem Fröschen, Reptilien und nestjungen Vögeln, um, die sie auf ausgedehnten Fußjagden erbeuten. Lassen sie sich an Aas nieder, verzehren sie weniger das Fleisch als die daran sitzenden Fliegenmaden. Obwohl sie im Spätsommer auch auf Süßes wie Pflaumen, Kirschen und Beeren stehen, sind sie keine *honey buzzards*, wie ihre englische Bezeichnung nahelegt. Die für sie durchaus attraktiven Bienenwaben finden sich allerdings fast nur an für Wespenbussarde unzugänglichen Stellen.

5.13 Gibt es tatsächlich Giftvögel?

Als im Jahre 1992 der Vogelforscher Jack Dumbacher mit seinem Team im Urwald von Papua-Neuguinea einen schwarz-rotbraun gemusterten Singvogel fing, kam er eher durch Zufall mit der zuvor gänzlich unvermuteten Giftigkeit dieser Vogelart in Berührung. Als er die kleine Wunde ableckte, die ihm der etwa 25 cm große Vogel mit seinem Schnabel beigebracht hatte, brannte seine Zunge heftig, und auch sein Mundraum wurde verdächtig pelzig. Die anschließenden Analysen ergaben, dass in der Haut und in den Federn dieses Vogels das heftig wirksame Neurotoxin Homobatrachotoxin enthalten ist, welches zu den giftigsten Verbindungen gehört und zu Lähmungen der Muskulatur führt. Das gleiche Gift enthalten auch die Pfeilgiftfrösche Südamerikas.

Den Eingeborenen war die Giftigkeit des Zweifarbenpitohui (*Pitohui dichrous*), der mit weiteren zwei Arten dieser Gattung (Familie Pirole, Oriolidae, früher Dickköpfe, Pachycephalidae) auf Papua-Neuguinea vorkommt, sehr wohl bekannt. Wegen der wenigen auf der drittgrößten Insel der Welt lebenden Säugetierarten und des gänzlichen Fehlens von Großsäugern fangen und verzehren die

Eingeborenen traditionell nahezu alle dort vorkommenden Vogelarten – außer den Giftvögeln. Auch bei der Suche nach der Giftquelle waren die Eingeborenen hilfreich. Sie haben die Forscher auf eine Käferart (*Choresine pulchra*) aufmerksam gemacht, die dieses starke Gift in ihrer Hämolymphe enthält. Obwohl sie das Gift zum Schutz vor Fressfeinden produzieren, stehen sie auf dem Speisezettel der Pitohuis. Über die Giftkäfer reichern die Vögel das Gift im Körper an und werden somit passiv toxisch. Je mehr giftige Käfer ein Pitohui gefressen hat, umso giftiger wird er. Wie die Vögel sich selbst gegen das Gift schützen, ist bis jetzt allerdings noch nicht bekannt. Auch die südamerikanischen Pfeilgiftfrösche nehmen das Nervengift Batrachotoxin über ihre Nahrung auf. Bei den Nachzuchten der Frösche in Menschenobhut, die ohne den Verzehr der giftigen Insekten aufwachsen, findet sich dieses Gift nicht mehr in deren Haut. Inzwischen steht der Zweifarbenpitohui als Giftvogel nicht mehr allein da. Er hat mit dem Mohrenpitohui (*Me-*



Zweifarbenpitohui von Neu-Guinea – giftig durch den Verzehr von Giftkäfern. (© feathercollector/Getty Images/iStock)

lanorectes nigrescens), mit dem Einfarbpitohui (*Pseudorectes ferrugineus*) sowie dem Blaukappenflöter (*Ifrita kowaldi*) aus Neuguniea Gesellschaft bekommen. Auch diese drei Arten tragen das Gift in ihren Federn.

5.14 Der Vögel neue Kleider sind manchmal etwas älter

Wenn sich in der Vogelwelt Männchen und Weibchen in ihrer Gefiederfärbung deutlich unterscheiden (Geschlechtsdimorphismus), tragen in der Regel die Männer das prächtigere und auffälligere Outfit. Eine Ausnahme bilden zum Beispiel die zu den Wassertretern gehörenden Odins- und Thorshühnchen (*Phalaropus lobatus*, *P. fulicarius*). Bei ihnen dürfen die Frauen glänzen. Prachtkleider können entweder ganzjährig, oder – verbunden mit einem Gefiederwechsel (Mauser) – nur zur Fortpflanzungszeit ausgebildet sein. In letzterem Fall spricht man auch vom „Hochzeitskleid“, das beispielsweise die Erpel vieler Entenarten sich zulegen. Das Aussehen des Männchens außerhalb der Fortpflanzungszeit wird als Schlicht- oder Ruhekleid bezeichnet. Für das Fortpflanzungsverhalten spielen Prachtkleider eine große Rolle. Ihre Merkmale sind wichtige sexuelle oder aggressive Auslöser. Was die potenziellen Geschlechtspartnerinnen dabei „antörnt“, führt bei den Rivalen um die Gunst der Weibchen nicht selten zu gesteigertem Aggressionsverhalten.

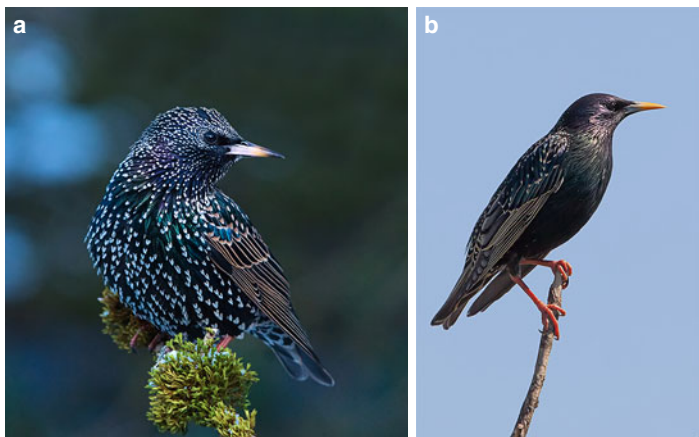
Alte „Klamotten“ als Statussymbole

Abgetragene Kleidung ist bei uns längst nicht mehr nur Ausdruck für Armut oder fehlendes Modebewusstsein. Ganz im Gegenteil: Zumindest im Bereich der Freizeitmode gehören zerrissene oder ausgewaschene Jeans inzwischen zu den top-

modischen Accessoires, verleihen dem Träger/der Trägerin einen Hauch von Coolness und können deren „Anziehungskraft“ auf das andere Geschlecht durchaus steigern. Deshalb werden die scheinbaren „Gebrauchsspuren“ bei der Herstellung der Kleidungsstücke schon eingebaut – als sogenannte *destruxted elements* der künstlich verschlissenen Jeans.

Auch hierbei sind uns manche Vogelarten schon eine Schnabellänge voraus. Ihre „Kleider“ nutzen sich ebenfalls durch längeres „Tragen“ ab. Die Abnutzungserscheinungen können in den folgenden Fällen ihrem Träger ein deutlich verändertes, hier attraktivitätssteigerndes, Aussehen verleihen. So zieren nach der Mauser helle Federsäume das neue, grünblau-metallisch glänzende Herbstkleid des Stars (*Sturnus vulgaris*), der wegen dieser ins Auge springenden Auffälligkeit dann auch „Perlstar“ genannt wird. Bis zur kommenden Brutzeit sind die Federsäume dann wieder abgewetzt. Die Stare glänzen jetzt „nur“ noch, die Männchen zusätzlich mit sehr variantenreichem Gesang und dem Überreichen kleiner „Brautgeschenke“.

Schöner und auffälliger durch Abnutzung – auch im Sinne des Geschlechtsdimorphismus – werden dagegen bestimmte Gefiederpartien der Berg- und Buchfinkmännchen (*Fringilla montifringilla*, *F. coelebs*). Sie sind gleichsam die nördliche und südlichere Ausgabe zweier sonst sehr ähnlicher Arten von Finkenvögeln, die wir in harten Wintern oft gemeinsam bei uns am Futterhaus beobachten können. Zum Frühjahr hin tragen männliche Bergfinken auf dem Oberkopf und Rücken ein glänzend schwarzes Gefieder. Diese Umfärbung in das Prachtkleid entsteht nicht durch Mauser, sondern kommt dadurch zustande, dass sich die rotbraunen Federsäume des Herbstkleides über den Winter so stark abnutzen, dass rechtzeitig zur Balz die glänzend schwarzen basalen Federabschnitte sichtbar werden. Auch beim Buchfinkmännchen ent-



Erst **a** Perl-, dann **b** Glanzstar – Glänzen durch Abnutzung. (© schnuddel/Getty Images/iStock und © Linas Toleikis/Getty Images/iStock)

steht das kontrastreiche und farbenfrohe Prachtkleid im Spätwinter durch Abnutzung bräunlicher Federsäume, die das Blaugrau von Oberkopf und Nacken oder die schwarze Stirn im Herbst und fast den ganzen Winter lang verdecken. Trotz dieser „alten“, attraktiven Klamotten legen Berg- und Buchfinkenmännchen noch nach: Im Frühjahr werden ihre Schnäbel schwarz bzw. blau, indem sich die Hornscheide passend zu ihrem „Prachtkleid“ verfärbt.

5.15 Über die Vorteile von Treue und Untreue

„Bis dass der Tod euch scheidet“ gilt nach wie vor in christlichen Kreisen, vor allem in der katholischen Kirche, als Maßstab für eine gute Ehe. Doch zumindest im Tierreich wird von dieser Art des Paarungssystems eher weniger Gebrauch gemacht. Nur bei den Vögeln ist die Monogamie



In Treue vereint

oder Einehe eine weitverbreitete Form des Zusammenlebens, allerdings in zahlreichen Varianten.

Gelege-, Brut- und andere Ehen

Schauen wir uns einmal die Eheformen einiger Vögel etwas näher an. Zum Beispiel führen viele Entenvögel eine sogenannte „Gelege-Ehe“. Die Sexualpartner leben bei einer solchen Eheform nur vor und während der Eiablage zusammen. Das Brutgeschäft und die Aufzucht der Jungen

überläßt ein „Gelege-Ehemann“ dann ganz der alleinerziehenden „Gelege-Ehefrau“. Viele Sperlingsvögel-Ehepartner halten es da schon länger miteinander aus. Ihre „Brutehe“ hält eine Brut- oder Fortpflanzungsperiode lang an und wird dann richtigerweise auch als Saisonehe bezeichnet. Bei Ortstreue-Ehen treffen sich ortstreue Vogelarten nach Rückkehr aus dem Winterquartier, in dem sie durchaus weit und unabhängig voneinander lebten, an demselben vorjährigen Brutplatz und leben bis zum Ende der Brut-saison dort wieder zusammen. Unsere Weißstörche und Mauersegler praktizieren diese Eheform. Bei der Lebenshe dauert die Bindung in der Regel lebenslang. Grau- und Kanadagans, Kolkrabe und Kraniche sind Beispiele für diese eher besondere Eheform. Die Treue respektive Untreue der verschiedenen Vogelarten lässt sich schon an ihrem Äußeren ablesen: Je bunter und auffälliger das Gefieder der Vogel-Männchen ist, wie beispielsweise bei Stockente, Pfau und Fasan, desto weniger treue Ehepartner, geschweige denn treu sorgende Familienväter sind sie.

Sind Vogelpaare während ihrer Paarbeziehung, ob Saison-, Orts- oder Lebenshe, sich tatsächlich auch treu? Wie sieht es in dieser Zeit mit dem „Fremdgehen“ aus? Die Frage ist durchaus berechtigt, wie die folgenden Beispiele zeigen können.

Ganz und fast treu

Die größte Pinguinart, die Kaiserpinguine (*Aptenodytes forsteri*), pflanzen sich an einem der unwirtlichsten Orte der Welt fort: In der Kälte auf dem antarktischen Inlandeis gelingt dies nur, wenn sich das Paar die Brut- und Jungenaufzucht teilt. Nachdem das Weibchen ihr einziges Ei dem Partner auf die Füße übergeben hat, verlässt sie ihn, um mit ihren Artgenossinnen aus der Kolonie einen bis zu 200 km

weiten Fußmarsch bis ans Meer zu unternehmen, um dort torpedogleich nach Fischen zu jagen. In dieser Zeit brüten die Pinguinväter ihre Jungen unter der Bauchfalte geschützt aus. Kreisförmig dichtgedrängt schützen sie sich mit ihren Körpern wechselseitig vor der eisigen Kälte. Unter ständigem Platzwechsel wechseln sie dabei von den äußeren und somit kältesten Plätzen nach innen zu den etwas geschützteren. Wenn nach 64 Tagen das Küken schlüpft, wird es vom Vater mit einer milchigen Substanz ernährt.

Während der gesamten Brutzeit, bis zur Rückkehr der Partnerinnen, haben die Väter keine Nahrung zu sich genommen und etwa ein Drittel ihres Körpergewichts verloren. Sie werden jetzt von ihren Weibchen abgelöst, die etwa 3 kg vorverdauten Fisch mitbringen, mit dem das Junge ab jetzt versorgt wird. Nun können sich die Väter auf den Weg zum Meer und zum Fischfang machen. Bei der beißenden Kälte muss selbst die Kükenübergabe zwischen dem Paar von Bauchfalte zu Bauchfalte und ohne Eisberührung sehr schnell vonstattengehen. Die erfolgreiche Pinguinfortpflanzung kann deshalb nur funktionieren, wenn die Partner während der gesamten Brutzeit absolut treu zusammenstehen. Die Treue hält jedoch nur ein Jahr. In der nächsten Saison paaren sich die Kaiserpinguine neu. Der Vorteil dieser seriellen Monogamie liegt in der größeren Verteilung der Gene. Aber auch Arten, die ihr ganzes Leben lang mit einem einzigen Sozialpartner zusammenbleiben, den Nachwuchs großziehen und gemeinsam alt werden, nehmen es mit der Treue nicht so genau. Beispielsweise haben Schwäne neben ihrem Sozialpartner sogar recht häufig andere Sexualpartner. Untersuchungen haben gezeigt, dass etwa aus jedem sechsten Schwanenei ein Küken schlüpft, das aus einem Seitensprung der Schwanenmutter mit einem anderen Schwanenmann zustande kam.

Treue ist halt sehr relativ

Abgesehen von den eingangs erwähnten Vogel Männern, die sich schon in ihrer Buntheit auffällig von den Weibchen unterscheiden, ist die soziale Monogamie das dominierende Paarungssystem bei etwa 90 % aller Vogelarten. Das kann eine Saisonehe oder eine lebenslange Beziehung sein. Monogamie wird häufig im Zusammenhang mit der Notwendigkeit zur Brutfürsorge durch beide Eltern gesehen: Wenn Männchen sich ihrer Vaterschaft relativ sicher sein können, lohnt sich ihre Investition bei der Jungenaufzucht, und so können monogame Pärchen gemeinsam mehr Nachkommen aufziehen als Weibchen, die keine Unterstützung durch Männchen erfahren. Erst die Entwicklung molekular genetischer Vaterschaftsanalysen brachte zutage, dass das Vorkommen sexueller Untreue in solchen scheinbar monogamen Beziehungen eher die Regel als die Ausnahme darstellt. Unter den scheinbar sozial monogamen Vogelarten stellen außerpaarlich gezeugte Nachkommen etwa 11 % des gesamten Nachwuchses.

Ursachen für Untreue

Bei Singvögeln fand man einen Zusammenhang zwischen Sangeskunst der Männchen und der Bereitschaft der Weibchen zur Untreue. Die Partnerinnen von schlechten Sängern neigten eher zu einem Seitensprung. Forscher der Johns Hopkins University in Baltimore (USA) fanden heraus, dass die Sangeskünste von männlichen Staren in direktem Zusammenhang mit der Gesundheit des tierischen Immunsystems stehen. Ein besserer Sänger ist somit auch der bessere Partner zur Fortpflanzung.

Dass Fremdgehen einen Vorteil für Männchen bietet, liegt auf der Hand. Sie erhöhen damit die Chance der

Weitergabe ihres genetischen Materials. Neuere Untersuchungen konnten erstmals zeigen, dass auch die Weibchen davon profitieren, wenn sie sich außer mit ihrem Partner für die Aufzucht auch mit Nachbarn paaren. Von diesem Vorteil profitieren sie allerdings nicht direkt, sondern erst über die Zahl ihrer Enkelkinder. Töchter aus Fremdbeziehungen scheinen fruchtbarer zu sein als ihre Geschwister, Söhne dagegen scheinen einen Vorteil bei der Balz um Weibchen zu haben; das zeige der erhöhte Anteil von Männchen aus Seitensprüngen, die ihrerseits wieder Sex mit schon verpaarten Weibchen hatten.

In einer Langzeitstudie zur genetischen Vererbung von Zebrafinken konnten Forscher des Max-Planck-Instituts für Ornithologie in Seewiesen ganz neue Einblicke in die Ursachen für sexuelle Untreue gewinnen. Ihre Ergebnisse zeigen, dass das Fremdgehen der Weibchen nicht unbedingt mit einem Vorteil für sie verbunden sein muss. Weil für die Untreue bei beiden Geschlechtern fast die gleichen Genvarianten ermittelt wurden, kann nach Ansicht der Forscher die Untreue der Weibchen darin begründet liegen, dass das „Untreue-Gen“ bereits ihren männlichen Vorfahren Vorteile brachte.

6

Säugetiere – gewiss eine Klasse für sich



Ein Fell aus Haaren, das sie in Kombination mit der gleichwarmen Körpertemperatur ziemlich unabhängig von der Umgebungstemperatur werden lässt, die Ernährung der Jungen mit Muttermilch aus den Milchdrüsen und – von wenigen Ausnahmen abgesehen – lebendgebärend sind die kennzeichnenden Merkmale der Säugetiere (Mammalia) als einer der Wirbeltierklassen. Die rezenten 6399 Säugetierarten kommen dank ihrer beachtlichen Anpassungsfähigkeiten praktisch weltweit vor. Sie bevölkern zwar bevorzugt das Land, nutzen aber auch den Luftraum (wie die Fledermäuse) und leben ganz oder teilweise im Wasser (z. B. Wale, Robben). Auch wenn manche Arten – wie die Wale – heute haarlos sind, haben sich alle Säuger aus behaarten Vorfahren entwickelt und zeigen zumindest in ihrer Embryonalentwicklung Haarwuchs. Das Haarkleid der Säugetiere besteht hauptsächlich aus dem Protein Kera-tin und kann die verschiedensten Funktionen erfüllen. Es dient der Wärmeisolierung und ist erst Voraussetzung für das Aufrechterhalten einer gleichwarmen Körpertemperatur. Es kann zur Tarnung wie auch zur Unterscheidung der Geschlechter oder Altersstufen dienen, es kann durch veränderte Stellung (Aufrichten) Signalfunktion besitzen. Haare spielen auch beim Tasten eine große Rolle. So können mit Nervenfasern und Mechanorezeptoren ausgestattete Tasthaare (Vibrissen) durch spezielle Muskeln bewegt werden. Haare dienen auch als Filter und Reusen zum Schutz von Sinnesorganen (Nasen-, Ohrenhaare, Wimpern und Augenbrauen).

Die Säugetiere werden in drei Unterklassen eingeteilt: die der eierlegenden Ursäuger (Protheria), der Beutelsäuger (Metatheria) und der Höheren Säugetiere oder Plazentatier (Eutheria) einschließlich dem Menschen. Während die Protheria nur in Australien und auf Neuguinea vorkommen, leben Beutelsäuger im australisch-ozeanischen Raum sowie in Nord-, Mittel- und Südamerika. Die Höheren

Säugetiere sind dagegen weltweit verbreitet. Bis Menschen in Australien Fuß fassten, kamen dort die Eutheria nur mit relativ wenigen Arten aus der Gruppe der Fledertiere und der Echten Mäusen vor.

Säugetiere sind in Bezug auf ihren Körperbau, ihre Lebensräume und ihre Lebensweise sehr unterschiedlich. Unter ihnen gibt es tag-, dämmerungs-, nachtaktive und sowohl am Tag als auch in der Nacht aktive Arten. Auch ihr Verhaltensspektrum und ihr Sozialverhalten ist breit und sehr unterschiedlich. Neben strikt einzelgängerischen Arten gibt es andere, die in Gruppen von bis zu Tausenden von Artgenossen zusammenleben. Manche Arten haben komplexe Verhaltensmuster entwickelt, sie etablieren eine strenge Rangordnung innerhalb der Gruppe und kommunizieren untereinander mittels Lauten, Gesten oder Körperhaltungen. Obwohl es die Ausnahme ist, so gibt es auch Säugetiere, die Gifte zur Verteidigung oder zur Jagd einsetzen. Manche Arten können nahrungsarme und klimatisch ungünstige Zeiten durch einen längeren Winterschlaf oder das Verfallen in einen Starrezustand (Torpor) überdauern. Dabei fällt ihre Körpertemperatur nahezu auf die Umgebungstemperatur ab, Atmung und Herzschlag verlangsamen sich, und der Stoffwechsel wird reduziert.

Auch wenn die Gesamtzahl der Säugetierarten im Vergleich zu manch anderen Tierklassen eher bescheiden ist, erreicht keine andere Tiergruppe eine derart große Formenvielfalt und Flexibilität. Offensichtlich können es sich nur die Säuger „leisten“, zwischen 1,5 und 2 g leicht zu bleiben (wie die Hummelfledermaus und die Etruskerspitzmaus als die Kleinsten) oder bis zu 150 t schwer zu werden wie der Blauwal, der damit nicht nur das schwerste Säugetier ist, sondern auch das schwerste Tier, das jemals auf unserer Erde gelebt hat.

Die Säugetiere haben zudem unsere menschliche Geschichte entscheidend mitgeprägt. Seit ihrer Frühgeschichte

jagten Menschen vor allem große und mittelgroße Säugetierarten zur Fleischgewinnung, um aus den Fellen und Häuten Kleidung sowie aus den Knochen Werkzeuge zu fertigen, aber auch zur Gewinnung vermeintlicher Heilmittel. Sie beschworen Säugetiere mit Höhlenzeichnungen, Tänzen und Jagdritualen, machten manche Arten zu ihren Haustieren und verfolgten andere gnadenlos als Nahrungskonkurrenten. Bis heute werden zu Haustieren gewordene Säugetiere als Reit- und Arbeitstiere, Fleisch-, Leder- und Milchlieferanten sowie als Wach-, Schutz- und Labortiere verwendet. Im Gefolge der Menschen haben manche Säugetierarten den ganzen Globus erobert oder wurden als Neozoen in fremde Regionen eingebürgert. Nach der Ausrottung oder dem Zurückdrängen vieler Säugetierarten durch direkte Verfolgung tragen heute – neben den Elfenbein- und Nashornkriegen – vor allem weitere Lebensraumverluste zum Bestandsrückgang bis zum Aussterben vieler Arten aus unserer nächsten und etwas weiteren Verwandtschaft bei.

6.1 Fledermäuse – Beherrscher der Finsternis

Erst wenn es Nacht wird, kommen sie aus ihren Verstecken, an denen sie ihre Tagesruhe gehalten oder ihre Jungen betreut haben. Baumhöhlen und -spalten sowie Dachquartiere als Höhlenersatz für die in unseren Breitengraden im Sommerhalbjahr zu kühlen Höhlen und Stollen sind die Sommer- und Wochenstubenquartiere unserer heimischen Fledermäuse. In den wärmeren Regionen ziehen sich Fledermäuse tagsüber ebenfalls in Höhlen, Hohlräume in Bäumen oder einfach nur unter das Blätterdach zurück. Kopf über hängend, oft eng beieinander schlafend, betreiben sie

in ihren Quartieren ausführliche Fell- und Flughautpflege und säugen dort ihre noch nicht flugfähigen Kleinen. Wenn sie nach Sonnenuntergang, manche Arten erst bei fortgeschrittener Dunkelheit, zum Jagen und Sammeln aufbrechen, sind die Flugjäger in ihrem Element. Ihnen macht die Dunkelheit nichts aus. Im Gegenteil: Ihr Flugvermögen und die Fähigkeit, sich auch im Dunkeln mittels Echoortung zu orientieren und ihre Beute zu detektieren, verschaffte den Fledermäusen einen entscheidenden Vorteil gegenüber allen anderen Säugetieren und den überwiegend tagaktiven Vögeln.

Frühe Erfindung mit langer Laufzeit

Dass sie dies schon seit mindestens 47 Mio. Jahren können, beweisen gut erhaltene Fossilien aus der Ölschiefergrube Messel bei Darmstadt. Als UNESCO-Weltnaturerbe ausgezeichnet, lässt sich aus den dort im Ölschiefer eingebetteten Naturschätzen ein ganzes Bild der Tierwelt des unteren Miozäns zusammenfügen – vom Urpferdchen bis zu einer Reihe von Fledermausarten. Der Bau des Innenohrs und Kehlkopfs sowie gut erhaltene Mageninhalte der fossilen Fledermäuse verraten, dass sie schon damals echoortend nachtaktiven Fluginsekten hinterherjagten. Es ist nicht die Exklusivität, sondern der konsequente Einsatz des Echoortungssystems sowohl zur Orientierung wie auch zum Beuteerwerb, der die Fledermäuse von anderen Echoortern, etwa Spitzmäusen, Tenreks, einigen Beutel- und Nagetieren sowie Walen abhebt. Dabei sind Fledermäuse keineswegs blind. Ihr Schwarz-Weiß-Sehen können sie bei ihren Wanderungen zur Fernorientierung einsetzen und sich dabei auch noch auf ihren Magnetsinn verlassen, der ihnen – ähnlich den Zugvögeln – eine Orientierung am Erdmagnetfeld ermöglicht. Außerdem können einige Arten

der südamerikanischen Blütenfledermäuse auch UV-Licht sehen, das von einigen Blüten verstärkt reflektiert wird und so den Nektartrinkern und gleichzeitigen Bestäubern als Zielpunkt zum Anfliegen dient. Heute setzen alle Arten der Kleinfledermäuse ihr Sonar zur Orientierung im Flug sowie meistens auch zum Beuteorten und -fangen ein.

Ausnahmen und Varianten

Unter den Flughunden, die sich als Früchteverzehrer und Blütenbesucher auf ihre leistungsstarken Nachtaugen und den hervorragenden Geruchssinn beim Flug und bei der Nahrungssuche verlassen, echoorten lediglich die Höhlenflughunde in ihren stockdunklen Tagesruheplätzen. Die Echos ihrer mit der Zunge erzeugten Klicklaute signalisieren ihnen den Abstand zu den Wänden und zum Ausgang. Dagegen erzeugen alle Kleinfledermäuse ihre Rufe im Kehlkopf und stoßen sie mit geöffnetem Mund aus. Langohrfledermäuse, Hufeisennasen und Rundblattnasen benutzen dagegen ihre Nasen als schallaussendende Organe. Die bizarren Nasenaufsätze der beiden letztgenannten Fledermausgruppen wirken dabei wie Megaphone. Nasenorten hat übrigens handfeste Vorteile. Während die anderen Fledermäuse mit der Beute im Mund Sendepause haben, können sich die Nasenorter selbst beim Fressen weiter orientieren. Mit den Ohren „sehen“, sich also durch Ausstoßen von Rufen als Schallwellen und deren von Hindernissen oder Beute zurückgeworfenen Echos ein „Bild“ machen, klingt gut, schafft aber eine Menge physikalischer Probleme. Und all die haben die Fledermäuse geradezu genial gelöst.

Die Überwindung von „Schallgrenzen“

Höhe Töne pflanzen sich viel stärker gerichtet fort als tiefe, die sich zu weit ausbreiten und deshalb nur ein diffuses Echo erzeugen. Und noch ein zweiter Effekt kommt hinzu: Je höher die Wellenlängen, je höher also der Ton, umso kleiner können die Gegenstände sein, die ein Echo erzeugen. Für alle diese physikalisch gesetzten „Schallgrenzen“ haben Fledermäuse unterschiedliche, für ihre besondere Situation und Lebensweise aber jeweils beste Problemlösungen gefunden, die zudem technischen Lösungen verblüffend ähneln. Nicht einfacher macht es den Nachtjägern, dass höhere Frequenzen durch die Dämpfung in der Luft bereits nach wenigen Dutzend Metern so stark abgeschwächt werden, dass sie im Echo nicht mehr wahrgenommen werden können. Im freien Luftraum jagende Arten können es sich leisten, etwas niederfrequentere, aber dafür weiter reichende Rufe zu verwenden. Wo viele Störechos durch Hintergründe zu erwarten sind, wie etwa zwischen und auf der Vegetation oder dicht über Wasser, verfügen die dort jagenden Fledermäuse über höherfrequente Lautäußerungen.

Die von den Arten benutzten Lauttypen sind im Detail recht unterschiedlich, variieren meist von Art zu Art und können sogar noch Dialektcharakter haben. Grob lassen sich die Ortungsrufe aber in wenige Lautgruppen aufteilen. Von vielen Arten werden kurze Peilrufe ausgesendet, die minisekundenschnell von hohen zu niedrigeren Tonhöhen abfallen. In gleicher Weise ändern sich die Frequenzen. Weil die Peilrufe damit stark frequenzmoduliert sind, nennt man ihre Erzeuger auch FM-Fledermäuse. Unser Großes Mausohr (*Myotis myotis*) ist eine solche Orterin. Eine ganz andere Sendeform haben die Hufeisennasen und Rundblattnasen entwickelt. Ihre Ortungsrufe bestehen aus einem gleichbleibend hohen, also konstantfrequenten Frequenzanteil und werden an Lautbeginn und -ende von frequenzmodulier-

ten Teilen begrenzt. Man nennt sie deshalb auch CF/FM-Fledermäuse. Tritt der hohe Ortungston einer Hufeisennase auf ein flügel Schlagendes Insekt, enthalten die zurückgeworfenen Echos akustische „Glanzlichter“ im Rhythmus des Flügelschlags. Anhand dieser feinen Frequenzmodulationen der flatternden Beute können Hufeisennasen sogar einzelne Insektenarten erkennen.

Laute, stumme Welt

Weil der menschliche Hörbereich mit seinem Optimum bei 2000–5000 Hertz bei etwa 16 Kilohertz (= 16.000 Hertz; 1 Hz = 1 Schwingung in der Sekunde, 1 kHz = 1000 Schwingungen in der Sekunde) aufhört, können nur jüngere Menschen noch die untersten Tönhöhen von niederfrequent rufenden Fledermäusen hören, etwa vom Großen Abendsegler oder der Bulldoggfledermaus, deren Lautanteile gerade noch in den höchsten Hörbereich von Menschen ohne nachlassende Gehörleistung hineinreichen. Deshalb sind auf Fledermaus exkursionen die Erwachsenen, Fledermausforscher eingeschlossen, immer auf „Hörhilfen“ mittels Fledermausdetektoren angewiesen, während Kinder oft schon einen Abendsegler hören. Würden wir so hoch wie Fledermäuse hören können, wäre die Nacht erfüllt von den unerhört lauten Schreien der Fledermäuse, vergleichsweise mit der Lautstärke von Presslufthämmern.

Systematik neu gemischt – nahe und ferne Verwandte

Lange Zeit hat man die Fledermäuse wegen ihrer Echoortungsfähigkeiten und anderer morphologischer Unterschiede in die Unterordnungen Kleinfledermäuse (Microchiroptera) und Flughunde (Megachiroptera) eingeteilt.

Molekulare Untersuchungen konnten jedoch belegen, dass die Vertreter der Hufeisenartigen näher mit den Flughunden als mit allen anderen Fledermäusen verwandt sind. Das führte dazu, dass der aktuelle Stammbaum der Fledermäuse zwei neue Hauptgruppen zeigt, die der Pteropodiformes und die der Vespertilioniformes. Die neue Einteilung wirft allerdings auch neue Fragen auf. Haben etwa die Flughunde ihre Fähigkeit zur Echoortung im Laufe ihrer Entwicklung verloren, oder ist ihre Fähigkeit zur Echoortung bei den Fledermäusen zweimal und unabhängig voneinander entstanden? Zumindest der als Einziger seiner Sippe in Europa vorkommende Nilflughund hat mit den vier europäischen Hufeisennasen-Arten mithilfe der Systematiker eine etwas nähere Verwandtschaft bekommen.

Ausgefallene Diäten

Während die in Mitteleuropa heimischen Fledermäuse ausschließlich auf Insekten- und Spinnenjagd gehen (Ausnahme: Wasserfledermaus mit gelegentlicher Erbeutung kleiner Fischchen sowie Riesenabendsegler als regelmäßiger Vogeljäger zur Zugzeit), haben sich die in anderen Regionen der Erde vorkommenden Arten zum Teil auf gänzlich abweichende Diäten spezialisiert. Neben frosch- und sogar fischfangenden Arten (so im amazonischen Südamerika) sind etliche Fledermausarten in den Wärmegebieten der Erde auch als Blütenbesucher aktiv und im Fall der Bananenplantagen sogar willkommene Bestäubungshelfer.

Ziemlich ungewöhnlich ist die Nahrungsvorliebe der in der Negev-Wüste vorkommenden Langohrfledermaus (*Otonycteris hemprichii*), die es ganz und gar auf Skorpione abgesehen hat. Ungefähr 70 % ihrer Nahrung besteht aus diesen durchaus nicht ungefährlichen Gliedertieren. Solange ein Skorpion regungslos irgendwo herumsitzt, bleibt

er verschont. Bewegt er sich indessen, nimmt die Fledermaus sogleich die Laufgeräusche bzw. Bewegungsmuster wahr, fliegt ihn zielgenau an und ergreift ihn augenblicklich. Dabei werden die Fledermäuse jedoch häufig vom Giftstachel des zappelnden Opfers getroffen. Auch beim anschließenden Verzehr kommen sie zwangsläufig mit dem kritischen Skorpiongift in Berührung. Dieses hat die bemerkenswerte Eigenschaft, bestimmte Ionenkanäle (vor allem Natriumkanäle) erregbarer Membranen zu öffnen sowie die unkontrollierte Freisetzung von Neurotransmittern zu verursachen. Bei Fledermäusen wirkt das Skorpiongift erstaunlicherweise jedoch überhaupt nicht. Die molekulare Grundlage dieser bemerkenswerten Skorpiongiftresistenz ist bislang noch nicht bekannt. Somit können diese Tiere offenbar gänzlich ungefährdet einer durchaus gefährlichen Beute nachstellen.

Der Feind hört (nicht mehr) mit

Um dem Gefressenwerden durch Fledermäuse zu entgehen, haben auch die Beutetiere der Nachtjäger vielfältige Verteidigungsmethoden entwickelt. So können Florfliegen und einige Nachtfalterarten mithilfe spezieller Gehörorgane an ihrem Körper (Tympanalorgane) die Ultraschallrufe der Fledermäuse wahrnehmen. Ist ein Feind in Hörweite, versuchen sie Haken schlagend zu entkommen oder lassen sich mit zusammengeklappten Flügeln zu Boden fallen. Die Gejagten können trotz aller trickreichen Verteidigung dennoch von ihren Jägern ausgetrickst werden, indem manche Fledermausarten höhere Ortungsfrequenzen benutzen, die von den Insekten nicht empfangen werden können.

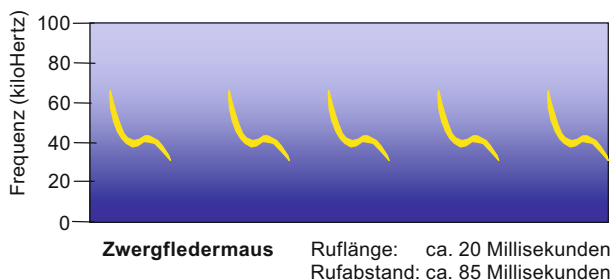
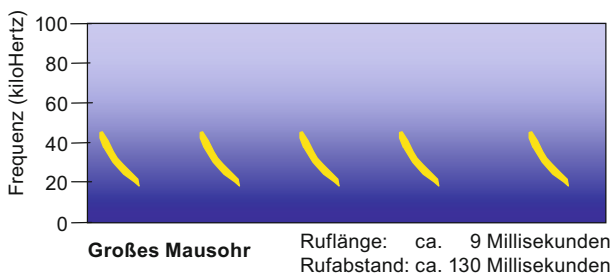
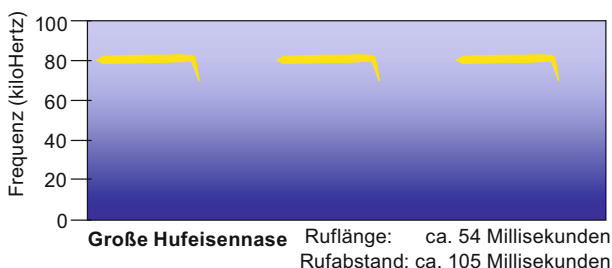
In dieser Hinsicht besonders trickreich agiert die Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*). Weil diese treffend nach ihrem mopsähnlichen „Knautschgesicht“ benann-

te heimische Fledermausart sich fast ausschließlich von Nachtfaltern ernährt, hat sie sich bei deren Verfolgung etwas einfallen lassen, um nicht von ihrer Beute wahrgenommen zu werden: Mopsfledermäuse nähern sich ihrer Nachtfalterbeute bereits „getarnt“ durch Rufe von so geringer Intensität, dass diese von den Gehörorganen der Nachtfalter aus der Entfernung nicht mehr wahrgenommen werden. Andere Fledermausarten mit vergleichbaren Jagdstrategien rufen dagegen über zehnmal lauter – und damit viel auffälliger für Nachtfalterohren – als die leisen Möpse. Wenn schließlich der mopsgesichtige Nachtjäger einen Nachtfalter mit seiner Schallkeule detektiert hat, ruft er ab da nochmals zunehmend leiser. Auch wenn der Falter die Fledermaus jetzt hören kann, hat sie sich akustisch bereits so nahe an ihn angeschlichen, dass ein Ausweichmanöver kaum mehr möglich ist.

Erst jüngst haben Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Ornithologie diese raffinierte Jagdtechnik der Mopsfledermäuse herausgefunden. Dazu befestigten sie einen hörenden Nachtfalter an einer Angelrute. Ein Mikrofon in nächster Nähe des Falters nahm die Echoortungsrufe der Fledermäuse aus der Falterperspektive auf. Mithilfe von vier weiteren Mikrofonen ließ sich die Flugbahn der Fledermaus dreidimensional rekonstruieren. Nach Meinung der Forscher brachte die Evolution von Nachtfalterohren der Mopsfledermaus gegenüber anderen Fledermausarten einen Wettbewerbsvorteil. Weil die anderen Arten im hindernisfreien Luftraum lauter rufen, fallen sie als Konkurrenten um die Nachtfalterbeute vielfach aus.

Dennoch leben selbst Mopsfledermäuse nicht in einem Paradies, in dem ihnen die Nachtfalter so einfach in den Mund fliegen. Zum Beispiel haben Falter aus der Bärenspinner-Familie Klicklaute entwickelt, die jagenden Fledermäusen ganz allgemein signalisieren, von der schlecht schmeckenden, ungenießbaren Beute doch eher abzulassen. Die-

ses akustische Warnsignal hat die gleiche Bedeutung wie die Warnfarben mancher Insekten, die an Vögel als ihre Fressfeinde adressiert sind (optische Mimikry). Die Bärenspinner hätten schließlich wenig davon, wenn die Fledermäuse erst bei ihrem Verzehr deren Ungenießbarkeit erfahren würden. Andere Falter können wiederum mit selbsterzeugten Ultraschalllauten als Störsender die Echoortungsjäger verwirren. Somit findet auch unter dem Nachthimmel ein ständiges Wettrüsten zwischen Jägern und Gejagten statt, bei dem es





a Mopsfledermaus und **b** Große Hufeisennase

um nichts anderes als ums Sattwerden respektive ums Überleben geht.

6.2 Im Rotlichtviertel Runden drehen

Was im allgemeinen Sprachgebrauch mit Rotlichtmilieu umschrieben wird, bedarf keiner weiteren Erklärung und ist hier schon gar kein Thema. Indessen: Fledermausfreunden, die auf abendlich-nächtlichen Fledermausexkursionen mitgegangen sind oder solche Events selber durchgeführt haben, ist wohlbekannt, dass zum Beispiel jagende Wasserfledermäuse, denen man auf ihren Runden über Stillgewässern mit hellem Taschenlampenlicht folgt, schnell aus dem Lichtkegel herausfliegen, dagegen unter Anleuchten mit einem Rotlichtfilter weiter unbeeindruckt ihre Jagdrunden drehen.

Was bei Exkursionen das Fledermauserleben einschränkt oder im Falle von Rotlicht fördert, ist für die Nachtjäger in der menschengemachten Umgebung ein echtes Problem. Heute sind viele unserer Fledermausarten nicht zuletzt auch dadurch bedroht, dass wir durch unsere hellen Beleuchtungen die Nacht zum Tage machen und damit den Fledermäusen das Sattwerden erschweren. Fledermausforscher konnten zeigen, dass immer mehr Licht in den Ballungsräumen, auch durch die Umstellung auf LED-Beleuchtung, Fledermäuse in ihrem Verhalten und in ihren Jagdgewohnheiten beeinträchtigt. Nur einige Fledermausarten können von den durch das Licht der Straßenlaternen angezogenen Insektenansammlungen profitieren. In der Mehrheit meiden die Nachtjäger helles Licht. Eine niederländische Studie der Universität Wageningen konnte kürzlich zeigen, dass Mausohren, Langohr- und Zwergfledermäuse am wenigsten von rotem Licht gestört werden. Aus der Erkenntnis der Wissenschaftler wurde eine praktische

Maßnahme, indem die Stadt Nieuwkoop in der Provinz Südholland bei der Straßenbeleuchtung in einem Neubaugebiet ganz auf rotes LED-Licht umschwenkte. In diesem neu entstandenen „Rotlichtviertel“ können die menschlichen Bewohner sicher leben und ihre tierischen Mitbewohner oder Nahrungsgäste nachts ungestört ihre Runden drehen.

Wie Vorteile zum Verhängnis werden können

Was den jagenden Fledermäusen im Siedlungsbereich zum Vorteil gereicht, kann für die Flugsäuger an anderer Stelle zum tödlichen Verhängnis werden. Wo rote LED-Lichter an Windkraftanlagen des Nachts zur Warnung des Flugverkehrs blinken, werden Fledermäuse angelockt und enden an den Anlagen, erschlagen von den Rotoren oder tödlich verletzt durch ein erlittenes Barotrauma infolge der Druckunterschiede im Rotorbereich. Zu dieser Erkenntnis kamen Fledermausforscher des Instituts für Zoo- und Wildtierkunde, als sie zusammen mit Wissenschaftlern der Universität in Jelgava an der Ostseeküste Lettlands das Verhalten von Fledermäusen an Windkraftanlagen mit roten Warnblinklichtern beobachteten und in experimentellen Ansätzen untersuchten.

Um die viel zu vielen Verluste zu mindern, schlagen die Forscher vor, Warnleuchten zu installieren, die sich nur dann automatisch einschalten, wenn sich ein Luftfahrzeug nähert – womit das Risiko für Fledermäuse, von Windkraftanlagen angelockt zu werden, sich minimieren ließe, das Problem der Fledermausverluste an den Anlagen, die den Nachtfliegern einfach in ihrem Flugweg stehen, noch nicht beseitigt wäre. Hier wäre ein Freihalten der wichtigsten Fledermauslebensräume von Windkraftnutzung der Königsweg.

6.3 Ausgerechnet mitten im Winter

Auf den ersten Blick sehen sie so ähnlich aus wie die viel häufigeren Seehunde. Beim genaueren Hinsehen unterscheiden sich die hier zwischen den Seehunden auf den Sandflächen ruhenden und ungleich größeren Kegelrobben aber deutlich: Manche Wildtierbiologen sind der Meinung, dass diese heimische Art ihren Namen von den etwas spitzeren (eben kegelförmigen) Zähnen erhielt, aber ihr langgestreckter und somit kegelförmiger Kopf (besonders der Männchen) ist das weitaus geeignetere Bestimmungsmerkmal. Die deutlich größeren männlichen Tiere präsentieren ein dunkles Fell mit hellen Flecken, die kleineren weiblichen dagegen (meist) ein helleres mit dunklen.

Niederkunft fast zur Unzeit

Der Nachwuchs kommt eigenartigerweise mitten im Winter zur Welt – meist schon etwa ab November, aber auch noch bis Ende Januar. Die neugeborenen Kegelrobben ertragen diesen aus menschlicher Perspektive eher ungünstigen Geburtstermin erstaunlich gut. Die Armsesselperspektive der gemütlich beheizten Wohnung war eben noch nie ein besonders taugliches Vergleichsmaß. Die neugeborenen Kegelrobben tragen ein ungemein flauschiges, fast reinweißes Fell, Lanugo genannt. Nach dem ersten Haarwechsel im Frühjahr sehen sie dagegen eher dackelfarben hellbraun aus. Kegelrobben sind übrigens die Symbolart der Insel Borkum.

Die derzeit größte Kolonie innerhalb der Deutschen Bucht hält sich auf der Helgoländer Düne auf, der kleineren Sandinsel (mit Muschelkalk- und Kreideklippen im Untergrund) neben der roten Felsinsel aus Buntsandstein. Die Geburt der kleinen Kegelrobben um die Weihnachts-

zeit ist jährlich ein besonderes Medienereignis, zumal hier neuerdings weit über 100 Neugeborene zu bestaunen sind. Geradezu sensationell erscheint, dass man sich an die erfreulich angewachsene und offenbar auch weiterhin wachsende Robbenkolonie bis auf einige Dutzend Meter annähern kann, ohne dass die Tiere in größter Panik ins Wasser entfliehen. Insofern ist das Erleben einer beachtlichen Kolonie aus schonend-sicherer Distanz für Naturfreunde ein besonderes Highlight.

Die Helgoländer Düne ist im Sommerhalbjahr das Ziel zahlreicher Badeurlauber. Beim erfrischenden Bad am Strand ist ein fast hautnaher Kontakt zu Kegelrobben oder den noch zahlreicheren Seehunden relativ wahrscheinlich. Aber Vorsicht: Die Kegelrobben sind die größten heimischen Raubtiere. Bisher ist es allerdings noch nicht zu problematischen Zwischenfällen gekommen. Manche Strandurlauber finden es sogar eher belustigend, wenn sich die eine oder andere Robbe für den Bikini der Begleiterin interessiert.

Früher wurden die Kegelrobben erbarmungslos als vermeintliche Konkurrenten der Fischerei mit dem erklärten Ziel der Ausrottung bejagt. Dieser jagdliche Spuk ist glücklicherweise Vergangenheit. Seit dem generellen Jagdverbot und dem Verbot der Nutzung jeglicher Produkte von Robben haben sich die Bestände in äußerst erfreulichem Maße erholt. Kolonien dieser Spezies existieren auch auf Jungnamensand bei der Insel Amrum. Unterdessen halten sich einzelne Tiere auch in der Ostsee bei Rügen auf.

Die Rückkehr der Kegelrobben in unsere heimischen Meeresgebiete darf man sicher als außerordentliche Bereicherung empfinden. Sie werden an unseren Küsten eher akzeptiert als das Landraubtier Wolf, für dessen Wiederausbreitung der amtliche Naturschutz noch etlichen Argumentationsbedarf sieht.



Die noch flauschigen jungen Kegelrobben kommen ab November – und damit wirklich zur Unzeit – zur Welt

6.4 Make-up sorgt immer für Stimmung

Das als Make-up bezeichnete abwaschbare Schminken vor allem der Gesichtshaut ist vermutlich schon so alt wie die Menschheit selbst. Ursprünglich diente ein Make-up wohl schamanischen und rituellen Zwecken im Rahmen von Fruchtbarkeitskulten. In Spanien beispielsweise nutzten Neandertaler bereits vor rund 50.000 Jahren Muschelschalen als Behälter für ihre Schminke aus gelbem Goethit, rotem Hämatit und schwarzem Pyrit. Aus der sehr viel späteren Antike stammen Nachweise, wonach man im alten Ägypten ab 2500 v. Chr. seine Haut zum Sonnenschutz nicht nur mit Salben und Ölen einrieb, sondern die Ägypterinnen auch Rouge für ihre Wangen und Lippen benutzten. Die ausdrucksstarke Betonung der Augen als Sinnbild für den Sonnengott Ra war besonders wichtig. Die dazu benutzten schwarzen und grünen Farben, aufgetragen wie mit

einem Kajalstift, wurden häufig von Priestern hergestellt. Belege dafür sind im Tempel von Edfu gefundene Rezepte zur Make-up-Herstellung. Auch bei den römischen Frauen kam nach der Eroberung Griechenlands das dekorative Schminken groß in Mode. Ihre Wimperntusche wurde aus gebranntem Kork hergestellt. Zum Abschminken benutzten die flotten Römerinnen Olivenöl bzw. Esels- oder Ziegenmilch.

Im Mittelalter schließlich galt vor allem bei Hof der blasse Teint als schick – wobei man sein möglichst bleichweißes Gesicht durch das Auftragen von giftigem Bleiweiß erreichte, mit schwer heilenden Abszessen der Gesichtshaut als teurem Preis für diesen Schönheitswahn. In der Renaissance sollte das Färben von Lippen und Wangen durch Elisabeth I. in England und Katharina von Medici als Trendsetterinnen dann wieder richtig populär werden. Dass es sich bei der roten Lippenfarbe um den Farbstoff Cochenille handelte, der aus trächtigen Schildlausweibchen gewonnen wurde, die dazu in Essig gewaschen und nach dem Trocknen in Wasser unter Schwefelsäurezusatz ausgekocht wurden, um das Karmin(-Rot) zu guter Letzt unter Anwendung von Alaun und Kalk auszufällen – daran dachten die Damen beim Auftragen von heftigem Rot auf ihre Lippen wohl kaum.

Wäre bei derart fragwürdigen Schminksubstanzen nicht doch ein Permanent-Make-up von Vorteil? Heute ist es ausgesprochen trendig, aber eigentlich schon ein alter Hut. So haben Schmucknarben, Tätowierungen und selbst Piercings als permanenter Schmuck, aber auch zu kultischen oder medizinischen Zwecken eine lange Tradition. Bereits der berühmte aus der Jungsteinzeit stammende „Ötzi“ zeigt uns seine Tätowierungen in Form von wenigen Zentimeter langen parallelen Linien an den Hand- und Fußgelenken und einem Kreuz im Lendenbereich. Bis heute ist sich die Forschung nicht einig, ob diese Tattoos bei Ötzi der reinen Zier

dienten oder aus medizinischen Gründen wie Akupunkturpunkte angebracht wurden.

Farben, die ins Auge springen

Sehr viel länger als Ötzi und Co. tragen aber nicht wenige unserer nächsten Verwandten, die Tierprimaten, ein mehr oder weniger dauerhaftes Permanent-Make-up – und das vor allem, aber nicht nur, im Gesicht. Wie für uns Menschen sind auch für die meisten Tierprimaten die Augen die wichtigsten Sinnesorgane. Klettern, Springen und Greifen kleiner Gegenstände erfordern ein gutes stereoskopisches, d. h. beidäugig räumliches, Sehen und Naheinstellungsvermögen (Akkommodation). Bei den meisten anderen höheren Primaten ist das Farbsehen ähnlich gut entwickelt wie bei uns Menschen. So finden wir z. B. bei einigen Primatenarten blau gefärbte soziale Auslöser wie an den Geschlechtsteilen mancher Meerkatzen-Arten oder den Nasenwülsten des Mandrills. Wo nah verwandte Primatenarten nebeneinander vorkommen, sind arttypische Zeichnungen wirksame Signale der gegenseitigen Arterkennung. Besonders „augenfällig“ ist dies bei den zahlreichen in Afrika vorkommenden Meerkatzen-Arten (Gattung *Cerco-pithecus*). Beispiele sind etwa Brazzameerkatze (*C. neglectus*), Eulenkopfmeerkatze (*C. hamlyni*), oder Blaumaulmeerkatze (*C. cephus*). Die Artgenossen höherer Primaten übertragen Informationen über innere Stimmungen zunehmend über Mimik. Daher macht es Sinn, wenn Lippen oder Augenlider auffällig gefärbt sind.

Sexualität als Sozialfunktion

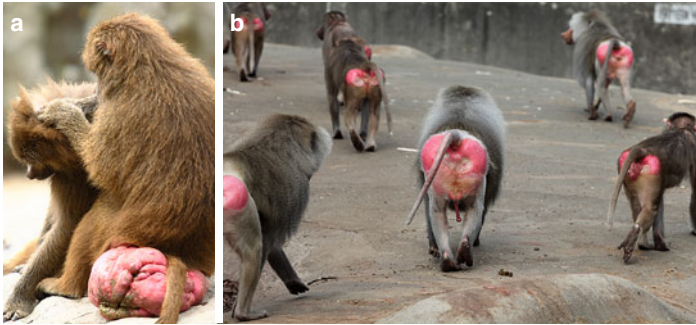
Bei vielen höheren Primaten hat die Sexualität andere, neben der Befruchtung wichtige soziale Funktionen. Bei

diesen Arten erfolgen Paarungen auch noch in der Schwangerschaft. Das ursprünglich der Paarung vorangegangene Aufsteigen wird zudem in ritualisierter Form auch in anderem sozialen Zusammenhang ausgeführt. So zum Beispiel in Form des „Drohkopulierens“ der Mantelpaviane durch Aufreiten auf rangniedere Tiere beiderlei Geschlechts mit angedeuteten Kopulationsbewegungen. Der Spruch „*Make love, not war*“ trifft für keine weitere Primatenart so gut zu wie für die Bonobos (Zwergschimpansen). Bei ihnen dienen die häufig ausgeführten sexuellen Verhaltensweisen wie Kopulation oder Genitalreiben eindeutig der Versöhnung nach Konflikten.

Erotische Signale

Vor allem bei den in größeren Gruppen lebenden Primatenarten wie Pavianen und Schimpansen zeigen die Weibchen um den Zeitpunkt des Eisprungs besonders ausgeprägte, kräftig rot gefärbte Sexuelschwellungen um ihre äußeren Geschlechtsorgane. Sie künden den Männchen damit ihre Paarungsbereitschaft, den Östrus, an und werden dann häufig von mehreren Männchen begattet. Dass diese Schwellungen den Zeitpunkt des Eisprungs überdauern, sich also von ihrer ursprünglichen Aufgabe der Östrusanzeige lösen, gibt Hinweise, dass solche Signale ihrer Trägerin innerhalb der Gruppe gegenüber anderen Weibchen soziale Vorteile bringen. Allerdings können trotz dieser Vorteile die Sexuelschwellungen nicht immer getragen werden. Sie ermöglichen zwar oft erst die Paarung und eine höhere soziale Attraktivität, würden aber eine Geburt unmöglich machen.

Nachdem bei einigen höheren Primaten Rot im weiblichen Genitalbereich Paarungsbereitschaft verspricht – und damit der Trägerin soziale Vorteile verschafft –, gibt es die Theorie, dass mit dem Unsichtbarwerden dieser Region



a Die Genitalschwellung bei Mantelpavianen – Weibchen signalisiert Paarungsbereitschaft. **b** Rote Rückansichten – Mantelpavian-Make up. (a © jeryltan/Getty Images/iStock, b © kickers/Getty Images/iStock)

infolge unseres aufrechten Gangs die menschlichen (hier fraulich vollen) Lippen diese Signalwirkung übernommen haben – was bis heute durch ihr Anmalen mit glänzenden Lippenstiften vor allem in Rottönen, neuerdings zusätzlich noch durch Aufspritzen, kräftig unterstrichen wird. Auch bei männlichen Primaten können Farben die Rangstellung ihres Trägers unterstreichen. Wenn ein Mandrill-Mann (*Mandrillus sphinx*) Alphastatus erreicht, erfährt sein Körper physiologische Veränderungen, die vom Anstieg seines Testosteronspiegels und einer leuchtend kräftigeren Verfärbung seines Gesichts und Hinterendes begleitet sind. Doch mit dem Verlust seines Status als Alphetier verblassen die Farben am buntesten Säugetier der Welt auch wieder.

6.5 Schwitzen sie tatsächlich Blut?

Wer kennt nicht die Redewendung „Blut und Wasser schwitzen“? Sie steht bei uns als Synonym für die ganz große Angst in besonders brenzlige Lagen, etwa in einer aus-

sichtslos erscheinenden Prüfungssituation. Doch während fast jedem von uns schon einmal der „Angstschweiß“ auf der Stirn stand oder, begleitet von starkem Schweißgeruch, unsere Achselhöhlen nässte, waren unsere Körperabsonderungen wohl nie von Blutbeimischungen rot gefärbt.

Ein Blick in die Bibel zeigt jedoch, dass dem Evangelisten Lukas Blutschweiß nicht unbekannt war: „Und sein Schweiß wurde wie Blutstropfen, die auf die Erde fielen“ können wir im Lukasevangelium (Lk 22, 44) nachlesen. Es wird vermutet, dass es sich beim Evangelisten um den syrisch-griechischen Arzt Lukas gehandelt hat, der im Brief von Paulus an die Kolosser Erwähnung findet (Kol 4,14), und Lukas mit dem Blutschwitzen die Menschlichkeit des Gottessohnes ausdrücken wollte. Vielleicht war dem Arzt aber auch bekannt, dass in seltenen Fällen bei stark empfundener Angst, etwa Todesangst, infolge hoher innerer und äußerer Anspannung Hautäderchen platzen können und austretendes Blut über die Poren zusammen mit dem Angstschweiß abfließt. Während der Fachbegriff für Blutschweiß „Hämhidrose“ (*hemidrosis*, *hematidrosis*) die Ausscheidung von Blut- oder Blutpigment im Schweiß beschreibt, sind bis heute die Ursachen für das Auftreten von Blutschweiß nicht eindeutig festzumachen. Es werden sowohl systemische Krankheiten, aber auch Malaria, Skorbut, Epilepsie oder besondere Anstrengungen und psychogene Störungen diskutiert, bei denen diese Blutungen infolge einer verstärkten Aktivierung des sympathischen Nervensystems auftreten könnten. Fest steht, dass sich durch krankhaft schwache Gefäßwände, aber wohl auch durch das Platzen kleiner Äderchen bei extremer Anspannung unser Schweiß durch Blutanteile tatsächlich rot färben kann. Vielleicht waren aber auch die Fluss- oder Nilpferde genannten Paarhufer das lebende Vorbild für Blutschwitzen.

Sonnenschutz statt Schweiß

Die heute noch an vielen afrikanischen Flüssen, wenn auch in schwindender Zahl, vorkommenden Flusspferde sind im Oberlauf des Flusses, den sie einst bis zu seiner Mündung besiedelten und der ihnen den Namen Nilpferd gab, längst ausgerottet. Die im Wasser lebenden Landweidegänger können eine rosafarbene ölige Flüssigkeit absondern, die leicht den Eindruck entstehen lassen könnte, sie würden Blut schwitzen. Die bis zu 3,5 cm dicke Flusspferdhaut besteht aus einer weniger als 1 mm dünnen Oberhaut mit vielen Nervenendigungen und der darunterliegenden Unterhaut, einer dicken Kollagenschicht mit miteinander verflochtenen Fasern und tief darin liegenden, netzartig verwobenen Blutgefäßen, jedoch keinen Talgdrüsen. Weil Flusspferde auch nicht schwitzen können, benötigen sie zur Kühlung ihres Körpers eine feuchte Umgebung.

Deshalb sind Hippos erst in der kühleren Nacht als Weidegänger unterwegs. Weil sie immer die gleichen Wege zu den nicht selten mehrere Kilometer vom Wasser entfernten Grasweiden nutzen, entstehen charakteristische Trampelpfade, auch „hippo-trails“ genannt. Trotz ihres behäbigen Äußeren können die Tiere auf kurzen Strecken wesentlich schneller laufen als jeder Mensch. Ein wütender Hippo kann so zur tödlichen Gefahr werden. Ihre Höchstgeschwindigkeit von bis zu 50 km/h halten die Tiere aber nur wenige Hundert Meter durch.

Die empfindliche Haut könnte bei den ausgedehnten Landgängen der Tiere leicht rissig werden, doch eine aus speziellen Hautdrüsen austretende Flüssigkeit schützt die Flusspferdhaut vor der Austrocknung. Zunächst farblos, verfärbt sich die ölige Flüssigkeit innerhalb von ein paar Minuten rötlich und später bräunlich. Sie besteht aus den sauren Pigmenten *hipposudoric acid* und *norhippo-*

sudoric acid. Sie wirken sowohl als Sonnenschutz ähnlich einer Sonnencreme, indem sie UV-Strahlen absorbieren, als auch antibiotisch gegen verschiedene Krankheitserreger. So können selbst tiefe Kampfwunden, die sich Flusspferd-Männchen mit ihren Hauern zufügen, rasch und sauber abheilen.

6.6 Baumeister Biber – Verschwinden und Rückkehr

Über 100 Jahre lang war der Biber (*Castor fiber*) bei uns weitestgehend ausgerottet. Von dem größten europäischen Nagetier existierten bis Mitte des 19. Jahrhunderts nur noch winzige Restvorkommen in Norwegen, an der unteren Rhône und an der Elbe zwischen Dessau und Magdeburg. Die letzten bayerischen Biber wurden beispielsweise 1867 an der Sur im Rupertiwinkel (Berchtesgaden) beobachtet. An ihre ehemals bei uns weite Verbreitung erinnern heute noch zahlreiche Orts- und Flurnamen, die mit „Biber“ gebildet sind. Obwohl schon frühzeitig Veränderungen im Lebensraum des Bibers, den Weichholzauen, einsetzten, ist die Hauptursache seiner Ausrottung in der übermäßigen Nachstellung zu suchen. Zum Verhängnis wurde dem Biber seine Nützlichkeit für den Menschen.

Fisch mit Fell

Dabei hatte man nicht seine Fähigkeiten als „Wasserbauingenieur“ im Blick, sondern allein seinen Körper. „Das Thier ist sehr nützlich. Alles was es an sich hat, kann benützt werden und vieles mit großem Vorthail“, schreibt Christoph Gottwald 1784 über den Biber. Die dichten Biberfelle waren als Pelzwerk hochbegehrt und zählten zu

den wichtigsten Handelsgütern. Wegen der aquatischen Lebensweise des Bibers und seines schuppenartigen Schwanzes galt sein Fleisch als fischähnlich und durfte damit auch an Fastentagen gegessen werden. Um sich diesen Fastenleckerbissen zu sichern, verfassten Klerus und Wissenschaft sogar Freibriefe: „Bezüglich des Schwanzes ist er ganz Fisch, und er ist als solcher gerichtlich erklärt durch die Medizinische Fakultät Paris, und in Verfolgung dieser Erklärung hat die Theologische Fakultät entschieden, dass das Fleisch an Fastentagen gegessen werden darf“, hielt der Jesuitenpater Pierre Francois Xavier de Charlevoix 1754 fest.

Bibergeil macht heil

Am begehrtesten war jedoch das Bibergeil (Castoreum), ein Sekret aus zwei hühnereigroßen Duftdrüsen, das im Mittelalter als Allerweltsheilmittel galt und noch bis in das 19. Jahrhundert hinein bei Nerven- und Frauenkrankheiten Anwendung fand. „Wem die Zunge erlahmet / daß er nicht reden kann / der nemme gepulvert Bibergeylen / legs darunder / es hilfft gewiß. Mit Wein getrunken / vertreibt's alle Feber / erwärmet die erkaltete Natur / ist gut bei allen Krankheiten so von Kälte kommen / aber was von hitz ist / dazu schadet Bibergeyl. Wider vergessen und schläffrigkeit / macht man niesen mit Castoreo / stärcket und bewegt das Hirn“, ist im *Kräuterbuch* von Lonicerus (1578) nachzulesen. Die 1685 von Marius und Franck in Augsburg veröffentlichte *Castorologia* enthält sogar über 200 verschiedene Rezepte. Die Wirkung des Bibergeils als Heilmittel beruhte wohl auf seinem Gehalt an Salizylsäure, einem Bestandteil der meisten heutigen Schmerzmittel, die von den Bibern beim Verzehr von Weidenrinde aufgenommen wird.

Kleiner Bruder Biber

Bei allem Nützlichkeitsdenken unserer Vorfahren wurde die eigentliche große ökonomische und ökologische Bedeutung des Bibers erst erkannt, als er bei uns schon ausgerottet war. Auch hier – wie so oft bei der Betrachtung der Natur – waren uns die nordamerikanischen Indianer weit überlegen, die im Biber den „Kleinen Bruder“ sahen. Biber können nämlich wie die Menschen ihre Umwelt grundlegend verändern. In ihren natürlichen Lebensräumen spielen sie eine nicht zu unterschätzende Rolle als Landschaftsgestalter.

Neben Erdbauten am Gewässerrand legen Biber „Burgen“ aus Zweigen und Knüppeln an und regulieren durch Dammbauten den Wasserstand ihrer Wohngewässer jeweils so, dass die Eingänge ihres Baus ganzjährig unter Wasser liegen. Die in Familienverbänden lebenden Nager ernähren sich im Sommer von einer Vielzahl von Pflanzenteilen, im Winter hauptsächlich von Rinde. Dazu sowie zum Bau ihrer Burgen und Dämme fällen sie Bäume, vorzugsweise Weichhölzer. Die abgebissenen Zweige werden als Wintervorräte ins Gewässer und in den Bau geschleppt. Der größte Teil dieser Aktivitäten ist auf den unmittelbaren Uferbereich begrenzt. Kleinere Gewässersysteme können Biber durch Dammbau und Baumfällen erheblich bereichern, indem sie Stillwasserzonen schaffen, die Wasserfläche vergrößern und den Wald lichten, wodurch sie Lebensvoraussetzungen für viele andere Arten schaffen.

In Nordamerika wurden zahllose kleine Waldflüsse so von „Baumeister Biber“ in Biberseen umgewandelt. Die veränderten hydrologischen Verhältnisse setzten wiederum Sedimentationsprozesse in Gang, die schließlich zur Entstehung fruchtbarer Böden führten, von denen die ersten amerikanischen Siedler profitieren sollten.

Landschaftsgestalter mit begrenzten Möglichkeiten

Nachdem man die große ökologische und ökonomische Bedeutung dieser Tierart erkannt hatte, wurden ab Anfang der 1930er-Jahre in den Vereinigten Staaten, Kanada und der damaligen Sowjetunion Biber wieder in ihren einstigen Verbreitungsgebieten angesiedelt.

Erfolg dieser Maßnahmen: Eine bedrohte Tierart konnte gerettet werden, die überdies noch durch ihre Lebensweise zur Regulierung hochwassergefährdeter Flusssysteme beiträgt und damit diesen Staaten erhebliche Ausgaben für Flussregulierungen erspart.

Für die Wiederansiedlungsversuche, die bei uns, nach der Schweiz und Österreich, Anfang der 1970er-Jahre erfolgreich unternommen wurden, gelten diese ökologisch-ökonomischen Argumente leider nur sehr eingeschränkt. In der mitteleuropäischen Kulturlandschaft gibt es schon lange keine ausreichend großen Naturlandschaften mehr, in denen der Biber ohne Konflikte mit menschlichen Nutzungsinteressen seine ökologische Rolle als Landschaftsgestalter erfüllen könnte. Kaum hatten die ersten ausgesetzten Tiere Fuß gefasst und sich zu vermehren begonnen, kamen schon die Beschwerden. So fühlten sich Angler in der Ausübung ihrer Tätigkeit beschränkt und forderten die Entfernung gefälltter Bäume, die sie angeblich beim Auswerfen der Leine hinderten, oder verlangten eine Entschädigung für den eigenen Arbeitseinsatz. Dabei übersahen manche Petrijünger die positive Seite der Bautätigkeiten von Baumeister Biber: Die ins Wasser ragenden Stämme bieten Fischen und ihrer Brut Deckung und Unterschlupfmöglichkeiten.

Landwirte wiederum meldeten Schäden in landwirtschaftlichen Kulturen durch Anstieg der Wasserstände, Fraß an Gehölzen, Mais und Rüben oder hatten Probleme, wenn



Biber gestalten durch Baumfällen und Aufstauen von Fließgewässern ganze Landschaften um, wenn man sie lässt. (© Bietau/Getty Images/iStock)

der landwirtschaftliche Nutzweg parallel zum Gewässer durch Uferröhren des Bibers untergraben war und Maschinen darin einbrachen. Auch den Wasserbauern funkte der Biber ins Handwerk, indem durch seine Aufstautätigkeiten einige Pegelmessungen ad absurdum geführt wurden. Zudem halten sich die Tiere nicht an die von Menschen gesetzten Grenzen von Naturschutzgebieten oder Truppenübungsplätzen, in denen ihr Tun toleriert wird. Wenn die Biberjungen, pro Wurf sind das 2–5, nach drei Jahren im Familienverband im vierten Lebensjahr geschlechtsreif werden, wandern sie entlang ihres Gewässers oder über Land ab und suchen ihre eigenen Reviere zu gründen. Die liegen bei uns inzwischen sogar in Großstadtlage. Längst gibt es auch Bibermanagementpläne, Biberberater und Biberabschüsse. Es wäre aber schlecht bestellt um unsere reiche Industrienation, wenn dem „Kleinen Bruder“ Biber erneut das Lebensrecht abgesprochen würde.

6.7 Kleine frieren eben schneller

Heizen kostet nicht nur den Menschen gegebenenfalls eine Menge Energie, sondern ist auch für die gleichwarmen Vögel und Säugetiere enorm aufwendig und somit ein kritischer Faktor. Der Energiezufuhr über die Nahrung sind jedoch vor allem während der kalten Jahreszeit Grenzen gesetzt, denn dann gibt es in unseren Breiten weder Insekten und Spinnen noch Würmer, Schnecken und andere als Beute geeignete Kleintiere. Schon nach den ersten Frosttagen sind diese entweder erfroren oder überdauern den Winter bestenfalls in Kältestarre in einem frostsicheren Bodenversteck. Auch gibt es jetzt kaum noch Blätter oder Früchte zu knabbern. Darum verlassen uns insbesondere die Insektenfresser unter den Singvögeln spätestens im Herbst und ziehen in die wärmeren Gefilde zwischen Mittelmeer und Äquator. Die bei uns bleibenden Singvögel haben meist Vorräte versteckt, wie Eichelhäher, Kleiber bzw. Tannenmeise, oder steigen einfach auf Körnerfutter und die Beeren von Efeu oder Ebereschen (Vogelbeeren!) um, soweit sie nicht von den ersatzweise und unbedingt angebotenen Futterstellen im Garten profitieren.

Für den Energiehaushalt eines gleichwarmen (homoiothermen) Tieres ist aber nicht nur die geregelte Nahrungszufuhr von Belang, sondern auch das Verhältnis von Körpervolumen zu Körperoberfläche. Diesen Sachverhalt untersuchen wir hier einmal näher.

Haushaltstypische Modelltiere

Die anhand von vereinfachten „Modelltieren“ (Kanne und Tasse) ermittelten Zahlenwerte stehen für die entsprechenden Verhältnisse, wie sie auch für Kaninchen (mit langen Ohren) und Maus (kurzohrig) anzunehmen sind. Bei ei-

ner Vergrößerung des Tierkörpers nimmt dessen Oberfläche erstaunlicherweise weniger stark zu als sein Volumen. Da ein Tierkörper seine endogen durch Respiration freigesetzte Wärme vor allem über die Oberfläche an die Umgebung abgibt bzw. – physikalisch erzwungen – abgeben muss, verringert sich bei relativ zum Volumen kleinerer Körperoberfläche konsequenterweise auch der Wärmeverlust. Damit bietet sich der Direktvergleich zwischen großen und kleinen Tieren an. In den dazu experimentell ermittelten Daten drücken sich zwei wichtige ökogeographische Regeln aus:

Die Bergmannsche Regel (Größenregel) sagt aus, dass bei endothermen (homoiothermen, gleichwarmen) Tieren wie Vögeln und Säugetieren die Individuen der gleichen Arten in den klimatisch ungünstigeren Teilbereichen ihres Gesamtverbreitungsgebietes größer sind als in den wärmeren – nachweisbar beispielsweise durch den Vergleich von Braunbär, Wildschwein oder Wolf in Nord- bzw. Südeuropa. Tiere mit etwas massigeren Körperverhältnissen repräsentieren eben eine günstigere Oberflächen-Volumen-Relation. Diese Größenregel erkannte erstmals der Göttinger Anatom und Physiologe Carl Bergmann (1814–1865) im Jahre 1847. Er prägte dabei auch die Begriffe homoiotherm (gleichwarm) und poikilotherm (wechselwarm).

Die Bergmannsche Regel gilt auch für vergleichbare Tiere aus nahen Verwandtschaftsgruppen (Kaninchen – Ordnung Hasenartige/Lagomorpha, Maus – Nagetiere/Rodentia): Die Maus steht energetisch erheblich ungünstiger da als ein Kaninchen bzw. der damit nahe verwandte Schnee- resp. Polarhase.

Die analoge Allensche Regel (Proportionsregel) formulierte der amerikanische Zoologe Joel Asaph Allen (1838–1921) um 1890 und drückte damit aus, dass die Körperanhänge (Extremitäten, Ohren, Schwanz) bei verwandten Arten in Wärmegebieten relativ länger sind als in kalten Klimazonen. Das klassische Beispiel sind die Ohrmuscheln

vom Wüstenfuchs (Fennek) im Vergleich zum Rotfuchs in unseren Breiten und Polarfuchs hoch im Norden. Hinter dieser Proportionsverschiebung verbirgt sich als biologisch-energetischer Grund wiederum die Tatsache, dass die Körperanhänge eine Vergrößerung der Körperoberfläche darstellen. In einer kühlen bis kalten Umgebung ist es somit eben enorm vorteilhaft, eine möglichst kleine Oberfläche aufzuweisen.

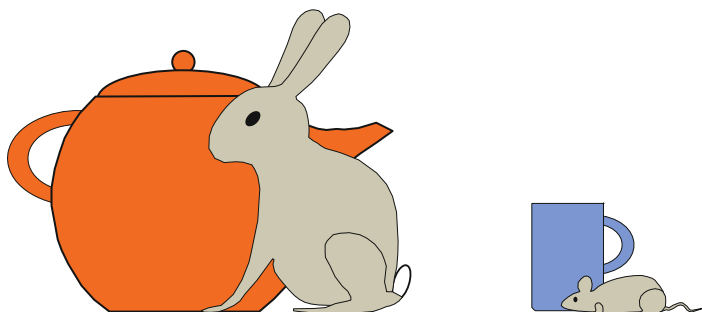
Kleine sind energetisch immer arm dran

Relativ kleinere Säugetiere, die aufgrund ihrer im Verhältnis zum Körpervolumen ungünstig großen Körperoberfläche mehr Energie brauchen als etwa große Säugetiere, setzen besondere Energiesparmethoden ein. Eine heißt Winterschlaf. Durch gezieltes und kontrolliertes Absenken der Körpertemperatur können sie lange Zeit durchhalten, ohne Nahrung aufnehmen zu müssen. Alle heimischen Fledermäuse, dazu auch Igel und Siebenschläfer, die als reine Insektenfresser bei uns im Winter nichts zu beißen haben, fressen sich im Herbst ein Fettdepot an, ziehen sich in ein Versteck zurück und überdauern den Winter bei Körpertemperaturen, die unter 10 °C liegen. Der Herzschlag verlangsamt sich auf nur noch 2–4 Schläge in der Minute, und die Atmung steht fast still – sämtliche Körperaktivitäten verlaufen auf dem allerniedrigsten Niveau und somit auf extremer Sparflamme. Im Winterschlaf verbrauchen die Tiere nur sehr wenig Energie und können somit von den angefutterten Energiereserven zehren. Erst wenn die Körpertemperatur unter einen kritischen Wert absinkt, läuten innere Alarmanlagen und wecken die Tiere auf, bevor ihr Körper einfrieren könnte. Dann suchen sich Fledermäuse einen noch frostsichereren Platz. Wenn die Winterschläfer

im Frühjahr wieder erwachen, haben sie gut ein Drittel ihres herbstlichen Körpergewichts verloren.

Feldhamster verfolgen eine andere Strategie: Sie haben im Herbst große Vorräte an Samen und anderen Pflanzenteilen in ihrem Bau angelegt und erwachen während der Winterzeit routinemäßig alle paar Tage. Dann statten sie der gut gefüllten Speisekammer einen Besuch ab, um danach wieder ein kleines Ründchen weiterzuschlafen. Auch Eichhörnchen kommen auf ähnliche Weise über den Winter, müssen allerdings zur Nahrungsaufnahme ihren in den Baumkronen gelegenen Kobel verlassen und die im Erdboden verscharrten Eicheln, Nüsse und andere Baumfrüchte freilegen. Murmeltiere fressen sich einen solch enormen Speckkranz an, dass sie sich im Herbst kaum noch bewegen können. Auch sie wachen immer wieder kurz auf. Sogar unter den Vögeln gibt es einen Winterschläfer: Eine in den Wüsten Nordamerikas heimische Winternachtschwalbe verschläft die kälteste Jahreszeit in Felsspalten oder zurückgezogen unter Sträuchern. Auch sie senkt während ihres durchweg fünfmonatigen Winterschlafs ihre Körpertemperatur von 41 auf minimale 6 °C ab, Herzschlag und Atmung sind dann kaum noch messbar.

Durchmesser (cm)	20	5
Volumen V (cm ³)	4200	65
Oberfläche F (cm ²)	1250	80
Verhältnis V:F	3,3	0,8
Verhältnis F:V	0,3	1,2



Physikalisch eine kleine Ansage: Mit der Temperaturregulation haben es die Kleinen schwerer als die Erwachsenen

6.8 Ich bin klein – vom Vorteil des Kindchenschemas

„Oh, wie süß!“, kommt es uns beim Anblick eines Kleinkindes ebenso von den Lippen wie etwa bei der Begegnung mit einem Katzenjungen, Hühnerküken, Zwergkaninchen oder nicht wenigen Jungtieren im Zoo. Diese Reaktion hat etwas mit angeborenen Auslösemechanismen zu tun, die der große Verhaltensforscher Konrad Lorenz (1903–1989) schon im Jahre 1943 beschrieb. Der vergleichende Verhaltensforscher und spätere Nobelpreisträger (1973) führte aus, dass die Verhaltensweisen der Brutpflege und die affektive Gesamteinstellung, die ein Mensch einem Menschenkind gegenüber erlebt, sehr wahrscheinlich angeborenermaßen durch eine Reihe von Merkmalen ausgelöst werden, die das Kleinkind charakterisieren: ein im Verhältnis zum Rumpf großer Kopf, ein im Verhältnis zum Gesichtsschädel stark überwiegender Hirnschädel und tief bis unter die Mitte des Gesichtsschädels liegende große Augen, kurze dicke Extremitäten, rundliche Körperformen, weich-elastische Oberflächenbeschaffenheit, runde, vorspringende „Pausbacken“. Wenn zu diesen körperlichen Merkmalen noch eine

gewisse Tollpatschigkeit des Verhaltens hinzukommt, finden wir dies so herzlich, dass unser Drang, das Objekt auf den Arm zu nehmen – zu Herzen – sehr heftig wird. Die stark überwölbte Stirn und der relativ große Hirnschädel sind dabei die wesentlichsten Merkmale für diese „Herzigkeit“. Werbung sowie Puppen- und Filmindustrie haben dieses so sicher funktionierende Schema durch Anbieten „überoptimaler“ Brutpflegeattrappen längst zum Geschäftsmodell gemacht – von Babypuppen über Trickfilmfiguren bis zu „Kindfrauen“. Letztere speisen ihre Attraktivität wohl weniger aus dem Bedürfnis, sie kindlich zu Herzen, sondern eher durch ihre (scheinbare) „Unschuld“.

Hauptsache kindlich

Beim Betrachten und dem Umgang mit Tieren springen wir nicht nur auf die Jungtiere vieler Arten an, die diesem Kindchenschema entsprechen, sondern reagieren auch positiv auf solche Arten, bei denen die erwachsenen Individuen in dieses Schema passen, wie etwa die Großen Pandas oder die Koalabären. Deshalb finden wir Haselmäuse mit ihrem rundlichen Kopf, den Knopfaugen und dem einheitlich weichen Fell, aber auch Hamster so süß, während andere Nager wie die verwandte Ratte mit spitzer Schnauze und nacktem, langen Schwanz – eher eklig wirken. Für das Herzigsein als Tier im Wohnbereich des Menschen genügt übrigens der runde Kopf des Wellensittichs, die dickpfotige Tollpatschigkeit junger Hunde oder die Rundlichkeit unserer Hauskatzen. Die Haustierindustrie hat dies mit dem Herauszüchten von Kindchenschema-Merkmalen bei Zwerghasen oder Pekinesen längst genutzt. Mit ihnen wurden geradezu Ersatzobjekte für ungestillte menschliche Brutpflegereaktionen geschaffen.

Kindliche „Narrenfreiheit“

Das etwas tollpatschige, unbekümmerte Verhalten vieler Säugetierjungen scheint auch bei in Gruppen lebenden Artgenossen zu wirken. Jungtiere dürfen sich oft viel mehr erlauben als die Größeren und ganz Großen. Neben ihren gegenüber den Erwachsenen oft rundlicheren Formen zeigen nicht wenige zudem auffällige Fellunterschiede. Doch während diese nicht selten der Tarnung dienen, soll die auffällige Andersfärbung im Babyalter bei einigen Primaten den erwachsenen wie jugendlichen Gruppenmitgliedern signalisieren: „Vorsicht, ich bin noch klein und unerfahren.“ Am auffälligsten sind die Färbungsunterschiede bei den langschwänzigen Haubenlanguren (*Trachypithecus spec.*), die mit 17 Arten auf dem südostasiatischen Festland und vielen Inseln vertreten sind. Während Erwachsene und ältere Jungtiere ein dunkelbraunes bis silbrig schwarzes Fell tragen, stecken ihre Jungen bis zu drei Monate lang in einem auffällig leuchtenden orangefarbenen Babyfell-„Anzug“.

6.9 Vom Wesen des Hamsterns und der Hamster

Einer, der aus Sicht des menschlichen Betrachters – im Falle des Landwirts auch Betroffenen – zu viel an Vorräten sammelt, ist der Hamster. Sein Tun beeindruckte die Menschen so sehr, dass sein Name zum Synonym für die über den eigenen Bedarf hinausgehende Vorratswirtschaft wurde, eben das „Hamstern“. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts fand das Wort Verwendung, wenn man sich in den Notzeiten während und nach den Kriegen durch den Tausch oft wertvoller, aber nicht lebensnotwendiger Gegenstände bei den Bauern auf dem Land die Lebensmittel beschaff-



b



a Haubenlangur-Junges. **b** Adulte Haselmaus – ihr Kindchenschema zeigt bei uns Wirkung. (a © Azizul Halmi Bin Ahmad Lazi/Getty Images/iStock, b © UroshPetrovic/Getty Images/iStock)

te. „Kartoffeln gegen Teppich oder Silberbesteck“ hieß da nicht selten die Devise. Hamsterkäufe, Hamsterfahrten mit Hamsterpreisen (überhöhten Preisen) für die Hamsterware waren zum Überleben der zu erwartenden Verknappungen einfach nötig. Auch unser Hamster, genauer Feldhamster (*Cricetus cricetus*), hamstert nicht einfach so zum Vergnügen. Vor der näheren Beschäftigung mit seinem Vorratsbunkern sei er noch kurz vorgestellt.

Innerhalb seiner 23 Arten aus der mäuseartigen Unterfamilie Cricetinae reiht sich der Feldhamster in die mit fast 2800 Arten artenreichste Säugetierordnung der Nagetiere ein. Im Vergleich zu seinen „Mithamstern“, am bekanntesten davon ist der Syrische Goldhamster (*Mesocricetus auratus*) als beliebtes Haus- und häufiges Versuchstier, ist „unser“ Hamster recht groß und bunt. Er erreicht eine Kopfrumpflänge bis 27 cm und wird bis 640 g schwer. Sein dichtes, kurzes Fell ist am Rücken gelb- bis rot-graubraun, am Bauch schwarz. An Lippen und Kehle, unterhalb der Ohren, an den Armansätzen und der Innenseite der Schenkel trägt er weiße bis gelblich weiße Flecken. Obwohl er von Haus aus sehr „griesgrämig“ ist, in die Enge getrieben uns durchaus anspringen und heftig beißen kann, finden wir ihn, wie seine gesamte Hamster-Verwandtschaft, „nett“ bis „süß“. Diese Ansicht hat er seinem kurzen, sogar nicht mäuse- oder rattenartigen Schwänzchen und seinem runden Kindergesicht mit den dunklen Kulleraugen (s. Kindchenschema) zu verdanken.

Hauptverbreitungsgebiet des Feldhamsters sind die Steppen Osteuropas. Mit der Waldrodung und Ackernutzung hat er sich bei uns verbreiten können und bevorzugt hier reich strukturierte Ackerlandschaften mit tiefgründigen Löss- und Lehmböden. Die Einzelgänger graben dort tiefe Gangsysteme mit Wohn- und Vorratsräumen. Bei Auseinandersetzungen mit Artgenossen und auch bei Gefahr imponieren Hamster durch Aufrichten, Wetzen mit den

kräftigen Nagezähnen und lautem Fauchen. Neben Samen, Wurzeln, Knollen und Gräsern verzehren die bunten Nager auch Schnecken, Regenwürmer, Insekten, Frösche, Mäuse und Jungvögel von Bodenbrütern.

Anpassungen und Vorteile

Für das Sammeln von Nahrung und Deponieren für schlechte Zeiten, eben das „Hamstern“, besitzen Hamster Taschen in Form von lockeren Hauttaschen im Gesicht (Backentaschen). Darin können jede Menge Getreidekörner verschwinden, um nach Hause getragen und in den unterirdischen Vorratskammern entleert zu werden. Zumindest der Syrische Goldhamster nutzt seine Backentaschen gelegentlich auch zum Jungentransport. Das wirkt dann schon sehr skurril, wenn das Weibchen mit streichenden Bewegungen seiner Vorderpfoten gegen die dicken Backen ein Junges aus ihrer „Einkaufstasche“ drückt. Um den Winter zu überstehen, muss ein Hamster für die Zeit seiner Winterruhe mindestens 2 kg Getreide in seine Vorratskammer einlagern. Beim Sammelfleiß der Tiere können es auch mal 30 kg Getreide und noch mehr sein, die er in seinem 20 m² großen unterirdischen Reich bunkert.

Hamster sind recht fruchtbar. Das Weibchen bringt nach knapp drei Wochen Tragzeit im Wohnkessel 4–11 zunächst noch nackte und blinde Junge zur Welt. In 3–4 Wochen entwöhnt, können sie sich ihrerseits schon mit zweieinhalb Monaten fortpflanzen. Wie die meisten Nager müssen Hamster zum Überleben reichlich Nachwuchs produzieren, denn sie haben viele Fressfeinde – von Füchsen, Katzen, Wiesel bis Uhu und Rotmilan. Trotzdem galten Hamster in Getreideanbauregionen wegen ihrer Vermehrungsfreudigkeit und Hamsterei früher als echte Konkurrenten für die Bauern. Für ihren Fang und die Tötung zahlte man

in den „Hamster-Schlaraffenländern“ den Hamsterfängern nach Abliefern der Hamsterschwänze als Belege in manchen unserer Regionen noch bis in die 1960er-Jahre hinein Prämien. Ihre hübschen Felle wurden bis in die gleiche Zeit hinein noch als Innenfutter für Pelzmäntel verarbeitet. Einst als Ernteschädling verfolgt, in manchen Gegenden auch als Pelzlieferant begehrt, ist der Hamster heute eine europaweit gefährdete Art. Nicht der Fang, sondern die intensive Landwirtschaft wurde dem Feldhamster vielerorts zum Verhängnis. Frühe Erntetermine als Folge der Umstellung von Sommer- auf Wintergetreide, der Pestizideinsatz und äußerst effiziente Erntemaschinen sorgten dafür, dass unsere Hamster immer weniger am Getreideanbau partizipieren können.

Andere Hamsterer

Hamster sind zwar die bekanntesten, aber längst nicht die einzigen Vorratssammler unter den Säugetieren. Unser Eichhörnchen (*Sciurus vulgaris*) vergräbt im Herbst seine Vorräte (wie Bucheckern, Eicheln, Hasel- und Walnüsse) gerne am Wurzelfuß von Bäumen, versteckt sie in Baumhöhlen und Rindenritzen oder klemmt sie in Astgabeln ein, um im Winter davon zu zehren. Dabei merken sich Eichhörnchen, anders als etwa Eichel- oder Tannenhäher als Vorratssammler, die Verstecke nicht, sondern verlassen sich beim Suchen im Winter ganz auf ihre feine Nase. Die in Nordamerika und im nördlichen Asien mit etlichen Arten vorkommenden Pikas oder Pfeifhasen (*Ochotonaspec.*), kleine, den Meerschweinchen ähnliche Hasentiere, legen bei fast allen Arten im Spätsommer große Heuvorräte als Wintervorrat in ihren Fels- und Erdbauten an. Bis zu 30 % ihrer aktiven Zeit geht bei den fleißigen Pfeifhasen für die Heuernte drauf. Auch Biber treiben Vorratswirtschaft, in-

dem sie abgeissene Zweige ins Wohngewässer und in ihren Bau für den Winter eintragen.

Groß im Horten von Wintervorräten ist die klettergewandte, waldbewohnende Gelbhalsmaus (*Apodemus flavicollis*). In einem Winterdepot, das Gelbhalsmäuse in einem Nistkasten anlegten, konnten einmal 123 Eicheln zusammen mit einer Rosskastanie und einer Walnuss gezählt werden. Gegenüber Erddepots haben solch hoch gelegenen Vorratsspeicher den Vorteil, dass sie nicht von Wildschweinen entdeckt und geplündert werden können. Dafür haben Gelbhalsmäuse schon manch einen Vogelschützer erschreckt, wenn sie ihm bei der Nistkastenkontrolle aus ihrem Depot entgegensprangen. Auch Rötelmäuse (*Clethrionomys glareolus*) legen Wintervorräte etwa in Form von Baumsamen unter dem Laub ab.

Es sind vor allem Nager, die der Hamsterei frönen. Wer unter Säugern den Winter verschläft (wie Murmeltiere, die gesamte Schläfersippe, unsere Fledermäuse und die Bären), legt sich ein „inneres Vorratslager“ in Form von Fettdepots an. Ein echter Anhänger von Nahrungsdepots ist auch der Vielfraß (*Gulo gulo*) als größter Marderartiger Europas. Wenn sich ihm die Gelegenheit bietet, erlegt der Ausdauerjäger mehrere Tiere. Dabei ist er aber kein „Vielfraß“, sondern er deponiert die Kadaver zur Sicherung vor anderen Aasfressern wie Füchsen, Adlern und Kolkraben in Wasserlöchern, in denen die Beute zugleich konserviert wird und so als Vorratslager für weniger ertragreiche Tage für ihn und vor allem für entwöhnte, aber noch unerfahrene junge Vielfräse dient.



Dem leider gar nicht mehr so kommunen Feldhamster haben wir das – zeitweilig sicher sinnvolle – Hamstern abgeschaut

6.10 Kleider der Saison: Ein Fellwechsel ist mehr als nur Wärmeschutz

Unsere Kleidermode wird neben ihrem Gebrauchswert – für Herbst und Winter etwas Warmes, für Frühling und Sommer leicht und luftig – in ihrer Optik vor allem durch die alljährlich relativ willkürlich wechselnden Modetrends

geprägt. Dagegen sind die saisonalen Kleiderwechsel der Tiere, ob Vogelgefieder oder Fellwechsel bei Säugetieren, immer funktional und von klarem Überlebensvorteil. Während eine Reihe von Säugetieren beim Fellwechsel nur das dünnere und leichtere Sommerfell gegen ein dickeres Winterfell austauscht, wechseln einige Raubtiere des hohen Nordens mit den Jahreszeiten zusätzlich auch ihre Fellfarbe. Dieser genetisch verankerte Haarwechsel entstand wohl durch Auslesevorteile. Helle bis ganz weiße Beutegreifer können mit der winterlichen Umgebung besser „verschmelzen“ und werden so von ihren Beutetieren weniger gut wahrgenommen. Wer so besser getarnt ist, kann den ohnehin harten Winter eher überleben und zur Fortpflanzung kommen.

Eines der bekanntesten Beispiele für einen (fast) kompletten Fellfarbenwechsel ist das auch bei uns heimische Hermelin (*Mustela erminea*). Das zu den Mardern zählende Kleinraubtier wechselt im Herbst sein braunes Sommerfell zu einem weißen Winterfell. Lediglich die Schwanzspitze bleibt beim Hermelin immer schwarz. In früheren Jahrhunderten wurden die weißen Winterfelle der Hermeline zu Mänteln für Könige und Fürsten verarbeitet. Die schwarzen Schwanzenden nähte man als besondere Zier auf. Hermelinmäntel oder -kragen sind nicht nur besonders weich und schön, sondern durchaus auch exklusiv, denn nicht alle Hermeline färben sich in ihren Verbreitungsgebieten winterlich um.

Eine Frage der Kälte

Im Westen, Südwesten und Südosten ihres europäischen Areals unterbleibt bei einem Großteil der Tiere die Umfärbung völlig. Im wintermilden Irland werden nur selten weiße Hermeline beobachtet. Von Nordost- nach Südwest-

schottland nimmt der Anteil winterweißer Tiere von 80 auf 30 % ab. Schottische Forscher haben festgestellt, dass das Zahlenverhältnis von winterweißen Hermelinen von der Zahl der Schneefalltage, der Dauer der Schneebedeckung sowie den monatlichen Minimaltemperaturen und damit auch von der Höhenlage abhängig ist. Offensichtlich unterbindet das Melatonin während des Herbsthaaarwechsels infolge von Kältewirkung über das Zentralnervensystem die Synthese des für die Fellpigmentbildung notwendigen Melanozyten-stimulierenden Hormons (MSH). Solcherart „kältebehandelte“ Tiere werden dann weiß. Durch die zunehmende Tageslänge im Frühjahr wird die zentralnervöse Hemmwirkung auf die MSH-Bildung wieder aufgehoben. Damit kann die Braunfärbung wieder stattfinden, wobei der Frühjahrshaarwechsel durch niedrige Temperaturen verzögert werden kann.

In Gebieten mit winterbraunen Tieren hat sich gezeigt, dass dort winterweiße Hermelinweibchen häufiger vorkommen als ihre weißen Geschlechtsgenossen. Diese Ungleichverteilung kann als Anpassungsvorteil gesehen werden. Schließlich ist das Überleben einer höheren Rate von Weibchen für die Populationsentwicklung bedeutsam. Dass die Bereitschaft zur Umfärbung genetisch festgelegt ist, zeigt sich darin, dass sich Wurfgeschwister, die unter identischen Umweltbedingungen aufwachsen, unterschiedlich umfärben können. Der Haarkleiderwechsel dauert übrigens 2–4 Wochen. So können, wie in Schleswig-Holstein nachgewiesen, im April noch bis auf die Schwanzspitze reinweiße Tiere vorkommen, während schon im März im gleichen Gebiet die ersten vollständig braun umgefärbten Tiere beobachtet werden.

Ganz in Weiß – nicht immer und nicht überall

Beim Mauswiesel (*Mustela nivalis*), dem kleinsten Raubtier der Welt und nahen Verwandten des Hermelins, tragen nur die Tiere der nördlichen Breiten und Hochgebirge ein weißes Winterkleid – übrigens ohne eine schwarze Schwanzspitze, denn ihre Schwänzchen sind durchgängig einfarbig gefärbt. Der Name des Mauswiesels ist Programm. Die kleinen, schlanken Tierchen können den Mäusen als ihren Hauptbeutetieren problemlos in deren Gänge und Baue folgen. Allerdings haben die rastlosen, immer schlank bleibenden Kleinstraubtiere bei ihrem Grundumsatz einen hohen Nahrungsbedarf. Pro Tag müssen sie etwa 30 % ihres Körpergewichts an Nahrung zu sich nehmen, was etwa 1–2 Feldmäusen entspricht. Somit sind Mauswiesel stark vom Vorkommen ihrer Hauptbeute abhängig.

Schon mit 150 Tagen (Männchen) bzw. 115 Tagen (Weibchen) sind die auch Kleine Wiesel genannten Tiere geschlechtsreif. In Jahren mit Wühlmaus-Massenvermehrungen sind bei einer Tragzeit von 34–37 Tagen zwei oder drei Würfe mit 2–7, sogar bis zu 10 Jungen möglich. In seinem großen Verbreitungsgebiet in Europa, Afrika, Asien und Nordamerika werden vom Mauswiesel bis zu 17 Unterarten unterschieden, davon zwei in Europa lebende. Davon ist *Mustela nivalis vulgaris* von Südschweden über ganz Europa verbreitet, ebenso auf vielen Inseln des Mittelmeers und in Nordwestafrika. In Zentral- und Südeuropa tragen Tiere dieser Unterart, mit Ausnahme der Vorkommen auf den Britischen Inseln, in der Regel kein weißes Winterfell. Die kleinste Unterart *Mustela nivalis nivalis*, das „Zwergwiesel“, lebt primär in den winterkalten nördlichen Nadelwäldern und der Tundra Skandinaviens und Sibiriens, kommt aber auch neben *M. n. vulgaris* in den Alpen vor. Mit seiner Tendenz zu höheren Gebirgslagen stellt das



Hermelin im Winter – weiß bis auf die Schwanzspitze. (© Vershinin-M/Getty Images/iStock)

Zwergwiesel in den Alpen wohl ein Relikt der letzten Eiszeit dar. Es unterscheidet sich vom „gemeinen“ Wiesel im Sommerfell durch eine gerade Trennlinie zwischen seiner braunen Ober- und weißen Unterseite sowie dem Fehlen eines braunen Flecks hinter dem Mundwinkel. Im Winter wird *nivalis* immer völlig weiß.

6.11 Die Milchbar macht schlauer

Es waren zunächst unauffällige säugerähnliche Reptilien, aus denen sich vor 225–195 Mio. Jahren im Schatten der alles beherrschenden Dinosaurier die ersten echten Säugetiere entwickelten. Auf den ersten Blick scheint die Entwicklung von Haaren und Hautdrüsen, darunter Milch-, Talg- und Schweißdrüsen, nicht sonderlich spektakulär. Doch gerade diese „Erfindungen“ sollten in ihrer Tragweite bis heute all das bestimmen, was ein Säugetier- und damit auch ein

Menschenleben an Vorteilen gegenüber anderen Lebensformen bietet. Sie führten nämlich dazu, dass die Säuger ihre Körpertemperatur auf einem konstanten Niveau halten können, und zwar unabhängig von der Umgebungstemperatur, womit erst eine Besiedlung extremer Lebensräume möglich wurde. Die „Erfindung“ der Milchdrüsen ermöglichte eine exklusive Ernährung mit Muttermilch in der ersten Lebenszeit der Jungen. Durch diese Ernährungsweise besteht zwar eine essenzielle Abhängigkeit des Nachwuchses von der Mutter als „Milchbar“, jedoch nutzen die Kleinen diese Zeit gewöhnlich zum Lernen. Dabei können sie Verhaltensweisen und Fähigkeiten entwickeln, die nicht angeboren sind und die es ihnen erlauben, sich flexibler auf verändernde Umweltbedingungen einzustellen. Somit macht's nicht die Milch, wie der bekannte Werbeslogan den Milchkonsum befeuern will, sondern die „Milchbar“



Japanmakaken-Weibchen säugt Junges. Während seiner absoluten Abhängigkeit von der „Milchbar“, lernt das Jungtier gleichzeitig viel von der Mutter. (© bennymarty/Getty Images/iStock)

der Säugetiermütter, die ihre kleinen „Besucher“ nicht nur satt und sicher, sondern vor allem auch schlau macht.

6.12 Macht macht dumm – lernfaule Alphatiere

„Was Hänschen nicht lernt, lernt Hans nimmermehr!“ Dieser Spruch kommt einigen unter uns sicher bekannt vor. Wenn wir einmal (?) keine Lust auf Hausaufgaben hatten, sondern nach der Schule gleich raus zum Spielen wollten, mussten wir ihn uns von einem Eltern- oder Großelternteil anhören. Gemeint war, dass Lernen der Jugend leichter- und Älteren sehr viel schwerer fällt. Positiver könnte man aber auch darunter verstehen, dass Hans nicht mehr das zu lernen braucht, was Hänschen schon weiß. Zumindest in unserer schnelllebigen, globalisierten Zeit trifft der Spruch kaum noch zu. Den Umgang etwa mit Computern und Smartphones konnten vor deren Erfindung die Hänschen gar nicht lernen. Als Hänse müssen sie ihn sich, sofern sie es wollen, nachträglich oft mühsam beibringen – um festzustellen, dass die damit aufwachsenden Kinder und Jugendlichen sich viel leichter damit tun. Wobei wir doch wieder beim Anfang wären. Es gibt sie halt, die sensiblen Phasen, in denen der Nachwuchs vieles lernen muss und kann, weil es ihm in diesen Lebensabschnitten leichter zufällt.

Dieses Stück Neurobiologie gilt im Tierreich überall, wo bestimmte Fähigkeiten nicht ausschließlich angeboren sind, sondern spielerisch, durch Nachahmen und oder Ausprobieren erst erworben oder zumindest verbessert werden müssen. So tun sich beispielsweise erstgebärende Elefantenkühe wesentlich leichter mit dem Umgang ihres Kälbchens, wenn sie in einer Mutterherde aufwachsen und an der Jun-

genauzucht ihrer Mutter und Tanten teilhaben können. Wie sieht es aber bei uns, den Primaten, aus? Schöne Beispiele für primatenhaftes Lernverhalten kennen wir von den Japanmakaken.

Lernen in rauer Umgebung

Japanmakaken (*Macaca fuscata*), auch Schneeeaffen oder Rotgesichtsmakaken genannt, gehören zur Familie der Meerkatzenverwandten (Cercopithecidae). Schnee ist den meist unter 60 cm großen Makaken mit ihren roten Gesichtern gut bekannt. In den kalten, schneereichen Wintern Japans legen sich die stummelschwänzigen Japanmakaken ein besonders dichtes Winterfell zu. Bis auf die nördlichste Hauptinsel Hokkaido auf allen anderen drei japanischen Hauptinseln sowie etlichen vorgelagerten Inseln vorkommend, sind sie – mit Ausnahme des Menschen – die Primaten mit dem nördlichsten Verbreitungsgebiet. Die Bilder und Dokumentarfilme der auf der Insel Honshu in den heißen Thermalquellen badenden Japanmakaken gingen bisher rund um die Welt. Es wird vermutet, dass sie sich dieses gesundheitserhaltende und -fördernde Wellnessprogramm vor gar nicht langer Zeit von japanischen Mönchen abschauten, die sie – neugierig, wie sie einmal sind – beim Baden beobachteten. Und Neugier ist ein wichtiger Antrieb, Neues zu erfahren und danach vielleicht zu erproben.

Verfeinerung von Speisen

Dass neue Verhaltensweisen erlernt, verbessert und von den Gruppenmitgliedern weitergegeben schließlich zur Tradition werden, erfuhren japanische Primatenforscher in den 1940er-Jahren. Ein Beispiel hierfür ist das berühmt gewordene „Sweet Potato Washing“ der Japanmakaken. Um einen

freien Blick auf ihre Beobachtungsobjekte zu haben, lockten die japanischen Forscher die Affen mit ausgestreuten Süßkartoffeln an den Strand auf der Insel Kōjima. Als erstes fing ein Weibchen aus dieser Gruppe an, die Kartoffeln im Wasser zu waschen. Nach einigen Jahren hatten fast alle Gruppenmitglieder diese Verhaltensweise von der Entdeckerin übernommen. Aus dem reinen Waschvorgang wurde schließlich ein gezieltes „Salzen“ im Meerwasser. Als man den Affen Weizenkörner in den Sand streute, waren diese durch den daran klebenden Sand für die Tiere eine nicht gerade angenehme Mahlzeit. Also trugen sie händeweise das Weizen-Sand-Gemisch zum Wasser. Darin sank der Sand nach unten, und die schwimmenden Weizenkörner konnten ohne Sandbeigemisch knirschfrei verzehrt werden.

Warum nicht die Alphetiere?

Es waren die Weibchen mit ihrem Nachwuchs, die als Erste Neues lernten und erprobten, bevor es zum Allgemeingut der Gruppe – und darüber hinaus auch der anderen Gruppen – werden sollte. Dass es bei den Japanmakaken so ist wie bei vielen, wenn nicht allen anderen Primatenarten auch, hängt mit der Rollenverteilung in den Primatengesellschaften zusammen. So bleiben bei den in Gruppen lebenden Primaten die weiblichen Tiere meist in ihrer Muttergruppe, die matrilinear strukturiert ist und eine Rangordnung aufweist. Die Männchen müssen dagegen mit Eintreten der Geschlechtsreife ihre Geburtsgruppe verlassen. Sie schließen sich zunächst Junggesellengruppen an, leben einzelgängerisch und gehören so im Laufe ihres Lebens mehreren Gruppen an. Wenn sie sich gemischtgeschlechtlichen Gruppen anschließen, streben sie den Rang des Alphamännchens an. Diesen Status können sie allerdings nur erreichen, wenn das vorherige Leittier stirbt, seine Gruppe verlässt, seinen

Rang verliert oder durch ein stärkeres Männchen verdrängt wird, das von außen in die Gruppe eindringt.

Der Machtverlust von Alphetieren ist mit zunehmendem Alter- und Schwächerwerden vorgegeben. Er kann verzögert werden, wenn dominante Weibchen ein älteres, schwächeres Alphamännchen unterstützen. Die viel stabileren Beziehungen der Weibchen untereinander, die engen Mutter-Kind-Beziehungen durch die Abhängigkeit der Kleinen von der Nahrungsquelle (Muttermilch), die sensiblen Lernphasen in der kindlichen Entwicklung sind zusammen förderlich für das Erlernen und Weitergeben von Fertigkeiten und Neuem. Das trifft für die permanente Demonstration von Stärke, ohne die ein Alphamännchen nicht seinen Rang behalten kann, nicht. Wer bis in den höchsten Rang aufgestiegen ist, kann nicht mehr viel Neues ausprobieren. Es braucht Nachrücker, die das Neue mitbringen.

6.13 Nordische Raubtiere mit und ohne Fellumfärbung

Das nicht nur größte, sondern auch bekannteste Raubtier der arktischen Region, zugleich das größte Landraubtier der Erde, ist der Eisbär (*Ursus maritimus*). Sein Entwicklungsweg hat sich erst vor 150.000 Jahren von dem des Braunbären getrennt. Sein weißes bis leicht gelbliches dichtes Fell mit darunterliegender Fettschicht ist eine Anpassung an seine kalte, eisige Welt. Es bietet einen wirkungsvollen Kälteschutz und macht ihn zugleich für seine Beute in der weißen Umgebung aus der Entfernung nur schwer sichtbar. Die Polarwölfe (*Canis lupus arctos*), auch Weiße Wölfe genannt, eine Unterart des sehr weit verbreiteten Wolfes (*Canis lupus*), tragen nur in Gebieten, wo fast ständig Schnee liegt, ein weißes bis cremeweiß gefärbtes Fell. In ihrem südlicheren Verbreitungsgebiet ist das Fell der Polarwölfe dagegen

eher grau. Die Eisfuchse (*Vulpes lagopus*) schließlich kommen in zwei Farbschlägen vor. Während die sogenannten Weißfüchse im Winter reinweiß, im Sommer graubraun gefärbt sind, tragen Blaufüchse im Winter ein hellbraunes, graues oder anthrazitfarbenes Fell mit bläulicher Tönung, während sie im Sommer einfarbig grau bis braun sind.

6.14 Tarnung ist alles

In der Jägersprache nennt man sie auch „Schwarzkittel“. Damit sind unsere Wildschweine (*Sus scrofa*) in ihrem schwarz- bis graubraunen Fell mit den langen Grannen und der dichten Unterwolle recht gut beschrieben. Doch während die Großen mit ihrem Allesfressergebiss, die Keiler (männliche Wildschweine) dazu noch mit ihren verlängerten unteren Eckzähnen (Hauern) äußerst wehrhaft daherkommen, sind die quirligen Kleinen, Frischlinge genannt, zunächst noch wehr- und hilflos. Junge führende Bachen (Weibchen) verteidigen ihren Nachwuchs deshalb unerschrocken wie Löwinnen. So kann für uns ein heimischer Waldspaziergang beim versehentlichen Aufstöbern einer Bache mit Frischlingen durchaus zur echten Gefahr werden. Die Wachsamkeit der Wildschweinbachen kommt nicht von ungefähr. In ihrem großen Verbreitungsgebiet kommen als Fressfeinde der Wildschweine Wölfe, Bären, Leoparden und Tiger, bei den Frischlingen auch Luchse infrage. Doch wohl weit besser als die Verteidigung der 4–8, manchmal auch bis zu 13 Kleinen durch ihre Mutter hilft den Frischlingen die richtige (Ver-)Kleidung: Im Halbdunkel der Wälder mit dem Licht- und Schattenspiel der bodennahen Vegetation löst die Streifenzeichnung der Frischlinge ihre Silhouette optisch auf. So wird der Frischlings-Streifenlook zum perfekten Tarnanzug.

Andere Tierkinder im gestreiften Tarnanzug

Wildschwein-Frischlinge sind nicht die einzigen Tierkinder im gestreiften Tarnanzug. Auch die Jungen der drei in Südamerika beheimateten Tapir-Arten – Flachlandtapir (*Tapirus terrestris*), Mittelamerika-Tapir (*T. bairdii*) und Bergtapir (*T. pinchaque*) – tragen zum Tarnen vor ihrem Fressfeind, hier dem Jaguar, Streifen und Flecken. Der in den Primärregenwäldern Südostasiens als Einziger seiner Art vorkommende Schabrackentapir (*Tapirus indicus*) erscheint uns „freigestellt“, etwa in seinem Gehege im Zoo, äußerst auffällig. Dabei ist er in seinem schwarz-weißen Fell mit dem über Rücken, Flanken und Bauch reichenden weißen „Sattel“ ein ausgesprochener Tarnkünstler, denn nachts sind seine Umrisse durch den Hell-Dunkel-Kontrast des Sattels zum dunklen Vorder- und Hinterteil kaum mehr zu erkennen.

Die andere Funktion von Streifen

Das Okapi (*Okapia johnstoni*), die erst 1901 entdeckte Waldgiraffe, gehört zu den geheimnisvollsten Tieren Afrikas. Kurzhalsiger als ihre Steppenverwandten, tragen Okapis ein samtiges, dunkles kastanienbraunes bis fast schwarzes Fell. Auffällig, vor allem auf der Rückseite, sind die schwarz-weißen Querstreifen an den Gesäßbacken, Oberarmen und Keulen der scheuen, als Einzelgänger im dichten Regenwald des Kongobeckens lebenden Tiere. Das nach 14–15 Monaten Tragzeit geborene Okapi-Kälbchen, ähnelt in Fellfarbe und -zeichnung schon sehr den Erwachsenen. Ein kleiner Kopf auf dickem Hals, lange, dicke Beine sowie eine auffällige Mähne sind die Merkmale des Kälbchens, das sich in den ersten Wochen im Dickicht versteckt, während die Mutter mit ihrer riesig langen Zunge Blätter-

nahrung angelt. Ihren Kontakt halten Mutter und Kind dabei durch Rufe aufrecht. Wenn die Mutter weiterziehen will, dienen die zebraähnlichen Streifen an Mutters Hinterteil wohl als Erkennungsmerkmale sowie als Aufforderung zu folgen.

Zebrastreifen – ein Design von besonderer Bedeutung

Im Tierreich gibt es zahlreiche Streifenträger, deren auffällig-gefälliges Fellmuster sogar in ihrem Namen auftaucht – etwa Streifenhörnchen (Gattung *Tamias* mit mehreren Arten), Streifenhyäne (*Hyaena hyaena*), Breitstreifenmungo (*Galidictis fasciata*), Streifenskunk (*Mephitis mephitis*) oder Zebamanguste (*Mungos mungo*). Letztere hat ihren Namen von den Zebras übernommen, den sicher berühmtesten und bekanntesten Streifenträgern. Sogar die auffällig markierten Fußgängerüberwege an Straßen tragen den Namen ihrer afrikanischen Vorbilder, die zoologisch zur Familie der Pferdeartigen zählen. Und eben diese Verwandtschaftszugehörigkeit liefert wohl den wichtigsten Grund, warum Zebras Streifen tragen. Doch dazu später mehr.

Während der Sinn der Zebrastreifen auf Straßen als Sicherheitsfaktor für Fußgänger im Straßenverkehr außer Frage steht, beschäftigte die Frage nach dem Nutzen der schwarz-weißen Muster auf dem Zebrafell Wissenschaftler und Naturfreunde schon seit Jahrhunderten. Die Theorie, dass Zebrastreifen der Tarnung vor Raubtieren dienen und angreifende Löwen verwirren sollen, hält letztlich nicht stand. Schließlich sind Zebras nach den Gnus die zweithäufigste Löwenbeute und werden weit stärker bejagt als die schwächer kontrastierten Antilopen. Dagegen zeigen Untersuchungen zum Sehvermögen und zur Gehirnphysiologie der Zebras eine visuelle Stimulierung der Tiere durch

die Streifen. Die Zebrastreifen können beispielsweise das Putzverhalten auslösen und so den Gruppenzusammenhalt in der Herde fördern. Zebras erkennen am Streifenmuster die Artzugehörigkeit. Anhand kleiner Unterschiede im Fellmuster erkennen sich die Tiere in geringer Entfernung sogar individuell.

Neben der Zebrabestreifung als Erkennungsmerkmal, belegt durch Verhaltensexperimente, wurde in jüngerer Zeit noch eine weitere, höchst interessante Zebrastreifentheorie diskutiert und experimentell untersucht. Sie geht der Frage nach, ob die Muster thermoregulatorische Bedeutung haben. Weil an der Grenze zwischen warmen und kalten Bereichen durch Verwirbelungen in der aufsteigenden Luft die kalte Luft über die warmen Bereiche wandert und dort mehr Wärme aufnehmen kann, wären enge Zebrastreifen, so die Theorie, geradezu ideale Strukturen für solcherart Effekte. Dass das tatsächlich so ist, zeigen thermographische Aufnahmen an Zootieren, wonach das Zebrafell zwischen schwarzen und weißen Streifen Temperaturunterschiede von gut 20 °C aufweisen kann. Verblüffend für die Wärmeforscher war, dass auch nachts Temperaturunterschiede zwischen den Streifen festzustellen waren. Fettpolster unter den schwarzen Streifen verhindern als gute Wärmeisolatoren offensichtlich das Vordringen von Wärme in den Zebrakörper wie auch das Austreten von Körperwärme auf die Oberfläche der schwarzen Streifen. Ob dies alles tatsächlich der Thermoregulation dient, bedarf noch weiterer Untersuchungen.

Selbst wenn die Streifen der Abkühlung dienen sollten, die individuelle Erkennung ermöglichen und als Gefühlsverstärker in der Gruppe wirken, liegt ihr Hauptsinn wohl doch in ihrer Tarnwirkung – allerdings nicht vor den Löwen, sondern vor den kleinen blutsaugenden Insekten.

Vorrangig Insektenschutz

Dass das Muster aus schwarzen und weißen Streifen im Fell den Zebras als Insektenschutz dient, wurde zwar schon länger vermutet, jedoch erst durch Experimente jüngerer Datums bestätigt. Bereits 1979 stellte der Wissenschaftler Jeffrey Waage die Theorie auf, dass die Streifen der Zebras es auch für Insekten schwierig machen, den Körper der Tiere zu erkennen.

2012 wollten Wissenschaftler von der Universität Lund nochmals genauer wissen, was Zebrastreifen als Schutz vor blutsaugenden Insekten tatsächlich bringen. Dazu reiste ein Team um Susanne Akesson von Schweden in das „Pferdland“ Ungarn, um dort auf verschiedenen Pferdefarmen die Untersuchungen durchzuführen. Die Forscher stellten auf den Pferdeweiden pferdeähnliche, unterschiedlich einfarbige oder gestreifte Plastikmodelle auf, bei denen sich die zahlreich anfliegenden Bremsen gleich in Fallen in Form von umgebenden Plastikwannen mit Salatöl fingen. Die gestreiften Zebamodelle wurden zusätzlich noch mit einem Klebstoff bestrichen, damit den Forschern keine landende Bremse verloren gehen sollte. Eindeutiges Ergebnis: Die wenigsten Insekten flogen die gestreiften „Kunstpferde“ an und je enger deren Streifen, desto weniger dieser Plagegeister blieben dort an dem Klebstoff hängen. Die wenigsten Blutsauger flogen zudem das Plastikmodell an, dessen Musterrung einem echten Zebrafell am ähnlichsten kam. Daraus folgerten die Wissenschaftler, dass Zebras ihre Streifenmuster entwickelten, um für stechende Insekten möglichst unattraktiv zu sein.

Denn wo die afrikanische Tsetsefliege vorkommt, ist das für die von ihr Gestochenen nicht nur unangenehm, sondern sogar lebensgefährlich. Tsetsefliegen übertragen beim Stechen die Erreger verschiedener Krankheiten, von denen die schlimmsten für den Menschen die Malaria und die

Schlafkrankheit sind. Beide Erreger werden von feucht-warmer Witterung begünstigt und haben unter den Tieren Wirte, die ihr Überleben garantieren, weil sie, wie viele Vögel, nicht an Vogelmalaria erkranken oder, wie die afrikanischen Großtiere, immun gegen die Erreger der Schlafkrankheit sind. Bei den von den Europäern eingeführten Haustieren Rindern und Pferden lösen die Erreger eine der Schlafkrankheit ähnliche Erkrankung aus, die Nagana-Seuche genannt wird und die betroffenen Tiere so sehr schwächt, dass sie schließlich daran zugrunde gehen. Der berühmte Bernhard Grzimek (1909–1987), dem die Gründung vieler Nationalparks in Ostafrika, allen voran der Serengeti, zu verdanken ist, nannte die Tsetsefliege (Gattung *Glossina*) deshalb einmal sehr treffend „den besten Naturschützer Afrikas“. Wohl ihr ist es zu verdanken, dass die afrikanische Großtierwelt nicht schon längst durch unsere Haustiere ersetzt werden konnte.

Streifen als Überlebensgarantie

Denn in den Gebieten mit Tsetse-Vorkommen können nur Pferdearten neben der Tsetse auf Dauer existieren, die in der Lage sind, sich gegen ihre Stiche zu schützen. Und das sind alle Zebraarten im Streifenmuster – vom eng gestreiften Grevyzebra (*Equus grevyi*) am Nordostrand der Tsetse-Verbreitung über das breit gestreifte Steppenzebra (*Equus quagga*) in ihrem großen Vorkommensbereich bis zum südwestafrikanischen Bergzebra (*Equus zebra*), das noch mit der Tsetse in Berührung kommt. Die anderen Pferde(artigen) Afrikas, der Nubische und der Somali-Wildesel, kommen oder kamen außerhalb der Tsetse-Zone in Nordafrika vor. Während der streifenlose Nubische Wildesel (*Equus africanus africanus*) durch menschliche Verfolgung wahrscheinlich völlig ausgerottet ist, zeigt uns der Somali-

Wildesel (*E. a. somaliensis*) mit seinen auf die Beinpartie beschränkten Streifen, dass der Evolutionsdruck durch die Tsetse die Ausbreitung von Streifen über den ganzen Körper wohl förderte: Pferde, die mit mehr Streifen zur Welt kamen, konnten im Verbreitungsgebiet der Tsetsefliegen Fuß fassen, weil sie deren Attacken eher überleben als ihre weniger gestreiften Artgenossen. Und so konnten diese Merkmale als Auslesekriterium erfolgreich an folgende Generationen weitervererbt werden.

Das Quagga (*Equus quagga quagga*), eine Unterart des Steppenzebras, führt uns vor Augen, dass eine Verschönerung vor den Tsetsefliegen auch zu einer weitgehenden Rückbildung der Streifen führen kann. Es ist nur an Kopf, Hals und der vorderen Rückenpartie gestreift. Vor den Tsetses brauchte sich das Quagga, weil es außerhalb ihres Verbreitungsgebietes vorkam, nicht zu schützen. Der Verdrängung und Verfolgung durch den Menschen war das Quagga dagegen schutzlos ausgesetzt. Als Konkurrenten für die von weißen Siedlern im Süden Afrikas erfolgreich eingeführten Rinder (die Tsetse fehlt hier!), aber auch zur Ledergewinnung und aus sportlichen Gründen wurden Quaggas bis gegen Ende des 19. Jahrhunderts völlig ausgerottet. Heute versucht man in einem Quagga-Projekt durch Zuchtauswahl bei Steppenzebras den streifenarmen Quaggatyp zumindest als Abbild des echten Quaggas mit zunehmendem Erfolg herauszuzüchten. Ein echtes Quagga lässt sich so aber dennoch nicht wieder erschaffen. Die Ausrottung von Arten oder deren Unterarten bleibt bis heute, und wohl bis auf Weiteres, ein nicht umkehrbarer Vorgang. Der Streifenlook der Zebras wiederum ist neben all seiner Funktionalität für uns als menschliche Betrachter auch einfach nur ästhetisch schön.



a Wildschweinfrischlinge als „Tarnlinge“ im Streifenmuster. **b** Okapi-Streifen – nicht nur Tarnung, auch optische Erkennungsmerkmale für Okapi-Junge, **c** beim Schabrackentapir wirkt das Streifenmuster des Jungen im Dschungel ebenso gut wie das Schwarzweiß des Alttieres. (a © UroshPetrovic/Getty Images/iStock, b © wrangel/Getty Images/iStock. c © MaZiKab/stock.adobe.com)

Der (fast) unsichtbare Tiger

Der geniale amerikanische Naturfotograf Art Wolfe hat in seinen überaus eindrucksvollen Bildbänden wunderbare

Beispiele dafür geliefert, dass man die größte Raubkatze in ihrem Lebensraum kaum entdecken kann: Ein ruhender Tiger verschwindet mit seinem betonten Streifendekor im ohnehin unübersichtlichen Stängelwirrwarr des Dschungels total. Selbst im Gesicht trägt er eine Folge schmaler Streifen, die ihn auch in der Frontalansicht mit seinem Umfeld optisch geradezu perfekt verschmelzen lassen – ein höchst überzeugendes Beispiel der sogenannten Somatolyse, die man in das große Feld der Mimik einordnen kann. Am Waldboden ruhende Tiger haben als Großkatzen (außer dem Menschen) zwar keine Feinde zu gewärtigen, aber die praktische Unauffälligkeit garantiert ihnen auch einen wirksamen Sichtschutz gegenüber ihrer potenziellen Beute.

Indische Elefanten bemerken die bestens getarnten Tiger aber auf noch nicht ganz geklärte Weise trotzdem: In Südostasien werden für Touristen vielfach Elefantenausritte in den Dschungel angeboten – auch im Verbreitungsgebiet von Tigern. Die einheimischen Elefantenführer achten immer sehr genau auf die Augen ihrer Tiere: Sollten diese irgendwie etwas Beunruhigendes wahrgenommen haben, setzt eigenartigerweise eine verstärkte Tränenproduktion ein.

6.15 Die Gnade der hohen Geburt

Wer aus „hohem Hause“ kommt, hat sozusagen auch „von Haus aus“ Vorteile im Leben. Das gilt für die Nachkommen von Reichen oder Einflussreichen – Adel oder bürgerlich – wohl in allen menschlichen Gesellschaften. Dass den Kindern mancher Promis der Status ihrer Eltern auch zur Last werden kann, ist eher die Ausnahme von der Regel. Doch nicht nur für Menschenkinder gibt es die „Gnade der hohen Geburt“. Auch Tierkinder ranghoher Eltern, hier meist Weibchen mit einem hohen sozialen Status, sind im Grup-

penleben bevorteilt. So scheinen in Gruppen lebende Affen den sozialen Status jedes Gruppenmitglieds zu kennen. Ein Weibchen mit mittlerem Status beispielsweise unterteilt die Mitglieder seiner Gruppe nicht nur in über bzw. unter ihm stehende Tiere, sondern kennt die gesamte Rangordnung. Unsere nächsten Verwandten sehen in ihrer Gemeinschaft nicht nur eine zufällige Ansammlung von Artgenossen, sondern erkennen die Gruppe als Netzwerk sozialer Beziehungen mit einer hierarchischen Struktur verwandter Tiere, die allein über die mütterliche Linie verbunden sind.

Auch bei vielen anderen Tierarten bilden enge Familienmitglieder durchaus Allianzen. Dagegen scheinen nur Primaten ihre Verbündete nach strategischen Gesichtspunkten auszuwählen. Sie suchen sich in der Regel Partner, die im Rang über ihnen selbst sowie über ihren Rivalen stehen. Ein solcherart komplexes Beziehungsgeflecht im Kopf zu haben, setzt eine beachtliche geistige Leistung voraus. Da die Bindung zwischen Affenmüttern und ihren Töchtern sehr lange, oft ein Leben lang, währt, haben die Töchter ranghoher Weibchen automatisch alle Vorteile einer „hohen Geburt“. Sie bekleiden in hierarchischen Gruppen oft den Rang direkt unter ihrer Mutter. Dagegen hält die Bindung zwischen Müttern und Söhnen nur bis zur Geschlechtsreife. Die meisten jungen Männer verlassen dann ihre Geburtsgruppe und verlieren damit auch ihren erbten Rang. Ob sie beim Anschluss an eine neue Gruppe dennoch von den Erfahrungen mit ihrer ehemaligen Rangstellung profitieren, ist bei der geistigen Leistungsfähigkeit unserer „nächsten Verwandten“ nicht auszuschließen.

6.16 Muscheln knacken auf dem Bauch

Staunend steht man irgendwo an der kalifornischen Küste und betrachtet die ausgedehnten Bestände der geradezu gigantisch großen Brauntange, darunter vor allem die Art *Macrocystis pyrifera*, den Riesentang oder Riesenkelp schlechthin. Diese bemerkenswerte Rekordalge wird gewöhnlich um 45 m lang, erreicht aber nicht selten auch bis zu 70 m Länge. Selbst ein kräftiger Zehnkämpfer kann dieses Megagebilde allein kaum heben und schon gar nicht davontragen. Irgendwie passt dieses Erscheinungsbild überhaupt nicht zu einer Alge, die man sich üblicherweise als mikroskopisch kleinen grünen Einzeller vorstellt oder allenfalls als unübersichtliches glitschig-grünes Fadenbüschel kennt. Die genauere Inspektion der *Macrocystis*-Bestände mit dem Fernglas lohnt sich indessen immer, denn auf den nur küstennah siedelnden Kelpbetten tummelt sich auch eine interessante Wasservogelfauna. Sogar kleine Reiher staksen auf den tragfähigen Thallusteilen herum.

Verräterische Geräuschkulisse

Die bei betont ruhigem Wetter gewöhnlich nur sehr mäßig an den Strand plätschernden Wellen unterbrechen die wohltuende Stille so gar nicht und garantieren beruhigende Idylle pur. Jedoch: Ab und zu vernimmt man ein deutliches und recht lautes Hämmern und Klacken. Was geht hier ab? Der suchende Fernglasblick hat die Geräuschquelle sehr bald entdeckt: Es ist ein Seeotter, der irgendwo im Tangfeld auf dem Rücken liegend treibt, mit den Vorderpfoten eine große Muschel oder einen Seeigel anhebt und mit kraftvollen Schlägen auf einem flachen Stein zertrümmert, der auf seinem Bauch liegt. Was er nicht mit bloßen Zäh-

nen oder den scharfen Krallen seiner Pfoten zerlegen kann, wird mithilfe eines flachen Steines als Werkbank bewältigt, den sich das Tier in Rückenlage schwimmend auf seinem Bauch platziert hat. Die eindeutigen Klack-Geräusche hört man sehr wohl, aber der Werk tätige ist im Gewirr eines größeren Tangfeldes oft nicht allzu einfach zu entdecken. Am ehesten findet man ihn, wenn man im Fernglasanblick nach vermeintlich umherdriftenden bzw. herumdümpelnden kurzen Stammstücken sucht.

Ein ganz ungewöhnlicher Marder

Der Seeotter (*Enhydra lutris*), oft auch Kalan oder Meerotter genannt, ist neben dem südpazifischen Küstenotter die einzige Marderart, die ausschließlich im Meer lebt. Die Männchen erreichen eine Länge von etwas mehr als 1 m, die Weibchen sind kleiner. Die Hinterbeine sind nach Robbenmanier nach rückwärts verlagert. Große Schwimmhäute verbinden die Zehen. Seeotter können außerordentlich gut schwimmen, aber auch am Strand recht geschickt auf vier Beinen laufen. Größere Landausflüge unternehmen sie allerdings kaum – Seeotter machen ihrem Namen alle Ehre, denn es sind fast reine Meerestiere. Sie benötigen nicht einmal Süßwasser, denn sie können sogar schadlos Meerwasser trinken: Ihre überdurchschnittlich großen Nieren können das überschüssig aufgenommene und sonst für die funktionierende Physiologie so fatale Meersalz problemlos wieder ausscheiden.

Diese bemerkenswerte Spezies kommt heute an den Küsten des Beringmeeres in Alaska, auf den Aleuten, den Kommandeurinseln und an einigen Stellen der kanadischen sowie kalifornischen Pazifikküste vor. Die größeren Verbreitungslücken in Washington und Oregon erklären sich vermutlich durch die rigorose, bis fast an die Aus-

rottung praktizierte und heute glücklicherweise verbotene Bejagung. Ihr Fell war nämlich außerordentlich begehrt. Immerhin tragen Seeotter auf einer nur fingernagelgroßen Hautfläche ungefähr 100.000 Haare und damit fast so viel wie ein Mensch (zumindest in seinen besten Zeiten) auf dem gesamten Kopf. Diese enorme Haardichte reicht als Kälteschutz aus – im Unterschied zu anderen marin verbreiteten Säugetieren haben Seeotter nämlich keine isolierende Fettschicht.

Geniale Techniker

Seeotter, ernähren sich von Muscheln, Schnecken, Seeigeln, Fischen und gelegentlich auch von Seevögeln (vor allem Enten), die sie von unten anschwimmen und im Überraschungsangriff überwältigen. Mit etwaigen erbeuteten Fischen machen sie auf äußerst geschickte Weise ebenso kurzen Prozess: Sie transportieren sie in den Armen an die Wasseroberfläche, richten sich im Wasser – heftig mit den Hinterbeinen strampelnd – senkrecht auf, beißen ihrer Beute das Rückgrat durch und verzehren sie dann genüsslich in Rückenlage. Bei ihren nur relativ kurzen Tauchgängen (etwa 2–4 min, aber immerhin bis 50 m Wassertiefe) sammeln sie Muscheln oder Seeigel ein und transportieren sie zwischen den lockeren Fellfalten im Brustbereich gleichsam in einem Brustbeutel an die Wasseroberfläche. Hier beginnt in der üblichen Rückenlage die Mahlzeit – gegebenenfalls unter Zuhilfenahme eines mitgebrachten steinernen Ambosses, auf dem die hartschalige Beute mit heftigen Schlägen und weithin hörbar zertrümmert wird. Beim nächsten Fourage-Tauchgang nimmt der Seeotter seinen offenbar geschätzten, weil enorm praktischen Werkstein übrigens mit – er trägt ihn dabei gleichsam unter dem Arm.



Seeotter nutzen ihren Bauch als Tisch. (© GomezDavid/Getty Images/iStock)

Auch größere Krabben gehören gebietsweise zum Nahrungsspektrum des Seeotters. Damit diese überaus agile Beute aber nicht sofort entkommen kann, während er eventuell mit anderer Beute beschäftigt ist, umwickelt er ihre Beine einfach mit Tangbüscheln und legt sie sozusagen an die feste Leine. Zusammen mit den eingesammelten und aufbewahrten Ambosssteinen ist dieses Verhalten zweifellos eines der bemerkenswertesten Beispiele von Werkzeuggebrauch unter den Säugetieren.

6.17 Auch bei den Säugern gibt es giftige

Wenn ein Hund, meist ein kleineres Exemplar, uns überaus heftig ankläfft und dazu auch noch Beißversuche unternimmt, ist er in unseren Augen ein „Giftköter“. Bei manchen Mitmenschen wiederum finden wir, gelegentlich auch

bei uns selbst, dass sie/wir in gewissen Situationen „Gift und Galle spucken“. Doch weder Hund noch Mensch sind echte Giftproduzenten. Es handelt sich hier um Redewendungen, mit denen solche Wutausbrüche recht treffend charakterisiert werden. Die Wendung „Gift und Galle spucken“ entstand bereits im 16. Jahrhundert in Anlehnung an den Bibelspruch „Denn ihr Wein ist Drachengift und verderbliches Gift der Ottern Galle“ (5. Buch Mose 32, 33). Damals sollten nach der Viersäftelehre nämlich sehr aufbrausende Menschen zu viel an gelber Galle in sich tragen, die man gleichsetzte mit zügelloser Wut. Auch wenn diese Theorie längst als überholt gilt, hat sich die Redensart halten können, mit der sich großer Ärger ausdrücken lässt.

Giftigkeit bei Tieren – im Prinzip erstaunlich weitverbreitet

Dabei ist der Einsatz von giftigen Substanzen, die meist aus Giftdrüsen abgesondert werden, im Tierreich nichts Außergewöhnliches. Die tierischen Gifte dienen ihren Produzenten zur Verteidigung und/oder zum Nahrungserwerb. Um das Gift in einen Gegner zwecks aktiver Abwehr oder in ein Beutetier zu dessen Lähmung oder Tötung einzubringen, dienen Stachelapparate wie Giftstachel oder Stechapparate etwa bei Bienen, Wespen oder Skorpionen. Giftspinnen benutzen zum Injizieren ihres Giftes die Mundwerkzeuge, Giftschlangen ihre Giftzähne. Neben den Giftschlangen sind als weitere Reptilien auch Krustenechse, die Östliche Bartagame, Komodowaran, Buntwaran und Gebänderter Baumwaran giftig. Sie besitzen allesamt Giftdrüsen im Unterkiefer. Aus dem Speichel der Gila-Krustenechse wird seit 2006 das der Verteidigung dienende, im hohen Maße toxische Gift gewonnen und zur Herstellung eines Arzneimittels zur Behandlung von Diabetes

mellitus genutzt. Der Wirkstoff Exenatid ist ein Polypeptid, das aus zahlreichen durch Peptidbindungen verbundenen Aminosäuren besteht.

Die Anzahl der giftigen Fische wird auf stattliche 1200 Arten geschätzt. Damit gibt es viel mehr Fische, die Toxine anreichern oder produzieren, als etwa Giftschlangen. Ebenso berühmt wie berüchtigt für ihre Giftigkeit sind schließlich auch die Pfeilgiftfrösche. Kontaktgifte bei Amphibien sind nichts Ungewöhnliches – eher schon die enorme Giftigkeit der kleinen, bunten Gesellen. Nesseltiere wiederum injizieren ihr Nesselgift über Nesselschläuche, die aus den Nesselkapseln herausgeschleudert werden.

Gegen alle diese giftigen Scharen nehmen sich giftige Vögel und Säugetiere sehr bescheiden aus. Während den Pfeilgiftfröschen und Giftvögeln eine eigene Darstellung gewidmet ist, wollen wir uns hier die wenigen giftigen Säugetiere etwas näher anschauen.

Ein giftiger australischer „Wolpertinger“

Als die erste Haut eines Schnabeltiers (*Ornithorhynchus anatinus*) 1798 in Europa eintraf, glaubte man an eine Fälschung. Zu wenig schien ein „Entenschnabel“ zu einem haarigen Säugetier mit „Biberschwanz“ und Schwimmhäuten an den Füßen zu passen. Doch alles an dem wohl seltsamsten Säugetier überhaupt ist echt. Im östlichen Australien heimisch, bewohnen die mit einer Kopfrumpflänge bis 40 cm und einer Schwanzlänge von gut 15 cm bis zu 2,5 kg schweren Schnabeltiere die Fließgewässer und gelegentlich auch Seen. Dort spüren sie mit ihrem elastischen und tastempfindlichen Schnabel gründelnd ihre Beutetiere auf – Wasserschnecken, Krebse, Wasserinsekten und deren Larven. Zusammen mit ihrer Verwandtschaft, den australischen Schnabeligeln, bilden sie die eigene Ord-

nung der Eier legenden Säugetiere, deren älteste Fossilfunde bis in die Kreidezeit, 120 Mio. Jahre, zurückreichen. Die Entwicklung der Jungen läuft eine kurze Zeitspanne in einem lederschalen Ei ab, aus dem sich die Kleinen beim Schlupf mithilfe eines Eizahns auf dem Schnäuzchen befreien. Danach werden sie, wie jedes richtige Säugetier, mit Muttermilch von Drüsenfeldern am Bauch der Mutter ernährt, die weder Zitzen noch einen Beutel besitzt.

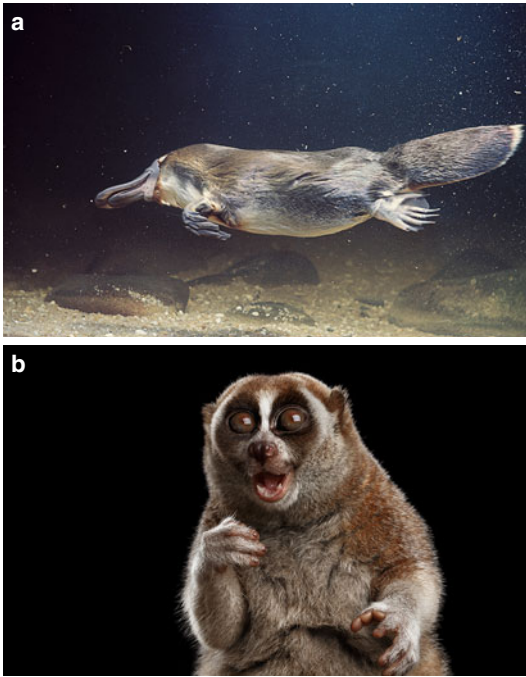
Die Schnabeltier-Männchen besitzen am Hinterfußgelenk einen rund 15 mm langen, hohlen Giftsporn, der über einen Kanal mit Giftdrüsen im Hinterleib verbunden ist. Auch bei den Schnabeltier-Weibchen sind die Spornanlagen bei der Geburt noch angelegt. Sie verlieren ihre Sporne allerdings im Verlauf ihres ersten Lebensjahres. Da das Gift nur während der Paarungszeit produziert wird, nimmt man an, dass es in erster Linie bei Rivalenkämpfen um ein paarungsbereites Weibchen eingesetzt wird. Es ist wohl weniger auf die Tötung eines Artgenossen als vielmehr auf seine Verletzung ausgelegt. Als man noch die Felljagd auf Schnabeltiere betrieb, existierten Berichte, dass Hunde, welche die angeschossenen Schnabeltiere fangen sollten, an dem Gift starben. Für Menschen ist das ein Peptid enthaltende Schnabeltiergift nicht tödlich, verursacht aber Schmerzen, Schwellungen und Entzündungen, die sich auch durch Schmerzmittel kaum lindern lassen und mehrere Monate bestehen können.

Gift verteilen per Kamm

Mit ihrem runden Kopf, den kleinen, fast im Fell verborgenen Ohren, den kurzen, stämmigen Armen und Beinen, dem kurzen Schwänzchen sowie dem dichten wolligen Fell ähneln Plumploris (*Nycticebus spec.*) eher Spielzeugbären als Primaten. Doch die bis zu 30 cm großen und etwa 1,2 kg

schweren Tiere mit ihrer auffälligen Gesichtszeichnung gehören tatsächlich zu der Unterordnung der Halbaffen. Die nachtaktiven Tiere mit ihren lichtstarken Augen schleichen nachts durch das Geäst der ostasiatischen Tropenwälder, auf der Suche nach kleinen Beutetieren von Insekten und Reptilien bis zu Vögeln und Säugern. Sie klettern zwar bedächtig, packen aber äußerst schnell zu.

Ihre Besonderheit: Sie gehören zu den wenigen giftigen Säugetieren. Drüsen auf der Innenseite ihrer Ellbogen produzieren eine toxische Substanz. Mit den Fingern und ihren unteren Schneide- sowie Eckzähnen, die als Zahnkamm funktionieren, übertragen Plumplorisbeim „Groomen“ das Gift auf das Fell ihres Nachwuchses, den sie während ihrer Futtersuche im Geäst „parken“. So wird der kleine, scheinbar hilflose Plumplori für potenzielle Beutegreifer zur ungenießbaren Angelegenheit. Auch können sich die Plumploris mit dem durch die Putzaktionen giftig gewordenen Speichel selbst gegen Fressfeinde verteidigen, indem sie mit ihren Eckzähnen kräftig zubeißen und dabei den giftigen Speichel dem Angreifer applizieren. Darüber hinaus könnte das Gift auf dem eigenen Fell als Parasitenschutz dienen oder bei innerartlichen Konkurrenzkämpfen sowie bei der Überwältigung größerer Beute zum Einsatz kommen. Wie das Gift im Körper der Plumploris gebildet wird, ist noch nicht endgültig geklärt. Vermutlich entsteht seine Anlagerung und Anreicherung im Plumplori-Körper durch den Konsum giftiger Insekten, Spinnen und Tausendfüßler, bzw. durch die Aufnahme giftiger Baumsekrete. Dafür spricht, dass in Gefangenschaft ihre Giftigkeit abnimmt. Das ist auch gut so. Schließlich können Plumplori-Bisse beim Menschen zu Entzündungen mit Eiterbildung, Taubheit, Ödemen und sogar durch anaphylaktischen Schock bis zum Tode führen.



a Schnabeltier – vom (Schnabel)Kopf bis zum (Gift)Fuß ungewöhnlich **b** Plumploris verteilen ihr Gift mit dem Zahnkamm. (a © JohnCarnemolla/Getty Images/iStock, b © Seregraff/Getty Images/iStock)

Giftige Insektenfresser, die längst nicht nur Insekten fressen

Die an riesige Spitzmäuse erinnernden, um die 30 cm großen Schlitzrüssler sind ein uraltes Geschlecht innerhalb der Insektenfresser. Die beiden noch heute lebenden, aber stark bedrohten Arten, der Kubanische Schlitzrüssler (*Solenodon cubanus*) und der Dominikanische Schlitzrüssler (*Solenodon paradoxus*) produzieren in ihrer Unterkiefer-Speicheldrüse ein Nervengift. Der giftige Speichel wird durch eine tie-

fe Furche an der Innenseite des zweiten unteren Schneidezahns in die Wunden ihrer Beute geleitet. Erst dieses Nervengift ermöglicht ihnen, auch relativ große Beutetiere zu überwältigen.

Unter den Insektenfressern produzieren noch mindestens vier weitere Spitzmausarten aus den beiden Gattungen Wasserspitzmäuse (*Neomys* mit drei Arten) und Amerikanische Kurzschwanzspitzmäuse (*Blarina* mit vier Arten) in ihrer Unterkieferspeicheldrüse ein Nervengift, mit dem sie Beutetiere überwältigen können, die größer als sie selbst sind. Dieses, als Blarina-Toxin (BLTX) bezeichnete Gift ist praktisch identisch mit dem von den in den Wüsten Nordamerikas lebenden Krustenechsen (Helodermatidae) produzierten Gift Gilatoxin. BLTX ist somit nicht nur eines der wenigen, von Säugern vorkommenden Gifte. Auch entstand es stammesgeschichtlich zweimal und unabhängig voneinander in zwei sehr verschiedenen Tiergruppen. Glücklicherweise lähmt es zwar Beutetiere, ruft aber bei uns keine besonders schwerwiegenden Symptome hervor.

6.18 Optische Frühwarnsysteme

Die Farbkombination gelb-schwarz wirkt erfahrungsgemäß eindeutig als das klare Signal „Komm mir bloß nicht zu nahe“. Wer diese optische Frühwarnung missachtet, wird anschließend leicht zum Opfer einer Schmerzattacke. Den schmerzhaften, für Allergiker unter Umständen sogar lebensgefährlichen Wespenstich haben vermutlich viele von uns schon zu spüren bekommen. Deshalb gehen wir ihnen bei ihrem Anblick gerne aus dem Wege. Nicht nur auf Menschen wirkt der „Warnanzug“ der Wespen. Auch potenzielle tierische Fressfeinde haben davor großen Respekt. Diesen wiederum haben sich tierische „Trittbrettfahrer“ zunutze gemacht, die allein durch ihre Warnkleidung und ganz oh-

ne Gift vorm Verzehrtwerden geschützt sind. Über diese und andere Formen der Warn- und Tarnkunst wurde weiter oben schon anhand einiger Fallbeispiele berichtet. Hier wollen wir zunächst weiter auf den Spuren derer wandern, die – wie die Wespen – nach der ersten Warnung noch ein Abschreckungsmittel in petto haben.

Ausgesprochen hübsche Stinker

Es sind die Stinktiere, die gezielt einen so bestialischen Gestank verbreiten können, dass ihr Name zugleich ihr Programm ist. Diese dämmerungs- und nachtaktiven, vor allem Insekten, aber auch viel anderes Kleingetier sowie Eier, Aas und Hausabfälle verzehrenden Tiere kommen in zehn Arten mit Ausnahme von Nordkanada in Nord-, Mittel- und Südamerika vor. Mit den Dachsen verwandt, nehmen sie in Größe und Körperbau eine Zwischenstellung zwischen Dachsen und Wieseln ein. Allesamt sind sie markant schwarz-weiß gezeichnet. Die häufigste Art ist der von Südkanada bis Nordmexiko verbreitete Streifenskunk (*Mephitis mephitis*). Er trägt ein schwarzes Fell mit weißen Rückenstreifen. In ihrer schwarz-weißen Fellzeichnung wirken alle Stinktier-Arten eigentlich sehr hübsch, vor allem aber sehr auffällig. Ähnlich wie bei der gelb-schwarzen Färbung der Wespen soll das schwarz-weiße Stinktieroutfit Raubtiere rechtzeitig warnen.

Reicht die Optik allein nicht aus, werden Stinktiere bei Bedrohung recht munter. Sie heben ihren buschigen auffälligen Schwanz, stampfen mit den Pfoten, zischen und führen Scheinangriffe aus. Hat der tatsächliche oder vermeintliche Angreifer danach vom Stinktier immer noch nicht genug, reckt es ihm seinen Hintern entgegen und bespritzt den Feind mit einer stinkenden Mischung aus Schwefel-, Butan- und Methanverbindungen. Seine „Chemiewaffen“

sammelt es in zwei Drüsentaschen beiderseits des Afters. Benachbarte Muskeln können das Moschussekret in bis zu 5–6 „Schüssen“ durch zwei kleine Öffnungen herausdrücken. Gezielt wird dabei meist in Richtung Gesicht des Angreifers.

Die meisten Tiere lernen aus der Begegnung mit einem Stinktier. Größere Säugetiere wie Kojoten und Pumas greifen Stinktiere daher selten an. Weil Greifvögel und Eulen einen weniger stark ausgebildeten Geruchssinn haben, lassen sie sich vom Stinktiersekret weniger abschrecken. Auf Hautflächen hat das Sekret, abgesehen vom penetranten Geruch, keine weitere schädigende Wirkung. Es kann aber bei Kontakt mit den Schleimhäuten Erbrechen und Kopfschmerzen hervorrufen. Gerät es in die Augen, kann der Angegriffene vorübergehend sogar erblinden. Kleidung ist nach einer Stinkattacke unbrauchbar, da der Geruch so gut wie nicht mehr zu entfernen ist.

Rekordhalter im Weitspritzen sind mit bis zu 6 m die Streifenskunks. Dabei hilft ihnen eine spezielle Technik: Sie gehen zum Abschuss in den Handstand. Bis zu einer Entfernung von 2 m sind Stinktiere treffsicher. Auch die auf südostasiatischen Inseln mit zwei Arten vorkommenden Stinkdachse (*Mydaus*) beherrschen die Stinktier-Spritztechnik mit gezielten Schüssen bis zu 1,5 m weit. Früher wurden sie als Vertreter der Dachse (Melinae) betrachtet, genetische Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass Stinkdachse näher mit den Skunks (Mephitinae) verwandt sind, die nur in Amerika vorkommen. Obwohl die Vorräte in den Analdrüsen nach zwei Tagen wieder aufgefüllt sind, gehen Stinktiere sehr sparsam mit ihrer Stinkerei um. Trotz unserer eher schlechten Nasen können wir die „Duft“attacke eines Stinktiers bei richtigem Wind immerhin noch in 1 km Entfernung riechen.



a Streifenskunk – auffälliger Stinker. b Die Auffälligkeit zeigt Wirkung bei Mensch und Tier. (a © yhelfman/Getty Images/iStock, b © Seregraff/Getty Images/iStock)

6.19 Schlangenjäger, Schädlingsgegner – und jetzt selbst Schädlinge

Seit dem südafrikanischen Dokumentarfilm *Die lustige Welt der Tiere* (vgl. Abschn. 5.8) und vor allem wegen des Disney-Zeichentrickfilms *König der Löwen* haben die possierlichen Erdmännchen (*Suricata suricatta*) den Mungos in Sachen Popularität den Rang abgelaufen. Das war nicht immer so. Beide, besser die drei Arten, denn als Mungo wird sowohl

der etwas größere Indische Mungo (*Herpestes edwardsii*) als auch der Kleine Mungo (*H. javanicus*) bezeichnet, sind Kleinraubtiere aus der Familie der Mangusten (*Herpestidae*).

Während die in Gruppen lebenden Erdmännchen ihre steinigten Lebensräume vor allem auf der Suche nach Käfer- und Schmetterlingslarven durchstreifen, um nebenher auch einmal kleine Wirbeltiere wie Amphibien, Reptilien und Vögel zu erwischen, sind die asiatischen Mungos nicht nur, aber auch besonders erfolgreiche Schlangenjäger. Dabei nehmen sie es selbst mit recht großen und sehr giftigen Exemplaren wie beispielsweise Kobras auf. Während die aktuelle Beliebtheit der Erdmännchen vor allem von ihrem Männchenmachen herrührt – eine Körperhaltung, die sie als Wächter und zum Sonnenbaden einnehmen –, ist die Berühmtheit anderer Mangusten, insbesondere der Mungos, auf ihren Umgang mit giftigen, auch für den Menschen gefährlichen Schlangen zurückzuführen. Schon in Schriften aus dem alten Indien und alten Ägypten finden Mangusten Erwähnung und Bewunderung als Schlangenbekämpfer. Der ägyptische Sonnengott Ra soll sich zudem in eine Manguste verwandelt haben, um so den Schlangengott Apophis erfolgreich bekämpfen zu können. Als heilige Tiere mumifizierte man in Ägypten Mangusten seit etwa 2500 v. Chr. In der indischen Mythologie wiederum unterstützte eine juwelenspeiende Manguste einen der Weltenhüter beim Kampf um die Nagaschlangen, welche die irdischen Schätze bewachten. Einem einzelnen Mungo setzte der britische Schriftsteller Rudyard Kipling (1865–1936) in seinem berühmten *Dschungelbuch* ein literarisches Denkmal. In Kiplings Erzählung beschützt der Mungo Rikki-Tikki-Tavi eine Menschenfamilie vor Kobras.

Reaktionsschnell statt immun

Mungos sind keineswegs immun gegen Schlangengift. Ihr Vorteil beim Attackieren von Schlangen liegt vielmehr in ihrer blitzschnellen Beweglichkeit und ihrem reaktionsschnellen Ausweichen, wenn die Schlange angreift. Sie lassen die Schlange so lange ins Leere stoßen, bis diese schließlich so ermüdet ist, dass sie sich leicht durch einen Biss in den Kopf töten lässt. Sollte ein Mungo im Kampf mit der Schlange trotzdem einmal von ihr gebissen werden, durchdringen ihre Giftzähne oftmals nicht sein dichtes, buschiges Fell. Außerdem sind sie wie alle Mangusten recht unempfindlich gegen Toxine. Der Verzehr giftiger Skorpione und Tausendfüßer macht ihnen nichts aus. Weil die Auseinandersetzungen von Mungos mit Schlangen so spektakulär sind, wurden und werden sie teilweise immer noch als Schlangenkämpfer vorgeführt. Da die tagaktiven Tiere zudem rasch zahm werden, hat man Mungos vielfach als Haustiere zur Bekämpfung von Ratten und Schlangen gehalten.

Schädliche Schädlingsbekämpfer

Das Einschleppen von Mungos zur Bekämpfung von Rattenplagen in vielen Teilen der Welt, vor allem auf abgelegenen Inseln, war keine gute Idee. Die kleinen „Schädlingsbekämpfer“ sollten vielfach selbst zur Plage werden, indem sie ihre Nahrung in Menschennähe suchten, in Hühnerställe eindringen und auch die Tollwut und andere Krankheiten verbreiteten. Durch ihr Vertilgen insektenfressender Kleintiere konnten Schadinsekten in verheerendem Ausmaß zunehmen. Den größten Schaden richteten sie allerdings auf Inseln unter den endemischen, oft bodenlebenden, meist nicht flugfähigen Vögeln an. Zusammen mit verwilderten

Hauskatzen geht auf ihr Konto die endgültige Ausrottung nicht weniger Arten.

Heute wird der Kleine Mungo in der „Global Invasive Species Database“ zu den hundert schädlichsten invasiven Neobiota weltweit gezählt und muss deshalb im Interesse der Arterhaltung gefährdeter Arten gebietsweise wieder ausgerottet werden. Wir können/müssen daraus unbedingt die Lehre ziehen, dass Tier- wie Pflanzenarten nur in ihren natürlichen Verbreitungsgebieten ihren Platz in den Ökosystemgefügen haben, aber – durch den Menschen verfrachtet – durchaus verheerende Schäden aufgrund der Verdrängung und Vernichtung anderer Arten anrichten können. Dort, wo sie natürlicherweise vorkommen, jagen und verzehren die Mangusten ihre Beutetiere – bei den Mungos und etwa auch der afrikanischen Zebromanguste (*Mungos mungo*) können das Schlangen sein –, ohne diese in ihren Beständen zu gefährden.

Abbildungsverzeichnis

Fotos mit freundlicher Genehmigung von:

Bellmann, Heiko (über Frank Hecker)

- Kap. 1 *Das Neozoon Süßwassermuschel Craspedacusta sowerbyi ist mittlerweile in vielen Kiesgruben- und Steinbruchseen eingebürgert*
- Abschn. 2.5 *Zweifarbige Schneckenhaus-Mauerbiene in voller Aktion bei der Inspektion ihrer Wohnung*
- Abschn. 2.12 *Hier kann die besuchende Ameise eine reiche Zuckersaft-Ausbeute erwarten*
- Abschn. 2.13 *Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling auf seiner bevorzugten Falter-Diätplanze*
- Abschn. 2.16 *Die Männchen der Leuchtkäfer sehen aus wie „richtige“ Käfer*
- Abschn. 2.16 *Nur die weiblichen Individuen der Leuchtkäfer entsprechen dem üblichen Bild eines „Glühwürmchens“*
- Abschn. 2.20 *Zielsicher und zielgenau: Ein Wasserläufer hat eine Beute erhascht*
- Abschn. 2.22 *Die Schwarze Witwe ist eine in Europa zwar seltene, aber durchaus respektable Spinne*

Hauck, Arthur

- Abschn. 1.4 *Convoluta roscoffensis* beherbergt zahlreiche grüne Endosymbionten. In jungen Individuen sind sie im mikroskopischen Bild noch klar erkennbar

Hecker, Frank

- Vorwort *Kapiteleingangsbild*
- Vorwort *Papageitaucher: Wie fängt man einen weiteren Fisch, wenn man den Schnabel schon (fast) voll hat?*
- Vorwort *Die Wasseramsel erbeutet ihre Nahrung auch am Grund sehr rasch fließender Gewässer. Genial, oder?*
- Kap. 1 *Das Neozoon Süßwassermeduse Craspedacusta sowerbyi ist unterdessen in vielen Kiesgruben- und Steinbruchseen eingebürgert*
- Abschn. 1.2 *Die überaus agilen Wimpertiere können aus voller Fahrt augenblicklich innehalten*
- Abschn. 1.7 *Grüne Samtschnecke (Elysia viridis) auf ihrer bevorzugten Diät, der Grünalge Codium sp*
- Abschn. 1.8 *Wenn ein Seestern naht, hat zumindest eine Miesmuschel verloren*
- Kap. 2 *Kapiteleingangsbild*
- Abschn. 2.6 *Aber manchmal lauert dort das finale Verhängnis in Gestalt einer prächtig getarnten Krabbenspinne*
- Abschn. 2.9 *Eichen sind offenbar besonders attraktiv für gallerzeugende Gliederfüßer*
- Abschn. 2.14 *Haben Sie die Raupe des Beifußmönchs entdeckt?*
- Abschn. 2.14 *Die Raupe des Birkenspanners entdeckt man nur bei genauestem Hinsehen*
- Abschn. 2.14 *Eine Hornisse verbreitet – weitgehend unbegründet – fast immer Angst und Schrecken*
- Abschn. 2.14 *Viele Nachahmer imitieren die angeblich so gefährliche Hornissentracht – so auch die Hornissen-Schwebfliege*

- Abschn. 2.14 *Der schwarz-gelbe Widderbock nutzt die allgemein abschreckende Wirkung der Wespentracht*
- Abschn. 2.14 *Alles nur Theater: Harmlose Schwebfliegen auf den Blütenständen der Wegwarte*
- Abschn. 2.15 *Der immer ein wenig bedrohlich dreinblickende Uhu ist einer der Mustergeber für die Augenmotive auf den Schmetterlingsflügeln*
- Abschn. 2.19 *Der auch als Imago (meist) giftige Monarchfalter überrascht mit einer geradezu unglaublichen Biologie*
- Abschn. 2.19 *Raupen vom Jakobskreuzkrautbär – giftig und glücklicherweise warnfarbig*
- Abschn. 2.24 *Die kleinen Schlickkrebse sieht man meist nicht – aber hören kann sie allemal*
- Abschn. 3.2 *In ihrem Lebensraum sind Plattfische (a) wie die hier abgebildete Flunder gewöhnlich nur schwer erkennbar. Auch die Seeszunge (b) ist in ihrem Lebensraum nur schwer zu entdecken*
- Abschn. 4.2 *Der Blaue Baumsteigerfrosch sieht zwar für Beutegreifer nicht gerade unappetitlich aus, ist aber eine respektabel toxische Spezies*
- Kap. 5 *Haubentaucher mit Jungen auf dem Rücken*
- Abschn. 5.4 *Die eleganten Säbelschnäbler stochern nicht im Wattboden, sondern seihen das flache Wasser durch*
- Kap. 6 *Waschbär*
- Abschn. 6.9 *Dem leider gar nicht mehr so kommunen Feldhamster haben wir das – zeitweilig sicher sinnvolle – Hamstern abgeschaut*

Hecker, Frank (über Blickwinkel)

- Abschn. 1.12 *Bärtierchen*
- Abschn. 2.7 *Zweifellos eine geniale Leistung des Taubenschwänzchens – den fragilen Rüsseln zielgenau in der aufgesuchten Blüte zu positionieren*
- Kap. 3 *Kapiteleingansbild*

- Abschn. 3.5 *Die seltsamen Fetzenfische (Phycodurus eques) gehören zweifellos zu den absonderlichsten Fischgestalten überhaupt*
- Abschn. 3.6 *Bitterlingsweibchen mit ausgefahrener Lege-röhre beim Laichgeschäft*
- Abschn. 3.8 *Auch der Riesen-Kugelfisch gehört zu den besonders respektierten Arten*
- Abschn. 3.10 *Die von Irenäus Eibl-Eibesfeld entdeckte Putzerfisch-Symbiose ist eine der eigenartigsten interorganismischen Beziehungen überhaupt*
- Abschn. 4.2 *Der Schreckliche Pfeilgiftfrosch (Phyllobates horribilis) trägt seinen Namen zu Recht: Er enthält mit 0,5 mg rund die 20-fache Giftmenge seiner Gattungsgenossen*
- Abschn. 4.7 *Die Berg-Königsnatter ist von ihrem hochgiftigen Vorbild kaum zu unterscheiden*

Kremer, Bruno P.

- Vorwort *Zu weit über 95 % bestehen sie aus Wasser – und sind dennoch voll vital*
- Abschn. 1.1 *Sandstrände wirken oft recht eintönig. Aber der genauere Blick in den Untergrund offenbart viele Überraschungen*
- Abschn. 1.3 *Freigefallene Wattflächen verraten zunächst nur wenig von ihrer organismischen Reichhaltigkeit. Aber sie haben es buchstäblich in sich*
- Abschn. 1.4 *Am oberen Gezeitenrand sind die Ansammlungen der grünen Convoluta roscoffensis zur Ebbezeit nicht zu übersehen*
- Abschn. 1.5 *Pantoffelschnecken tragen ihren Namen zu Recht – sie sehen wirklich so aus*
- Abschn. 1.5 *Einzigartig unter den inzwischen heimischen Meeresschnecken ist die Bildung von Proliferationsketten*
- Abschn. 1.5 *Pantoffelschnecken siedeln sich gerne auf jeglichem Substrat an – so auch auf Miesmuscheln*

- Abschn. 1.7 *Die zahlreichen schmalen Kriechspuren verraten die Aktivitäten der Wattschnecken auf dem Schlickwattboden*
- Abschn. 1.9 *Kaum zu glauben: Die vielen Löcher in der (subfossilen) Austernschale sind das Werk eines Bohrschwammes*
- Abschn. 1.9 *Auch etliche andere Wirbellose wie die Bohrwürmer der Gattung Polydora können Kalkgestein wirksam und nahezu flächen- bzw. raumdeckend durchlöchern*
- Abschn. 1.10 *Die Mehrzahl aller Muschelleerschalen liegt aus hydrodynamischen Gründen mit der Konkavseite nach oben am Strand*
- Abschn. 1.12 *Das Ergebnis ist immer ruinös: Von Pfahlbohrmuscheln zerfressene Bühnenpfähle*
- Kap. 2 *Klein, aber mein: Viele (extrem bunte) Krabben in der Gezeitenzone der Mangroven nehmen in leeren Schneckenhäusern Wohnung – ähnlich unseren heimischen Einsiedlerkrebsen*
- Abschn. 2.3 *Trickreich sichern sich die in Buchenblättern minierenden Raupen der Zwergmotten bis weit in den Herbst hinein ihre Frischfuttermversorgung*
- Abschn. 2.6 *Mit mancherlei Signalen (Zentralfleck, Strichmuster) locken die Blüten ihre Besucher in das ernährungs-technisch interessante Zentrum*
- Abschn. 2.11 *Ameisenburgen sind beeindruckend hochorganisierte tierische Leistungen*
- Abschn. 2.11 *Sogar an wärmeren Wintertagen herrscht an einer Ameisenburg ein überraschend emsiges Leben*
- Abschn. 2.18 *An Exaktheit kaum zu toppen: links oben die (zuvor schon mit Honig befüllten und deswegen dunkleren) Zellen von Arbeiterinnen, rechts unten die als Neubauten bislang noch nicht belegten und etwas größeren Drohnenzellen*

- Abschn. 2.25 *Seepocken besiedeln häufig auch recht ungewöhnliche Substrate – beispielsweise parasitierte Strandkrabben*
- Kap. 3 *Die philippinische 10-Sentesimos-Münze (der Währung vor 1988) trägt das Abbild des Minifisches Pandaka pygmaea. Dieser Winzling unter den Wirbeltieren ist hier aber mehr als doppelt lebensgroß verewigt*
- Abschn. 3.3 *Geradezu ein Schreihals unter den heimischen marinen Bodenfischen: Der Knurrhahn trägt seinen Artnamen zu Recht*
- Abschn. 3.9 *Äußerst prächtig anzusehen, aber nicht ohne: Rotfeuerfische sollte man bei Tauchgängen an indopazifischen Riffen auf jeden Fall respektieren*
- Kap. 4 *Kapiteleingangsbild*
- Kap. 4 *Sie warnt in ihrer grellfarbigen Aufmachung gleichsam vor sich selbst: Die in Mittelamerika beheimatete „jumping viper“ erreicht ihre Opfer mindestens auf Körperlängendistanz*
- Abschn. 5.3 *Riskante Brut- und Sitzplätze: Viel Raum bieten die schmalen Felsgalerien eines Vogelfelsens nicht*

Limbrunner, Alfred

- Abschn. 6.1 *a Mopsfledermaus und b Große Hufeisennase*

Richarz, Klaus

- Abschn. 4.5 *Östliche Smaragdeidechse – Männchen mit Gabelschwanz nach Rivalenkampf*

Tadday, Lilo

- Abschn. 6.3 *Die noch flauschigen jungen Kegelrobben kommen ab November – und damit wirklich zur Unzeit – zur Welt*

Weiterführende Literatur

- Amiet F, Krebs A (2012) Bienen Mitteleuropas. Gattungen, Lebensweise, Beobachtung. Haupt, Bern
- Bellmann H (1995) Bienen, Wespen, Ameisen. Hautflügler Mitteleuropas. Franckh-Kosmos, Stuttgart
- Bellmann H (1997) Bienen in Schneckenhäusern. Biol Unserer Zeit 27:106–113
- Brandstetter J, Reichholf JH (2016) Symbiosen. Das erstaunliche Miteinander in der Natur. Matthes & Seitz, Berlin
- Couzens D (2010) Rekorde der Vogelwelt – 130 Extreme. Haupt, Bern
- Dalton S (1988) Poesie des Augenblicks. Das Schönste aus 25 Jahren Naturfotografie. Gerstenberg, Hildesheim
- Dobat K, Peikert-Holle T (1985) Blüten und Fledermäuse. Bestäubung durch Fledermäuse und Flughunde (Chiropterophilie). Kramer, Frankfurt am Main
- Djoskin WW, Safonow WG (1972) Die Biber der Alten und Neuen Welt. Ziensen, Wittenberg Lutherstadt
- Ebert G (Hrsg) (1993) Tagfalter II. Die Schmetterlinge Baden-Württembergs, Bd. 2. Ulmer, Stuttgart
- Eibl-Eibesfeldt I (1972) Grundriß der vergleichenden Verhaltensforschung. Piper, München

- Ellis R (1996) Deep atlantic. Life, death, and exploration in the abyss. Knopf, New York
- Gosselck F, Kremer BP (2018) Naturparadies Nordsee. Faszinierende Erlebnistouren durch acht Länder. Quelle & Meyer, Wiebelsheim
- Grimmberger E, Rudloff K, Kern C (2009) Atlas der Säugetiere Europas, Nordafrikas und Vorderasiens. Natur und Tier, Münster
- Groß M (1997) Exzentriker des Lebens. Zellen zwischen Hitzeschock und Kältestreß. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg
- Gottwald C (1784) D. Christoph Gottwaldes physikalisch-anatomische Bemerkungen über den Biber (aus dem Lateinischen übersetzt. Nürnberg, von Gabriel Nicolaus Raspe)
- del Hoyo J, Elliott A, Sargatal J, Christie DA, de Juana E (Hrsg) (2013) Handbook of the Birds of the World Alive. Lynx Ediciones, Barcelona (17 Bde)
- Janke K, Kremer BP (2018) Düne, Strand und Watt. Tiere und Pflanzen unserer Küsten. Franckh-Kosmos, Stuttgart
- Jones R (2010) Rekorde der Insektenwelt. 130 Extreme. Haupt, Bern
- Klesattel W (1999) Überleben in Eis, Wüste und Tiefsee. Wie Tiere Extreme meistern. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt
- Kremer BP (2013a) Blütengeheimnisse. Wie Blüten werben, locken und verführen. Haupt, Bern
- Kremer BP (2013b) Die Natur entdecken mit der Lupe. 99 spannende Seherlebnisse für Kinder, Jugendliche und Junggebliebene. Quelle & Meyer, Wiebelsheim
- Kremer BP (2017a) Weihnachtsbaum und Osterhase. Unsere Jahresfeste biologisch betrachtet. Springer, Heidelberg
- Kremer BP (2017b) 88 verblüffende Pflanzen. Die erstaunlichen Kniffe unserer Blumen, Sträucher und Bäume. Ulmer, Stuttgart
- Kremer BP (2019) Stille Wasser. Leben zwischen Regenpfütze und Salzsee. Theiss, Darmstadt

- Kremer BP, Gosselck F (2017) Die Küste. Lebensraum zwischen Land und Meer. Theiss, Darmstadt
- Kremer BP, Oftring B (2012) NaturGenies. Die verblüffenden Tricks der Pflanzen und Tiere. Nicolai, Berlin
- Kremer BP, Richarz K (2015) Ins Bockshorn gejagt. Tierische Sprichwörter und blumige Redewendungen. Theiss, Darmstadt
- Kremer BP, Richarz K (2016) Was alles hinter Namen steckt ... Teufelszwirn und Beutelteufel – kuriose, merkwürdige und erklärungsbedürftige Namen unserer Lebewesen. Springer, Heidelberg
- Kremer BP, Gosselck F, Janke K (2012) Erlebnis Küste. Naturkundliche Streifzüge an Nord- und Ostsee. Quelle & Meyer, Wiebelsheim
- Kropp R, Heberer C (2018) Unbekannte Mitbewohner. Das Who's Who unserer tierischen Nachbarn. Theiss, Darmstadt
- Lewanzik K, Goerlitz HP (2018) Continued source level reduction during attack in the low-amplitude bat *Barbastella barbastellus* prevents moth evasive flight. *Funct Ecol* 32(5):1251–1261
- Love JA (1990) Sea Otters. Whittet, London
- Lunau K (2011) Warnen, Tarnen, Täuschen. Mimikry und Nachahmung bei Pflanze, Tier und Mensch. Primus, Darmstadt
- Mebs D (1989) Gifte im Riff. Toxikologie und Biochemie eines Lebensraumes. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart
- Mebs D (1992) Gifttiere. Ein Handbuch für Biologen, Toxikologen, Ärzte, Apotheker. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart
- Mebs D (2016) Leben mit Gift. Wie Tiere und Pflanzen damit zurechtkommen und was wir daraus lernen können. Hirzel, Stuttgart
- Reichholf JH (1993) Comeback der Biber. Ökologische Überraschungen. Beck, München
- Reichholf JH (2016) Evolution. Eine kurze Geschichte von Mensch und Natur. Hanser, München
- Reitz M (2005) Rätseltiere. Krypto-Zoologie. Mythen, Spuren und Beweise. Hirzel, Stuttgart

- Richarz K (2011) Erdmännchen & Co. Säugetiere im Zoo. Ulmer, Stuttgart
- Richarz K (2012) Fledermäuse in ihren Lebensräumen. Erkennen und Bestimmen. Quelle & Meyer, Wiebelsheim
- Richarz K (2015) Vögel in der Stadt. In enger Nachbarschaft mit Mauerseglern, Spatzen, Falken und vielen anderen Vogelarten. pala, Darmstadt
- Richarz K (2019) Vogelzug. Theiss, Darmstadt
- Richarz K, Hormann M (2010) Nisthilfen für Vögel und andere heimische Tiere. Aula, Wiebelsheim
- Richarz K, Kremer BP (2017) Organismische Rekorde. Zwerge und Riesen – von den Bakterien bis zu den Wirbeltieren. Springer, Heidelberg
- Schmid U (2004) Geheime Signale. Die spektakulären Sinne der Tiere. Franckh-Kosmos, Stuttgart
- Simon M (2016) The wasp that brainwashed the caterpillar. Penguin, New York
- Sommer U (2016) Biologische Meereskunde, 2. Aufl. Springer, Heidelberg
- Spoelstra K, van Grunsven RHA, Ramakers JJC, Ferguson KB, Raap T, Donners M, Veenendaal EM, Visser ME (2017) Response of bats to light with different spectra: light-shy and agile bat presence is affected by white and green, but not red light. *ProcBiolSci* 284(1855)
- Storch V, Welsch U (2004) Systematische Zoologie, 8. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg
- Tautz J (2007) Phänomen Honigbiene. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg
- Teuscher E, Lindequist U (2010) Biogene Gifte. Biologie – Chemie – Pharmakologie – Toxikologie, 3. Aufl. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart
- Tourneret É, de Saint PS, Tautz J (2018) Das Genie der Honigbienen. Ulmer, Stuttgart
- Voigt CC, Rehnig K, Lindecke O, Petersons G (2018) Migratory bats are attracted by red light but not by warm-white light: Implications for the protection of nocturnal migrants.

- Ecol Evol. First published: 25. August 2018 (<https://doi.org/10.1002/ece3.4400>)
- Weinhold U, Kayser A (2006) Der Feldhamster. Die Neue Brehm-Bücherei, Bd. 625. Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben
- Wharton DA (2002) Life at the limits. Organisms in extreme environments. Cambridge University Press, Cambridge
- Wickler W (1971) Mimikry. Nachahmung und Täuschung in der Natur. Kindler, München
- Wilson DE, Mittermeier RA (2018) Handbook of the mammals of the world. Lynx Edicions, Barcelona (Bisher 8 Bde)
- Wolfe A (2005) Kunst der Tarnung. Frederking & Thaler, München
- Wolfe A (2016) Meisterhaft getarnt. Von der Kunst nicht gesehen zu werden. Kneesebeck, München
- Wothe K, Rasper M (2016) Knallbunt und unsichtbar. Kneesebeck, München

Stichwortverzeichnis

α -Latrotoxin 142

β -Cellulase 46

A

Abendpfauenauge (*Smerinthe ocellata*) 119

Ablenkungsverhalten 265

*Acomys kemp*i 215

Acomys percivali 215

Akesson, S. 336

akustisches Warnsignal 292

Alge 19

Algen-Chloroplast 27

Alke 239

Alkoholdehydrogenase 255

Allen, J. A. 311

Allensche Regel 311

Alpensegler (*Apus melba*) 252

Alphatier

Machtverlust 331

Ameisenburg 90, 91, 94

Ameisenkönigin 92

Ameisenvolk 91, 92

Amerikanische Kurzschwanz-
spitzmaus
(*Blarina*) 351

Amerikanische
Pantoffelschnecke
(*Crepidula fornicata*) 23

Amerikanischer
Monarchfalter
(*Danaus plexippus*) 132

Amphibien 192, 193

Amsel 256

Anglerfisch 159

Anodonta cygnea 174

Apis mellifera 126

Apis mellifica 127

Archaeopteryx
bavarica 228

- Archaeopteryx
 lithographica 228
 Arthropode 50
 Asclepias 132, 133
 Austernfischer 244
- B**
- Baltische Plattmuschel 243
 Balzen 256, 259
 Bärtierchen 43, 44
 Bary, de A. 17
 Basstölpel 241
 Bates, H. W. 105
 Batrachotoxin 203
 Bauchsammlerbienen 66
 Baumsteigerfrosch 202
 Bergfink (Fringilla
 montifringilla) 274
 Bergmann, C. 311
 Bergmannsche Regel 311
 Bergtapir (Tapirus
 pinchaque) 333
 Bergzebra (Equus
 zebra) 337
 Beringmöwe (Larus
 glaucescens) 231,
 232
 Bestäuber 69
 Beutegreifer 104
 Biber (Castor
 fiber) 305–308
 Schaden 308
 Bibergeil (Castoreum) 306
 Bienenfresser (Merops
 apiaster) 111, 268
 Bienenhonig 96, 130
 Bienenwabe 127, 128
 Bitterling (Rhodeus
 sericeus) 174, 175
 Blarina-Toxin 351
 Blattlaus 91, 94, 95, 97
 Blattlausfäkalie 98
 Blatttracht 98
 Blattwespe 96
 Blaukappenflöter (Ifrita
 kowaldi) 273
 Bläulinge (Lycaenidae) 99
 Blaumeise 253
 Blindschleiche 215
 Blitzeinschlag 170, 171
 Blüte 70, 71
 Blütenbesucher 70
 Blütenfledermaus 286
 Blütenmuster 73
 Blutschweiß 303
 Blutschwitzen 206
 Bodenbrüter 264
 Bohrschwamm (Cliona
 celata) 36
 Bombykol 83
 Brachvogel 244
 Braunbauch-Laubenvogel
 (Chlamydera
 cerviniventris) 261
 Breitstreifenmungo
 (Galidictis
 fasciata) 334
 Brohmer, P. VIII
 Brückenechse (Sphenodon
 punctatus) 219,
 220
 Brückenechsen-Auge 221
 Brutehe 277

Brutpflege 200, 201, 205
 Bruträuber 102
 Buchfink (*Fringilla
 coelebs*) 274
 Buchsbaumzünsler (*Cydalima
 perspectalis*) 84
 Buffon, G. L. 240
 Buntspecht 266
 Butenandt, A. 83

C

Caldwell, J. P. 200
 Capsaicin 246
 Capsaicin-Rezeptor 247
 Cardenolid 132
 CF/FM-Fledermaus 288
 Chamäleon 209, 213
 Chamäleonaugen 210
 Chili (*Capsicum
 frutescens*) 246
 Chitin 54
 Chlamydera 261
 Chlorophyllabbau 58
 Choresine pulchra 272
 Cochenille 299
Codium fragile 29
 Colubriden 223, 224
 Confuciusornis dui 229
 Confuciusornis
 sanctus 229
 Convoluta 21
 Convoluta roscoffensis 20
 Craspedacusta sowerbyi 2

D

Dalton, S. 63
 Danaus plexippus sind 133
 Darwinfosch (*Rhinoderma
 darwinii*) 205
 Dendrobates
 vanzolinii 199
 Deutsche Weste (*Paravespula
 germanica*) 108
 Dickkopffliege (*Conops
 flavipes*) 109
 Dinosaurier 229
 Dohrn, A. 19
 Dominikanischer
 Schlitzrüssler
 (*Solenodon
 paradoxus*) 350
 Dreigang-Laubenvogel
 (*Chlamydera
 lauterbachii*) 261
 Dreizehenmöwe 238, 241
 Drossel 256
 Duft 81, 82
 Dumbacher, J. 271

E

Echoortung 288
 Echter Widderbock (*Clytus
 arietis*) 109
 Eibl-Eibesfeldt, I. 185
 Eichenschwammgallwespe 86
 Eichhörnchen (*Sciurus
 vulgaris*) 313, 320
 Eidechse 214, 215, 219
 Eierlegen 230

Einfarbpitohui (*Pseudorectes ferrugineus*) 273
 Eisbär (*Ursus maritimus*) 331
 Eisfuchs (*Vulpes lagopus*) 332
 Eissturmvogel 241
 Elapiden 223
 vs. Colapiden 225
 Elecatinus 187
 Elysia viridis 27
 Elytren 53
 endolithische Infauna 35
 Energiesparmethode 312
 Erdbeerfrosch (*Dendrobates pumilio*) 201
 Erdkröte 196
 Erdmännchen (*Suricata suricatta*) 354, 355
 erotisches Signal 301
 Ersatzschwanz 214
 Ethanol 255
 Europäische Auster (*Ostrea edulis*) 36
 Exenatid 347

F

Fabre, J.-H. 50, 82
 Fangheuschrecke 104
 Farbensehen 300
 Fauna VII
 interstitielle 5
 Feder 229
 Feldhamster 313, 318
 Fellfarbenwechsel 323

Fellwechsel 323
 Fisch 154, 157, 158
 Flachlandtapir (*Tapirus terrestris*) 333
 Flechte 17
 Fledermaus 284, 288, 290, 291
 Bedrohung 294
 fossile 285
 Gefahr durch
 Windkraftanlagen 295
 Flughund 286
 Flunder 163, 164
 Flusspferd 304
 Flussregenpfeifer (*Charadrius dubius*) 264
 Fremdgehen 279
 Frisch, K. v. 126
 Frischling 332
 Froschlurch 193, 197, 219

G

Gabelschwanz 113
 Gallenträger 85
 Gallerreger 85
 Gallerzeuger 86, 87
 Gastrodermis 20
 Gebänderte Waldschwebfliege (*Volucella inanis*) 109
 Gegenstromprinzip 232
 Gelbhalsmaus (*Apodemus flavicollis*) 321
 Gelbscheitelgärtner (*Amblyornis flavifrons*) 260

- Gelege-Ehe 276
 Gemüsepaprika (*Capsicum annuum*) 246
 Genialität IX, XII
 Genie IX, X
 Gewöhnliche Wespe
 (*Paravespula vulgaris*) 108
 Gewöhnlicher Putzerfisch
 (*Labroides dimidiatus*) 186
 Gift
 tierisches 346
 Giftspinne 346
 Gilatoxin 351
 Gila-Krustenechse 346
 Gliederfüßer *siehe*
 Arthropode
 Glühwürmchen 121
 Goldhaubengärtner
 (*Amblyornis macgregoriae*) 260
 Gonyautoxin 180
 Grevyzebra (*Equus grevyi*) 337
 Große Pfeffermuschel 243
 Größenunterschied der
 Geschlechter 161
 Großer Brachvogel 243
 Großer Fetzenfisch
 (*Phycodurus eques*) 172
 Großes Mausohr (*Myotis myotis*) 287
 Großes Nachtpfauenauge
 (*Saturnia pyri*) 82
 Grünalgen-Chloroplast 27
 Grzimek, B. 337
 H
 Haarkleid 282
 Haltere 57
 Hämhidrose 303
 Hamster 316, 318, 319
 und Landwirtschaft 319
 Haubenlangure
 (*Trachypithecus spec.*) 316
 Helgoland 235
 helicophil 66
 Heller Wiesenknopf-
 Ameisenbläuling
 (*Maculinea teleius*) 101
 Hermaea bifida 27
 Hermaea dendritica 28
 Hermelin (*Mustela erminea*) 323, 324
 Herzmuschel 243
 Heterotrophe 18
 Histamin 125
 Homobatrachotoxin 203,
 271
 Honigbiene 126, 127
 Honigtau 91
 Honigtautracht 98
 Hörbereich 288
 Hornisse (*Vespa crabro*) 109
 Hornissenglasflügler (*Sesia apiformis*) 109

Hornissenschwebfliege
(*Volucella*
zonaria) 109

Hufeisennase 286, 287

Hummel 89, 90

Hydrobia ulvae 23, 30

I

Insektenflügel 52, 53

Insektenlarve 59

interstitielle Fauna 5

Ithomia 105

J

Jakobskrautbär (*Tyria*
jacobaeae) 134

Jakobs-Kreuzkraut (*Seneio*
jacobaea) 134

Japanmakake (*Macaca*
fuscata) 329

Johanniswürmchen 121

K

Käferflügel 51, 53, 54

Kaiserpinguin (*Aptenodytes*
forsteri) 277

Karlson, P. 83

Kegelrobbe 296, 297

Keratin 229, 282

Kindchenschema 315

Kleine Waldameise (*Formica*
polycтена) 90

Kleiner Leuchtkäfer
(*Lamprohiza*
splendidula) 120

Kleptoplastie 28

Kliesche 164

Klippenbrüter 237

Knochenfisch 155

Knospengalle 86

Knurrhahn 167, 168

Knutt 243

Koevolution 88
Blüte und Bestäuber 72

Kolibri 233

Koloniebrüten 236

Korallennatter 223

Korallenotter 224

Korallenschlange 223

Kormoran 241

Krabbenspinne (*Misumena*
vatia) 75, 145

Krabbentaucher 241

Krähenscharbe 241

Krause Bohrmuschel (*Zirfaea*
crispata) 35

Kreuzenzian-Bläuling
(*Maculinea*
rebeli) 99

Krokodilwächter (*Pluvianus*
aegyptius) 189

Kronenlaubfrosch (*Anotheca*
spinosa) 202

Kryptobiose 44

Kubanischer Schlitzrüssler
(*Solenodon*
cubanus) 350

Kugelfisch 178, 180

Kurzschnabel 243

L

Lagocephalus gloveri 179
 Lagocephalus inermis 179
 Lagocephalus
 sceleratus 179
 Lamprohiza 121
 Langohrfledermaus
 (Otonycteris
 hemprichii) 289
 Langschnabel 244
 Lanugo 296
 Laternenangler (Linophryne
 arborifera) 159
 Laubenbau 258–262
 Laubenvogel 257–260
 Balzen 258
 Lebenssee 277
 Leimadopsis
 epinephelus 204
 Leptalis 105
 Lernen 328
 Lernverhalten 329
 Lesseps, F. de 179
 Leuchtkäfer 120, 121
 Limenitis archippus, 133
 Linné, C. v. 126, 139, 239
 Linophryne arborifera 161
 Littorina 23
 Lorenz, K. 314
 Luciferin 122
 Lummensprung 236
 Lungenenzian-
 Ameisenbläuling
 (Maculinea
 alcon) 100
 Lüscher, M. 83
 Lycaenidae 99

M

Macrocystis pyrifera 342
 Maculinea 100, 102
 Maculinea alcon 101
 Maculinea rebeli 101
 Madenhacker
 (Buphagus) 188
 Magenbrüterfrosch 206
 Mandibel 77
 Mandrill (Mandrillus
 sphinx) 302
 Mauerbiene 66
 Mauersegler (Apus
 apus) 248–251
 Mauswiesel (Mustela
 nivalis) 325
 Maxille 77
 Meeresvogel 237
 Meerkatze
 (Cercopithecus) 300
 Megafauna IX
 Meiofauna IX, 5
 Melanozyten-stimulierenden
 Hormon
 (MSH) 324
 Melatonin 218, 324
 Mertens, R. 226
 Mesopsammon 5
 Metamorphose 193
 Meyer-Abich, K. M. XI
 Micrurus 104, 223
 Miesmuschel 32, 34
 Mikrobenthos 5
 Anpassungsmerkmale 6
 Mikrofauna IX
 Mimese (Tarnung) 106,
 113

vs. Mimikry 106
 Mimikry 106, 107, 172
 Mittelamerika-Tapir (Tapirus.
 bairdii) 333
 Mohrenpitohui (Melanorectes
 nigrescens) 273
 Molch 196
 Mondvogel (Phalera
 bucephala) 112
 Monogamie 275
 serielle 278
 soziale 279
 Mopsfledermaus (Barbastella
 barbastellus) 290,
 291
 Mornell (Charadrius
 morinellus) 264
 Möwe 236
 Mücke 56
 Mungo (Herpestes
 edwardsii) 355–
 357
 Murmeltier 313
 Muschel 16, 40, 46
 Muschelkalk 40
 Myrmekophile 99
 Myrmica 100

N

Nachtjäger 287
 Nahrungsbeschaffung 15
 Nahrungskette 117
 Nahrungsspezialisierung 89
 Namib-Wüstenchamäleon
 (Chamaeleo
 namaquensis) 210

Nepticula 60
 Netzpython (Python
 reticulatus) 223
 Nilflughund 289
 Nomaden-Putzerlippfisch
 (Diproctacanthus
 xanthurus) 186
 Nördlicher Bootsmannfisches
 (Porichthys
 notatus) 168
 Nubischer Wildesel (Equus
 africanus
 africanus) 337
 Nudibranchia 26, 27

O

Odinshuhn (Phalaropus
 lobatus) 273
 Ohrwurm (Forficula
 auricularia) 55
 Okapi (Okapia
 johnstoni) 333
 optische Frühwarnung 351
 Organellen-Retention 28
 Osteocephalus
 oophagus 200

P

Palmendieb (Birgus
 latro) 138, 139
 Pandaka pygmaea 157
 Pantoffelschnecke 23, 25
 Papageitaucher 241
 Paramecium 11
 Paramecium bursaria 19

- Parfüm 84
 Parietalorgan 219
 Partnersuche 120
 Pazifische Auster (*Crassostrea gigas*) 36
 Petermännchen (*Echiichthys draco*) 183
 Pfeifhase
 (*Ochotonaspec.*) 320
 Pfeilgiftfrosch 203, 272
 Pflanzengalle 84, 85
 Pfuhschnepfe 243
 Pheromon 83, 135, 159
 zur Schädlings-
 bekämpfung 83
 Photinus 122
 Photinus sanguineus 124
 Photosynthese 18
 Phrynosoma 207
 Phyllobates terribilis 202
 Phytomimese 113
 Phytotelme 198
 Pinealorgan 219
 Pinguin 234, 239, 240
 Pinguinus impennis 239
 Plastidensymbiose 28
 Plattfisch 155, 162–164, 166
 Plumploris (*Nycticebus spec.*) 348, 349
 Polarwolf (*Canis lupus arctos*) 331
 Pollenanheftungs-
 möglichkeit 89
 Pollenkorn 89
 Polydora ciliata 37
 Polydora ligni hat 38
 Porphyra 42
 Primaten 330
 Prinzing, R. 255
 Putzerlippfisch 185, 186
 Putzsymbiose 188
 Pyrrolizidin-Alkaloid 134
- Q**
- Quagga (*Equus quagga quagga*) 338
- R**
- Regenpfeifer 264
 Remane, A. 4
 Reptilien 192, 194
 Reynolds, O. 12
 Reynolds-Zahl 12
 Rheingruppe (*Cottus rhenanus*) 177
 Rheobatrachus silus 206
 Rheobatrachus
 vitellinus 206
 Riemenfisch (*Regalecus glesne*) 156
 Riesenalk 239, 240
 Rote Waldameise (*Formica rufa*) 91
 Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus*) 321
 Roter Knurrhahn (*Trigla lucerna*) 167
 Rotfeuerfisch (*Pterois volitans*) 182
 Rotkehlantilope (*Anolis carolinensis*) 216

- Rotschenkel 243
 Ruderfußkrebs 6
 Ruhekleid 273
 Rundblattnase 286, 287
 Rußtaupilz 98
- S**
 Sacoglossa 26
 Sanderling 243
 Sandlückenfauna 4, 8, 9
 Sandregenpfeifer 243
 Säugetier 282–284, 326
 Einteilung 282
 Saugrüssel 77–80
 Saxitoxin 180
 Schabe 80
 Schabrackentapir (Tapirus indicus) 333
 Scheitelauge 218, 221
 Scheldegroppe (Cottus perifretum) 177
 Schiffsbohrwurm 45, 47
 Schillernder Seeringelwurm 243
 Schlafkrankheit 337
 Schlange 222
 Schlickkrebs 148, 243
 Schmetterlingsflügel 118
 Schmetterlingsrüssel 78
 Querschnitt 80
 Schminken 298, 299
 Schnabeltiers (Ornithorhynchus anatinus) 347, 348
 Schneckenhaus
- als Bienenwohnung 66
 Scholle 163, 164
 Schuppenkriechtiere 194
 Schwanzabwerfen 214
 Schwanzkupieren 213
 Schwanzlurch 193
 Schwarze Witwe (Latrodectus mactans tredecimguttatus) 140–142
 Schwarzfleckiger Ameisenbläuling (Maculinea arion) 101
 Schwirrflug 76
 Seenadel 173
 Seeotter (Enhydra lutris) 343, 344
 Seepferdchen 172
 Seepocke 149, 151
 innere Organisation 150
 Seestern 34
 Seewespe (Chironex fleckeri) 2
 Seezunge 164
 Seidenlaubenvogel (Ptilonorhynchus violaceus) 261, 262
 Seidenspinner (Bombyx mori) 83
 Sericulus 261
 Sexualdimorphismus 158
 Sexualität als Sozialfunktion 300
 Siebröhrensaft 95

slipper limpet 23
 Somatolyse 172
 sozialer Status, 340
 Spechtschädel 267
 Spinne 143, 145
 Spinnfaden 144
 Stachelmaus (*Acomys*) 216
 Star (*Sturnus vulgaris*) 189,
 253, 274
 ADH-Enzym 255
 Stechmücke 124, 125
 Mundwerkzeuge 125
 Steinbutt 164, 166
 Steinwölzer 244
 Steppenzebra (*Equus*
 quagga) 337
 Stinkdachs (*Mydaus*) 353
 Stinktief 352
 Storchschnabel-Bläuling
 (*Plebejus*
 eumedon) 99
 Streifenhyäne (*Hyaena*
 hyaena) 334
 Streifenskunk (*Mephitis*
 mephitis) 334,
 352
 Strömungsgesetz 40
 Stubenfliege 61, 62, 64
 Symbiose 17

T

Tagpfauenauge (*Inachis*
 io) 118
 Takifugu chrysops 179
 Takifugu pardalis 179
 Tannenhonig 96

Tapir 333
 Tarnkleid 104, 112
 Tarnung 106
 Tätowierung 299
 Taubenschwänzchen
 (*Macroglossum*
 stellatarum) 76
 Temperaturregulation 314
 Tetraselmis convolutae 20
 Tetrodotoxin 180
 Texas-Kröte nechse 207
 Thompson, T. E. 26
 Tier
 betrunkenes 254
 giftiges 131
 Tiger 340
 Tordalk 241
 Trehalose 44
 Treue 278
 Trockenstarre 44
 Trottellumme 234, 241
 Tsetsefliege (*Glossina*) 336
 Tuatara 221
 Tympanalorgan 290

U

Unio tumidus 174
 Untreue 279

V

Vogel 228, 230
 Gedächtnisleistungen 233
 Vogelfuß 230
 Vogelschnabel 242

W

Waage, J. 336
 Wabenbau 129
 Wabenkröte (Pipa
 pipa) 205
 Waldameise 91
 Wallace, A. R. 105
 Wandelndes Blatt 113, 114
 Warntracht 108
 Warnung 107
 Wasser 10
 Wasserläufer (Gemis) 136,
 137
 Wasserspitzmaus
 (Neomys) 351
 Wattboden 16
 Wattknistern 148
 Wattschnecke 30, 243
 Aktivitätsphasen 32
 Wattwurm 243
 Weiße Bohrmuschel (Barnea
 candida) 35
 Wespemnest 110
 Wespenbussard (Pernis
 apivorus) 269,
 271
 Wespennest 110
 Wespentracht 108–110
 Wildbiene 65

Wildbienenhotel 68
 Wildschwein (Sus
 scrofa) 332
 Wildtruthahn (Meleagris
 gallopavo) 247
 Winterschlaf 312
 Wirbellose 2
 Wohnröhre 14
 Wollbiene (Anthidium
 manicatum) 109
 Wurzelgalle 87

Z

Zebrafell 335, 336
 Zebrafink 280
 Zebamanguste (Mungos
 mungo) 334, 357
 Zebrastreifen 334–336
 Zirbeldrüse 217–219
 Zugvogel 233
 Zweifarbenpitohui (Pitohui
 dichrous) 271
 Zweifarbiges Mauerbiene
 (Osmia
 bicolor) 66, 67
 Zweiflügler 57
 Zwergmottenraupe 60



Willkommen zu den Springer Alerts

Jetzt
anmelden!

- Unser Neuerscheinungs-Service für Sie:
aktuell *** kostenlos *** passgenau *** flexibel

Springer veröffentlicht mehr als 5.500 wissenschaftliche Bücher jährlich in gedruckter Form. Mehr als 2.200 englischsprachige Zeitschriften und mehr als 120.000 eBooks und Referenzwerke sind auf unserer Online Plattform SpringerLink verfügbar. Seit seiner Gründung 1842 arbeitet Springer weltweit mit den hervorragendsten und anerkanntesten Wissenschaftlern zusammen, eine Partnerschaft, die auf Offenheit und gegenseitigem Vertrauen beruht.

Die SpringerAlerts sind der beste Weg, um über Neuentwicklungen im eigenen Fachgebiet auf dem Laufenden zu sein. Sie sind der/die Erste, der/die über neu erschienene Bücher informiert ist oder das Inhaltsverzeichnis des neuesten Zeitschriftenheftes erhält. Unser Service ist kostenlos, schnell und vor allem flexibel. Passen Sie die SpringerAlerts genau an Ihre Interessen und Ihren Bedarf an, um nur diejenigen Informationen zu erhalten, die Sie wirklich benötigen.

Mehr Infos unter: springer.com/alert