EINLEITUNG

Ein Leben mit Insekten

Insekten faszinieren mich schon mein ganzes Leben lang. Ich erinnere mich noch, dass ich bereits im Alter von fünf bis sechs Jahren am Rand des Schulhofs ein paar gelb-schwarz geringelte Raupen fand. Sie fraßen Unkraut, das aus den Rissen im Asphalt spross. Ich klaubte die Raupen auf, setzte sie zwischen die Krümel in meiner leeren Brotzeitdose und nahm sie mit nach Hause. Mithilfe meiner Eltern fand ich Blätter, die den Tierchen schmeckten, und so verwandelten sich die Raupen im Lauf der Zeit in hübsche schwarz-rote Nachtfalter (deutschsprachige Leser kennen sie vielleicht als Jakobskrautbären). Mir kam das vor wie Zauberei – was sich übrigens bis heute nicht geändert hat. Ich war total fasziniert.

Inzwischen ist es mir gelungen, mein Kindheitshobby zum Beruf zu machen. Als Teenager habe ich sämtliche Wochenenden und Ferien damit verbracht, mit einem Netz Schmetterlinge zu fangen, Bodenfallen für Käfer aufzustellen oder mit einer Zuckerlösung Falter anzulocken. Bei speziellen Versandhäusern bestellte ich Eier exotischer Insektenarten und beobachtete, wie sie sich zu bizarren, in allen Farben leuchtenden Raupen und schließlich zu riesigen prächtigen Faltern entwickelten: *Actias Selene*, manchmal auch Indischer Mondspinner genannt, mit seinen zu langen Schwänzen ausgezogenen Hinterflügeln; der Madagaskar-Pfauenspinner mit seinen leuchtenden Augenflecken; riesige schokoladenbraune Atlasspinner aus Südostasien, die von der Flügelfläche her größte Schmetterlingsart überhaupt. Als Studienfach in Oxford wählte ich natürlich Biologie und promovierte später an der Oxford Brookes, der bodenständigeren Uni auf einem Hügel östlich von Oxford, über

die Ökologie von Schmetterlingen. Danach folgten verschiedene Forschungsstellen: zuerst wieder an der Universität Oxford, wo ich mich mit dem ungewöhnlichen Paarungsverhalten des gescheckten Nagekäfers befasste, dann gleichfalls in Oxford in einem staatlichen Labor, wo ich darüber forschte, wie man Nutzpflanzen durch das Besprühen mit Viren vor Schädlingsbefall schützen kann. Da ich aber ungern Insekten töte, widerstrebte mir diese letzte Stelle, darum war ich wirklich erleichtert, als mir in der Abteilung Biologie der Universität Southampton eine Festanstellung angeboten wurde.

Nun spezialisierte ich mich auf Hummeln, meine Lieblingsinsekten (obwohl es diesbezüglich sehr viele Anwärter gibt). Da es mich faszinierte, dass Hummeln sich immer nur ganz bestimmte Blumen aussuchen, erforschte ich fünf Jahre lang ihre Fähigkeit, nektarlose Blüten zu identifizieren, indem sie den duftenden Fußabdruck einer kürzlich da gewesenen Hummel »erschnüffeln«. Mir wurde klar, dass sich hinter ihrer tollpatschigen Teddybär-Erscheinung hohe Intelligenz verbirgt, ja dass Hummeln die Geistesriesen der Insektenwelt sind. Sie können sich bestimmte Orientierungspunkte und Blumenbeete merken, finden Belohnungen, die sich in raffiniert konstruierten Blüten verbergen, und saugen sie mithilfe ihres Rüssels geschickt heraus. Außerdem leben sie in komplexen Staatsgebilden, in denen Komplotte und Königinnenmorde an der Tagesordnung sind. Verglichen mit den Hummeln kamen mir die Schmetterlinge, die ich in meiner Jugend gefangen hatte, jetzt bei all ihrer Schönheit doch wie etwas beschränkte Kreaturen vor.

Ich hatte das Glück, auf den Spuren der Insekten die ganze Welt zu bereisen, von den Wüsten Patagoniens bis zu den eisigen Gipfeln der Region Fjordland in Neuseeland und den feuchten, bewaldeten Bergen Bhutans. Ich konnte beobachten, wie riesige Schwärme von Ritterfaltern aus dem Uferschlamm eines Flusses in Borneo Mineralien saugten oder wie in den Sümpfen Thailands nachts Tausende von Leuchtkäfern synchron mit ihren Artgenossen blinkten. Zu Hause in meinem Garten in Sussex habe ich unzählige Stunden damit verbracht, bäuchlings auf dem Boden liegend Insekten zu beobachten: Heuschrecken, die sich paarten

und Rivalen abwehrten, Ohrwürmer, die ihre Jungen hegten, Ameisen, die Blattläuse melkten, um Honigtau zu gewinnen, und Blattschneiderbienen, die Blätter aussägten, um damit ihre Nester auszukleiden.

Das hat mir immer unglaublich viel Freude bereitet. Und doch bedrückte mich das Wissen, dass all diese Tiere im Rückgang begriffen sind. Seitdem ich vor 50 Jahren auf dem Schulhof meine ersten Raupen eingesammelt habe, ist die Zahl der Schmetterlinge und Hummeln stetig zurückgegangen – und das gilt für fast jede der unzähligen Insektenarten, die unsere Welt am Laufen halten. Diese schönen, faszinierenden Wesen sind im Verschwinden begriffen, Ameise um Ameise, Biene um Biene, Tag für Tag. Die Schätzungen variieren und sind ungenau, aber höchstwahrscheinlich ist die gewaltige Masse von Insekten seit meinem fünften Lebensjahr um 75 Prozent geschrumpft. Jahr für Jahr wird dies wissenschaftlich immer besser abgesichert, immer mehr Studien dokumentieren den Kollaps der Monarchfalter-Populationen in Nordamerika, den Rückgang der Insekten in den Wäldern und Wiesen Deutschlands oder das scheinbar unaufhaltsame Verschwinden der Hummeln und Schwebfliegen in Großbritannien.

1963, zwei Jahre vor meiner Geburt, warnte Rachel Carson in ihrem Buch *Der stumme Frühling* davor, dass wir unserem Planeten schrecklichen Schaden zufügen. Carson würde weinen, wenn sie heute sähe, dass es noch so viel schlimmer gekommen ist, als sie es vorhergesehen hat. Lebensräume von Insekten – Heuwiesen, Sumpfgebiete, Heideland und tropische Regenwälder – wurden in großem Maßstab niedergebrannt, kaputt gepflügt oder von Bulldozern platt gewalzt. Die Probleme mit Pestiziden und Düngemitteln, die Carson aufzeigte, sind noch viel akuter geworden, da weltweit alljährlich drei Millionen Tonnen Pestizide in die Umwelt gelangen. Einige dieser neuen Pestizide sind tausendfach toxischer für Insekten als sämtliche Schädlingsbekämpfungsmittel, die es zu Carsons Lebzeiten gab. Die Bodenqualität hat sich verschlechtert, Flüsse erstickten im Schlick und wurden mit Chemikalien verseucht. Und der Klimawandel, ein damals noch unbekanntes Phänomen, stellt für unseren angeschlagenen Planeten eine noch verheerendere Bedrohung dar.

All diese Veränderungen geschehen zu unseren Lebzeiten, direkt vor unseren Augen, und vollziehen sich immer schneller.

Dass die Insekten verschwinden, muss jeden von uns betrüben, der diese kleinen Kreaturen um ihrer selbst willen liebt und schätzt. Darüber hinaus ist aber auch das Wohl der gesamten Menschheit bedroht, weil die Insekten unsere Nutzpflanzen bestäuben, Dung, Laub und Leichen kompostieren, den Boden gesund erhalten, Schädlinge in Schach halten und vieles, vieles mehr. Zahllose größere Tiere wie etwa Vögel, Fische und Frösche ernähren sich von Insekten. Wildblumen sind auf die Bestäubung durch Insekten angewiesen. Wenn es immer weniger Insekten gibt, gerät auf der Welt alles ins Stocken, denn ohne Insekten funktioniert einfach nichts. Wie Rachel Carson sagte: »Da der Mensch ein Teil der Natur ist, bedeutet sein Krieg gegen die Natur zwangsläufig einen Krieg gegen sich selbst.«

Inzwischen verbringe ich einen Großteil meiner Zeit mit dem Versuch, in den Menschen die Liebe zu den Insekten zu wecken oder wenigstens einen gewissen Respekt für all die lebensnotwendigen Aufgaben, die diese kleinen Tiere vollbringen. Und aus diesem Grund habe ich natürlich auch dieses Buch geschrieben. Ich würde mir wünschen, dass Sie die Insekten mit meinen Augen sehen: als schöne, faszinierende Wesen, die manchmal höchst seltsam, zuweilen bedrohlich und verstörend, aber immer wunderbar sind und unsere Wertschätzung verdienen. Sie werden verblüfft sein, wenn ich Ihnen einige ihrer erstaunlichen Gewohnheiten, Lebenszyklen und Verhaltensweisen schildere, die die kühnsten Ideen von Science-Fiction-Autoren in den Schatten stellen. Zwischen die einzelnen Kapitel über die Welt der Insekten, ihre Entwicklungsgeschichte, ihre Bedeutung und die vielen Bedrohungen, denen sie ausgesetzt sind, füge ich kleine Porträts einiger meiner Lieblingsinsekten ein.

Obwohl es leider keinen Zweifel geben kann, dass die Zeit abläuft, ist es doch noch nicht zu spät. Die Insekten brauchen unsere Hilfe. Die meisten sind noch nicht ganz ausgestorben. Wenn wir ihnen nur ein klein wenig Freiraum schenken, können sie sich in kurzer Zeit wieder erholen,

denn sie vermehren sich rasch. Sie leben rings um uns herum: in unseren Gärten, Parks, auf Ackerflächen, im Boden unter unseren Füßen, ja selbst in Rissen im Asphalt. Und so können wir alle dafür sorgen, dass diese lebensnotwendigen Tiere nicht aus unserer Welt verschwinden. Mag sein, dass wir uns angesichts all der bedrohlichen Umweltprobleme oft hilflos fühlen, aber dennoch können wir uns durch einfache Maßnahmen für Insekten engagieren.

Ich behaupte, dass ein fundamentaler Wandel nötig ist. Wir sollten mehr Insekten in unsere Gärten und Parks locken, sollten Stadtgebiete, Straßenränder, Bahntrassen und Kreisverkehre in ein Netz pestizidfreier, blumenreicher Habitate verwandeln. Wir müssen unser marodes Nahrungsversorgungssystem radikal verändern und Lebensmittelverschwendung und Fleischkonsum drosseln, um einen großen Teil der landwirtschaftlich weniger stark genutzten Gebiete für die Natur zurückzugewinnen. Es bedarf der Entwicklung eines nachhaltigen Agrarsystems. Wir müssen verstärkt auf die Kooperation mit der Natur setzen und gute, gesunde Nahrung produzieren, statt in riesigen, öden, pestizidverseuchten und überdüngten Monokulturen minderwertige Massenprodukte zu erzeugen. Wir alle können an diesen Veränderungen auf vielfältige Art und Weise mitwirken: etwa, indem wir bevorzugt saisonale, biologisch angebaute Früchte und Gemüsesorten kaufen; indem wir unsere Nahrungsmittel selbst anbauen; indem wir Politiker wählen, die Umweltfragen ernst nehmen, und indem wir unsere Kinder in dem Bewusstsein erziehen, dass wir unbedingt pfleglicher mit unserem Planeten umgehen müssen.

Stellen Sie sich einmal eine Zukunft vor, in der wir grüne Städte hätten – auf jedem freien Platz wüchsen Wildblumen und Obstbäume, sämtliche Dächer und Mauern wären begrünt; eine Zukunft, in der Kinder noch mit dem vertrauten Gezirpe der Grillen, dem Zwitschern der Vögel, dem Brummen vorbeifliegender Hummeln, dem Anblick bunt schillernder Schmetterlingsflügel aufwachsen dürften. Diese Zukunftsstädte wären von kleinen biodiversen landwirtschaftlichen Betrieben umgeben, die gesunde Obst- und Gemüsesorten produzieren würden. Unzählige

wilde Insekten würden die Bestäubung übernehmen, Schädlinge würden von einer Armee natürlicher Feinde in Schach gehalten, und Myriaden von Bodenorganismen würden das Erdreich durchwühlen, für einen gesunden Boden sorgen und die Kohlenstoffvorräte erhalten.

Abseits der Städte böten Renaturierungsprojekte den Menschen die Möglichkeit, in ihrer Freizeit die Natur zu erkunden: Biberdämme in Feuchtgebieten würden von Libellen und Schwebfliegen nur so wimmeln, in üppigen Blumenwiesen und einem Mosaik aus Wäldern herrschte reges Leben. Das mag wie reine Fantasie klingen, aber unser Planet böte genügend Platz dafür, dass alle Menschen ein erfülltes Leben führen und sich gesund ernähren könnten. Wir können die Erde in einen lebendigen, grünen Ort verwandeln. Wir müssen nur lernen, mit der Natur zu leben, als Teil von ihr, nicht von ihr getrennt. Und der erste Schritt in diese Richtung besteht darin, dass wir uns um die Insekten kümmern, um all die kleinen Lebewesen, die diese unsere Welt am Laufen halten.

TEIL I

Warum Insekten so wichtig sind

ICH FÜRCHTE, die meisten Menschen mögen Insekten nicht besonders. Ja ich würde sogar noch weiter gehen: Ich glaube, die meisten Menschen verabscheuen Insekten und haben Angst vor ihnen. Oft wird von »Krabbelgetier« oder »Ungeziefer« gesprochen. Für viele von uns sind diese Begriffe mit ekligen, lästigen kleinen Biestern verbunden, die im Schmutz leben und Krankheiten verbreiten. Immer mehr Menschen, die in Großstädten aufwachsen, kommen in ihrer Kindheit kaum noch mit Insekten in Berührung, wenn man mal von Stubenfliegen, Stechmücken und Kakerlaken absieht. Und deshalb ist es vielleicht gar nicht überraschend, dass Insekten oftmals Angst auslösen. Die meisten von uns fürchten sich vor dem Unbekannten, Fremden. Folglich ist nur wenigen Menschen bewusst, wie absolut notwendig Insekten für unser eigenes Überleben sind. Und noch weniger Leute erkennen die wunderbare Klugheit, die geheimnisvolle Faszination dieser Wesen. Ich möchte die Menschen dazu bringen, Insekten zu lieben oder zumindest zu respektieren. Dies betrachte ich als meine Mission und möchte in meinem Buch erläutern, warum wir schon Kinder dazu anhalten sollten, diese winzigen Kreaturen, die so unendlich wichtige Aufgaben erfüllen, zu hegen und zu pflegen.

1

Eine kurze Geschichte der Insekten

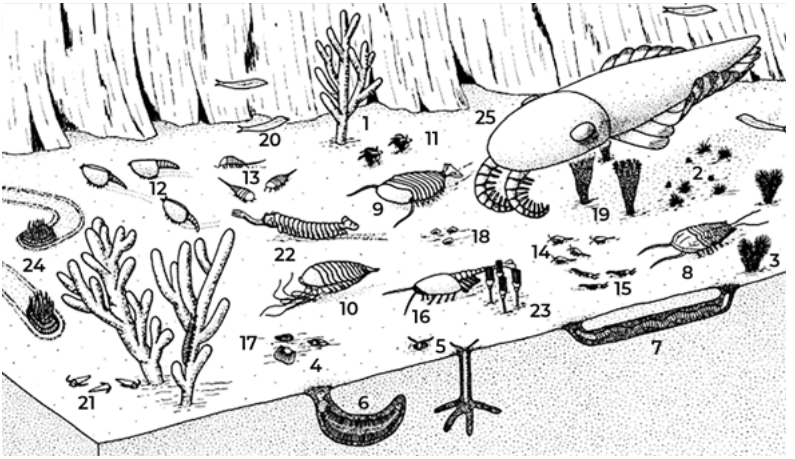
Beginnen wir ganz am Anfang. Insekten gibt es schon sehr, sehr lange. Ihre Vorfahren entwickelten sich im Urschlamm der Meeresböden, vor einer halben Milliarde Jahren – seltsame gepanzerte Kreaturen, wissenschaftlich Arthropoden genannt (das heißt Gliederfüßer), mit einem Außenskelett und gegliederten Beinen. Die wenigen Fossilien, die uns aus jener Zeit vorliegen, etwa die Fundstücke aus dem berühmten Burgess-Schiefer in den kanadischen Rocky Mountains, geben uns einen fantastischen Einblick in jene Urwelt. Die Mannigfaltigkeit der versteinerten Insekten ist enorm. Viele davon sind, was ihren Körperbau oder die Anzahl und Form ihrer Gliedmaßen, Augen und anderer rätselhafter Körperteile betrifft, mit nichts vergleichbar, was wir heute kennen. Als hätte Mutter Natur zufällig ein erfolgreiches Konzept entwickelt und damit spielerisch weiter experimentiert, so wie ein Kind immer wieder neue Möglichkeiten ausprobiert, mit seinem Metallbaukasten ein Fantasiewesen zusammenzuschrauben. Zum Beispiel war das treffenderweise *Hallucigenia* genannte Tier eine wurmähnliche Kreatur, von der man ursprünglich annahm, sie habe sich auf langen, stachelartigen Beinen fortbewegt und auf dem Rücken eine bizarre Frisur aus wehenden Tentakeln getragen – doch in Illustrationen der jüngsten Zeit wurde dieses Wesen einfach umgedreht, sodass es jetzt auf den Tentakeln läuft und die Stacheln womöglich seiner Verteidigung dienten. Ein anderes Tier, *Opabinia,* verfügte über fünf an Stielen sitzende Augen und eine einzige hummerartige Klaue, die dem Kopf entsprang; wogegen *Leanchoilia,* eine asselartige Kreatur, vorn mit zwei langen, armartigen Gliedmaßen aus-

gestattet war, die sich jeweils in drei Fühler teilten. Dann gab es da noch *Anomalocaris,* ein Geschöpf, das man ursprünglich für drei verschiedene Tiere gehalten hatte – erstens ein garnelenartiges Wesen, zweitens eine Qualle und drittens eine Art Seegurke. Doch inzwischen nimmt man an, dass diese drei Teile zu einem einzigen Lebewesen gehörten und es sich bei der vermeintlichen Seegurke um den Körper, bei der Qualle um die Mundwerkzeuge und bei der garnelenartigen Kreatur um eins der beiden Beine handelte. Mit einer Länge von etwa 50 Zentimetern war *Anomalocaris* das größte bislang beschriebene Fossil aus dem Burgess-Schiefer. Über die Verhaltensweisen und Lebenszyklen dieser kleinen Seemonster, die vor fünfhundert Millionen Jahren lebten, können wir nur spekulieren. Die Urmeere wimmelten von diesen bizarren, wundervollen Wesen, heute aber sind sie alle ausgestorben, auch wenn einige ihrer Nachfahren sicherlich noch in unseren Meeren existieren.

Fest steht jedoch, dass sich diese frühen Arthropoden versuchshalber bereits an Land wagten, vielleicht auf der Flucht vor Konkurrenten und Verfolgern oder auf der Jagd nach Beute.

Dass die Arthropoden über ein Außenskelett verfügten, erwies sich an Land als vorteilhaft: Die meisten Meereswesen wie Quallen und Meeresschnecken können sich nämlich nur im Wasser fortbewegen und zappeln hilflos am Strand, wenn sie von einer Welle ans Ufer gespült werden. Diese frühen Arthropoden jedoch konnten sich mithilfe ihres starren Außenskeletts an Land fortbewegen und entfernten sich auf ihren Erkundungsgängen immer weiter vom Wasser. Schließlich begründeten sie die erfolgreichste Dynastie, die die Erde je gesehen hat. Bis zum heutigen Tag sind Insekten die mit Abstand erfolgreichsten Landwesen, wenn man sie an der Zahl der Arten und Individuen misst (und nicht etwa, wie es bei den Menschen der Fall ist, an ihrer Fähigkeit, den Planeten zu zerstören).

Vor vielleicht 450 Millionen Jahren erprobten viele verschiedene Stammlinien von Arthropoden das Leben an Land. Frühe Arachniden schleppten sich aus dem Meer, um zu Spinnen, Skorpionen, Zecken und Milben zu werden – aus menschlicher Sicht vielleicht nicht die glamou-



Tiere aus dem Burgess-Schiefer, die vor fünfhundert Millionen Jahren im Meer gelebt haben: Zu diesen bizarren Kreaturen gehören viele frühe Arthropoden, Vorfahren der Insekten. Schwämme: *Vauxia* (**1**), *Choia* (**2**), *Pirania* (**3**); Brachiopoden: *Nisusia* (**4**); Vielborster: *Burgessochaeta* (**5**); Priapswürmer: *Ottoia* (**6**), *Louisella* (**7**); Trilobiten: *Olenoides* (**8**); weitere Arthropoden: *Sidneyia* (**9**), *Leanchoilia* (**10**), *Marrella* (**11**), *Canadaspis* (**12**), *Molaria* (**13**), *Burgessia* (**14**), *Yohoia* (**15**), *Waptia* (**16**), *Aysheaia* (**17**); Mollusken: *Scenella* (**18**); Stachelhäuter: *Echmatocrinus* (**19**); Chordaten: *Pikaia* (**20**); sowie *Haplophrentis* (**21**), *Opabinia* (**22**); Lophophorata: *Dinomischus* (**23**); Proto-Anneliden: *Wiwaxia* (**24**), und der Anomalocaride *Laggania cambria* (**25**). Aus Wikicommons https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Burgess_community.gif.

rösesten Tiere, aber auf ihre Art jedenfalls sehr erfolgreich. Doppelfüßer spazierten gemächlich an Land und okkupierten schattige, feuchte Habitate, ernährten sich bescheiden von verfaulendem organischem Material im Boden, unter Baumstämmen und Steinen, wo sie bis heute friedlich im Verborgenen leben. Dorthin wurden die Doppelfüßer von ihren ausgesprochen räuberischen und sehr viel schnelleren Verwandten, den Tausendfüßlern, verfolgt, die gleichfalls im Boden und an anderen dunklen feuchten Orten existieren.

Einige Krebstiere (Krabben, Hummer, Garnelen usw.) versuchten es zwar gleichfalls mit dem Leben an Land, aber die meisten schafften es nicht. Diese Gruppe existiert mit unglaublich vielen Arten bis zum

heutigen Tag in unseren Ozeanen, doch ihre erfolgreichste terrestrische Vertreterin ist die bescheidene Assel, auf ihre Art ein liebenswertes und wichtiges Tier, das jedoch keinen ernsthaften Anspruch auf die Weltherrschaft erhebt.

Die frühen Arthropoden, die sich an Land wagten, wie etwa die heutigen Asseln und Tausendfüßler, lebten vermutlich auf feuchte Milieus beschränkt: am Ufer, im Schlamm, unter Steinen oder in Moosbüscheln. Wassertiere sterben an Land meist schnell an Dehydration, vor allem so kleine Tiere, wie es die meisten Arthropoden nun mal sind. Ob Erkundungsgänge an Land erfolgreich sind, hängt maßgeblich von ihrer Imprägnierung ab. Spinnen haben das sehr gut gelöst, indem sie als äußerste Hülle eine hauchdünne Schicht aus wachsartigen Substanzen besitzen, die sie befähigt, selbst in kargsten, wasserärmsten Regionen zu überleben; ich habe schon Spinnen mitten in der Sahara auf einem dürren, unbelaubten Strauch geduldig in ihren zarten Netzen sitzen sehen. Tatsächlich meisterten das Leben an Land aber die Insekten. Ihre Ursprünge lassen sich nicht exakt bestimmen:

Man nimmt an, dass sich terrestrische Insekten vor etwa vierhundert Millionen Jahren entwickelt haben. Vielleicht stammen sie von einem Vorfahren unserer Krebse ab, vielleicht von einem Tausendfüßler, viel wahrscheinlicher aber von einer Gruppe Ur-Arthropoden, die weder bis heute überlebt haben, noch bisher in Fossilien gefunden wurden.*

Wie aber definieren oder identifizieren wir ein Insekt? Die Antwort lautet, dass alle Insekten bestimmte Charakteristika aufweisen, die sie von anderen Gliederfüßern unterscheiden. Ihr Körper ist in drei Abschnitte gegliedert: Kopf, Thorax und Abdomen. Im Gegensatz zu allen anderen Arthropodengruppen verfügen Insekten über sechs am Thorax sitzende Beine. Genau wie die Spinnen haben auch Insekten eine wasser-

* Ein Wesen, das dem modernen Menschen ziemlich ähnlich sah, erschien erst vor ungefähr einer Million Jahren, Insekten existieren also schon 400 Mal länger als wir. Als die ersten Dinosaurier auftauchten (etwa vor 240 Millionen Jahren), gab es Insekten schon ewig, und sie haben bisher vier der fünf Massenauslöschungen auf der Erde überlebt, einschließlich des Massensterbens, das die Dinosaurier auslöschte.

dichte Oberhaut entwickelt, die mit wachsartigen, öligen Substanzen versiegelt ist.

Mit dieser Grundausstattung machten sich Insekten auf, terrestrische Lebensräume zu erobern, wären aber vermutlich nicht weit gekommen, hätte nicht ein weiterer riesiger evolutionärer Schritt entscheidend zu ihrem globalen Erfolg beigetragen. Eines der frühen Insekten erhob sich nämlich in die Lüfte. Einige primitive flugunfähige Insekten haben bis zum heutigen Tag überlebt – die Silberfischchen sind vielleicht noch die bekanntesten (dennoch quasi kaum bekannt oder erforscht). Jene Insekten jedoch, die fliegen konnten, traten ihren Siegeszug an.

Dass Tiere flugfähig wurden, hat sich in den dreieinhalb Milliarden Jahren seit Beginn des Lebens auf der Erde wohl nur viermal ereignet. Die Insekten waren vor etwa 380 Millionen Jahren die Pioniere der Luft (gefolgt von den Flugsauriern vor 228 Millionen Jahren, den Vögeln vor etwa 150 Millionen Jahren und den Fledermäusen vor etwa 60 Millionen Jahren). 150 Millionen Jahre lang hatten die Insekten den Himmel ganz für sich. Es ist nicht klar, wie sich die Flugfähigkeit entwickelte, doch eine weit verbreitete Theorie besagt, dass Flügel ursprünglich Flügelscheiden waren, wie man sie heute noch bei den Nymphen der Eintagsfliegen sehen kann. Anfangs haben diese Flügelanlagen vielleicht nur das Gleiten erleichtert, aber irgendwann wurden sie dann frei beweglich und setzten zum ersten Flug aus eigener Kraft an.

Fliegen zu können bringt entscheidende Vorteile. Fluginsekten können landgebundenen Räubern entfliehen und sind mobiler bei der Nahrungs- oder Partnersuche. Auch Insektenwanderungen sind möglich, und so legen Schmetterlinge wie der Amerikanische Monarchfalter oder der Distelfalter mittlerweile alljährlich Tausende von Meilen zurück, um der Winterkälte zu entfliehen. Für Asseln oder Tausendfüßler sind Wanderungen hingegen keine realistische Option.

Mit ihrer neu entdeckten Superkraft vermehrten sich die Fluginsekten im Karbon (das vor etwa 359 Millionen Jahren begann und vor etwa 299 Millionen Jahren endete). Es traten viele neue Insektengruppen in Erscheinung, einschließlich der nicht sehr flugtüchtigen Gottesanbeterin-

nen, Kakerlaken und Grashüpfer sowie eleganteren Fliegern wie etwa Eintagsfliegen und Libellen.

Während die Insekten eifrig fliegen lernten, ruhten sich auch die Pflanzen nicht auf ihren Lorbeeren aus. Auch sie hatten eine bessere Imprägnierung ihrer Blätter entwickelt und waren im Konkurrenzkampf um das Licht immer höher gewachsen, sodass Wälder aus gigantischen Baumfarnen entstanden (von denen einige, als sie in den morastigen Waldboden sanken, zu Steinkohlefossilien wurden). Obwohl es zu diesem Zeitpunkt bereits Amphibien und die ersten Eidechsen gab, wurde das terrestrische Leben wohl von Insekten dominiert. Die Luft war damals sauerstoffreicher als heute, was einer der Gründe dafür gewesen sein mag, dass Insekten viel größer wurden als heute. Könnte man in jene urzeitlichen Wälder zurückreisen, würde man zwischen den Bäumen *Meganeura* umhersegeln sehen – riesige libellenartige Insekten mit einer Flügelspannweite von über 70 Zentimetern!

Auch wenn die Flugfähigkeit die wichtigste Neuerung gewesen sein mag, hatten die Insekten doch noch ein paar mehr Tricks im Ärmel. Zunächst, kurz nach Ende des Karbons vor etwa 280 Millionen Jahren, gelang einer Insektenart die Metamorphose, also der bemerkenswerte Vorgang, dass sich eine unreife Larve zu einem adulten Insekt mit einer vollkommen anderen Erscheinung entwickelt; von der Raupe zum Schmetterling, von der Made zur Fliege.

Die Metamorphose ist nicht weniger magisch als die märchenhafte Verwandlung eines Froschs in einen Prinzen, nur ist sie eben ganz real und ereignet sich ständig in unserer unmittelbaren Umgebung. Stellen Sie sich einmal vor, Sie seien eine ausgewachsene Raupe. Sie verdauen ihre letzte Blattmahlzeit und umspinnen sich mit einem Seidenbausch, der Sie an einen Stängel fixiert. Dann streifen Sie Ihre alte Haut ab, unter der eine neue, glatte, braune Haut zum Vorschein kommt. Sie haben jetzt keine Augen oder Glieder mehr und verfügen auch nicht mehr über Öffnungen nach außen, bis auf winzige, Tracheen genannte Löcher zum Atmen. Sie sind völlig hilflos, und dies wochenlang, bei manchen Arten sogar monatelang. Innerhalb der glänzenden Puppenhaut löst sich Ihr

Körper auf, denn Ihre Gewebs- und Organzellen sind darauf programmiert, abzusterben und sich aufzulösen, bis die Puppenhaut nur noch eine Art Suppe enthält. Einige Cluster und embryonale Zellen bleiben jedoch übrig; sie teilen und vermehren sich, verwandeln sich in vollkommen neue Organe und Strukturen und bescheren Ihnen einen nagelneuen Körper. Sobald dieser neue Körper vollendet und der richtige Zeitpunkt gekommen ist, reißt die Puppenhaut auf, unter der sich eine neue Haut gebildet hat. Jetzt verfügen Sie über große Augen, einen langen einrollbaren Saugrüssel zum Trinken und wunderschöne bunt schillernde Flügel. Jetzt muss erst einmal Blut in das Flügelgeäder gepumpt werden, damit sich die Flügel entfalten und aushärten können.

Es wird viel darüber diskutiert, wie es zu diesem erstaunlichen Phänomen kam. Seit Neuestem gibt es sogar die etwas bizarre Theorie, dass sich die Metamorphose durch die äußerst erfolgreiche Paarung zwischen einem schmetterlingsähnlichen Fluginsekt und einem Stummelfüßer (einem raupenähnlichen Verwandten der Arthropoden) entwickelt haben könnte. Eine plausiblere Theorie lautet, Raupen seien dadurch entstanden, dass eine Insektenlarve frühzeitig aus dem Ei schlüpfte. Wie auch immer, die Metamorphose ist ein bemerkenswertes Phänomen, und diejenigen Insekten, die über diese Fähigkeit verfügen, haben sich zu den erfolgreichsten Insekten überhaupt entwickelt: Fliegen, Käfer, Schmetterlinge und Falter, Wespen, Ameisen und Bienen.

Oberflächlich betrachtet scheint es vielleicht nicht sonderlich plausibel, warum die (zugegebenermaßen beeindruckende) Fähigkeit, sich aus einer Made in eine Fliege zu verwandeln, so nützlich sein sollte. Letztlich mutet so eine Verwandlung doch wahnsinnig anstrengend an. Wer schon einmal Schmetterlinge aufgezogen hat, kann bezeugen, dass es für die Insekten ein schwieriges und gefährliches Manöver ist, aus der Puppe zu schlüpfen; oft geht das sogar schief, wenn sich zum Beispiel die Flügel nicht richtig entfalten und das arme flugunfähige Insekt dann keine Überlebenschancen hat. Eine Theorie, warum die Metamorphose eine so erfolgreiche Strategie darstellt, lautet, dass sie unreifen Insektenstadien ebenso wie adulten Tieren erlaubt, sich auf bestimmte Aufgaben

zu spezialisieren, zu denen sie genau den Körper brauchen, den der Plan für diesen Zweck vorsieht.* Die Larve ist eine Fressmaschine und besteht im Grunde nur aus Mund und Anus, die durch einen Darm verbunden sind. Die Larve muss sich nicht schnell oder über größere Entfernungen hinweg fortbewegen können, da ihre Mutter die Eier ohnehin an einem Ort abgelegt hat, der reichlich Futter bietet. Larven haben nur rudimentäre Sinnesorgane, können kaum sehen und sind nicht mit Fühlern ausgestattet. Die adulten Insekten wiederum sind oft sehr kurzlebig und fressen höchstens hin und wieder etwas Nektar zur Energiezufuhr.** Ihre Hauptaufgabe besteht darin, einen Partner oder eine Partnerin zu finden, um sich zu paaren und, im Falle der Weibchen, Eier zu legen. Bei manchen Arten finden auch Wanderungen statt. Die adulten Insekten müssen mobil sein und scharfe Sinne haben, damit sie größere Entfernungen zurücklegen und den potenziellen Paarungspartner, die potenzielle Paarungspartnerin sehen, riechen oder hören können. Deshalb verfügen sie häufig über große Augen und lange Fühler. Oft leuchten sie auch in kräftigen Farben, um den potenziellen Paarungspartner zu beeindrucken.

Betrachten wir zum Vergleich einmal die vielen Insekten, die keine Metamorphose durchlaufen. Grashüpfer oder Kakerlaken zum Beispiel. Ein Grashüpfer oder eine Kakerlake im Entwicklungsstadium sind im Wesentlichen Miniversionen des adulten Insekts, mit kleinen »Flügelknospen« statt funktionsfähigen Flügeln. Im Gegensatz zu jenen Insekten, die eine Metamorphose durchlaufen, muss ein junger Grashüpfer mit adulten Grashüpfern um Nahrung kämpfen, was einer Made oder

* Wohlgemerkt, ich behaupte nicht, dass es sich um den intelligenten Plan eines Höchsten Wesens handelt. »Plan« steht hier einfach nur für das wahllose Herumtüfteln der Evolution über die Jahrtausende hinweg.

** Da Insekten so zahlreich und vielfältig sind, hat es schon immer Ausnahmen gegeben. Während einige adulte Falter keine Mundwerkzeuge besitzen und nach drei bis vier Tagen sterben, können manche adulte Käfer sogar einige Jahre leben. Der Langlebigkeitsrekord liegt bei Termitenköniginnen, die mindestens 50 Jahre alt werden können, vermutlich noch viel älter.

Raupe erspart bleibt. Der Körper eines Grashüpfers ist letztlich ein gefährdetes Gebilde, das zu allem imstande sein muss: zu fressen, zu wachsen, sich zu verbreiten, einen Paarungspartner und eine geeignete Stelle für die Eiablage zu finden. Fairerweise muss man sagen, dass Grashüpfer das ziemlich gut hinkriegen – jeder afrikanische Bauer, der schon einmal einen Schwarm hungriger Heuschrecken erlebt hat, kann das bezeugen –, doch was die Zahl der Arten angeht, werden sie von ihren die Metamorphose durchlaufenden Verwandten übertroffen. Es gibt etwa 20 000 bekannte Orthoptera-Arten (Grashüpfer und ihre Verwandten) und 7400 Blattodea-Arten (Kakerlaken). Im Gegensatz dazu gehören zu den Insekten, die eine Metamorphose durchlaufen, 125 000 Diptera-Arten (Fliegen), 150 000 Hymenoptera-Arten (Bienen, Ameisen und Wespen), 180 000 Lepidoptera-Arten (Schmetterlinge und Falter) und erstaunliche 400 000 Coleoptera-Arten (Käfer). Zusammengenommen bilden diese vier Insektengruppen ungefähr 65 Prozent aller bekannten Arten auf unserem Planeten.

Abgesehen von der Flugfähigkeit, sowie der Magie der Metamorphose, bestand das letzte Kunststück, das die Insekten im Lauf der Evolution vollbrachten, darin, komplexe Staaten zu entwickeln, in denen Teams von Individuen effektiv zusammenarbeiten, fast so, als seien sie ein einziger großer »Superorganismus«. Termiten, Wespen, Bienen und Ameisen folgen dieser Strategie, indem sie gemeinsam in einem Nest leben, mit einer Königin oder einer kleinen Anzahl von Königinnen. Die Königinnen sind mehr oder weniger allein fürs Eierlegen zuständig, während ihre Töchter, die Arbeiterinnen, zahlreiche spezialisierte Aufgaben übernehmen. Sie kümmern sich etwa um die Königin, füttern die Jungen, verteidigen das Nest und so weiter. Jedes Insekt spezialisiert sich auf eine ganz bestimmte Aufgabe. In manchen Fällen haben die Insekten sogar einen speziell an diese Aufgabe angepassten Körper. Ein Beispiel dafür sind die mit großen Kiefern ausgestatteten Soldatinnen, deren Sache es manchmal auch ist, das Nest gegen Angriffe großer Raubtiere, etwa Ameisenbären oder Erdferkel, zu verteidigen. Gemäß einer Schätzung des berühmten amerikanischen Biologen und Ameisenexperten E. O. Wilson gibt es un-

gefähr zwischen einer und zehn Billiarden Ameisen auf der Welt (also zwischen 1 000 000 000 000 000 und 10 000 000 000 000 000 Individuen). In manchen terrestrischen Ökosystemen machen sie 25 Prozent der gesamten tierischen Biomasse aus. Das Gesamtgewicht der Ameisen auf unserem Planeten entspricht, grob geschätzt, dem globalen Gesamtgewicht der Menschen. Es kommen ja allein schon eine Million Ameisen auf einen Menschen. Ein Alien, der während der letzten 400 Millionen Jahre auf die Erde hinabgeschaut hätte, wäre (mal abgesehen von den letzten 200 Jahren) zu dem Schluss gelangt, die Erde werde von Insekten beherrscht.

»Femme Fatale«-Leuchtkäfer Leuchtkäfer, in manchen Ländern auch Glühwürmchen genannt, gehören zweifellos zu den zauberhaftesten Insekten, die es gibt. Es handelt sich um eine Gruppe von Käfern, die am Unterteil ihres Hinterleibs Leuchtorgane besitzen. Das Licht dient dazu, dass männliche und weibliche Tiere zur Paarung zueinanderfinden, und so leuchten die verschiedenen Arten grün, gelb, rot oder blau. Manche Arten senden Dauerlicht aus, während andere in jeweils arttypischer Weise blinken, das heißt, die Signale unterscheiden sich je nach Spezies in Länge und Rhythmus. Beim europäischen Glühwürmchen zum Beispiel sendet das Weibchen ein sanftes grünes Dauerlicht aus, das die Männchen anlockt. Bei vielen anderen Spezies werden während des Flugs kurze blinkende Lichtsignale ausgesandt, die dem menschlichen Auge im Dunkeln wie ein Lichtstreif erscheinen, weshalb diese Insekten im Englischen noch einen weiteren Namen haben: lightning bugs (lightning = Blitz). Manche Glühwürmchen in den USA und im tropischen Asien leuchten synchron und erzeugen das reinste Lichtspektakel, wenn Tausende Insekten unisono ihren Hinterleib blinken lassen.

Glühwürmchen sind Räuber und ernähren sich je nach Spezies von anderen Insekten, Würmern oder Schnecken. Einige weibliche Glühwürmchen beherrschen sogar folgenden Trick: Sie ahmen die blinkenden Weibchen einer anderen Spezies nach, und zwar nicht um einen Paarungspartner, sondern um ihre Abendmahlzeit anzulocken. Reagiert ein unglückseliges verliebtes Männchen auf das Signal, wird es prompt verspeist, weshalb diese Weibchen manchmal als *Femme Fatale Fireflies* bezeichnet werden.