

Ein Naturführer durch den Kosmos

Arik Kershenbaum

Ein Naturführer durch den Kosmos

Was terrestrische Tiere über Außerirdische
verraten – und über uns selbst

Aus dem Englischen von Dirk Höfer



Matthes & Seitz Berlin

Meinem Hund Darwin,
der mich darüber aufklärte, wie viel Gemeinsamkeiten
selbst die unterschiedlichsten Arten besitzen.

Und meinem Vater,
der mir beibrachte, sowohl auf Unterschiede
als auch auf Gemeinsamkeiten zu achten.

Inhalt

1. Einleitung	7
2. Form und Funktion – was allen Welten gemeinsam ist	23
3. Was sind Tiere und was Aliens?	53
4. Bewegung – durch den Raum krabbeln und gleiten	75
5. Kommunikationskanäle	109
6. Intelligenz (was immer das ist)	137
7. Sozialität – Kooperation, Konkurrenz und Kaffeekränzchen	173
8. Information – ein uraltes Gut	199
9. Sprache – eine einzigartige Fertigkeit	229
10. Künstliche Intelligenz – ein Universum voller Bots?	261
11. Menschsein wie wir es kennen	293
12. Epilog	321
Danksagung	327
Anmerkungen	330
Abbildungsverzeichnis	339
Register	342

I. Einleitung

Dass auch anderswo im Universum Leben vorkommt, ist so gut wie sicher, etwas darüber in Erfahrung zu bringen jedoch nahezu unmöglich. Ich möchte mit dem vorliegenden Buch zeigen, dass wir eigentlich schon eine ganze Menge über das Aussehen, die Lebensweise und das Verhalten von Aliens sagen können.

Mit wachsender Zuversicht lässt sich behaupten, dass es auch anderswo im Universum Leben gibt und, weit aufregender, dass wir es vielleicht sogar entdecken können. Ellen Stofan, eine Wissenschaftsdirektorin der NASA, sagte 2015 voraus, dass wir in zwanzig bis dreißig Jahren auf anderen Planeten Leben nachweisen können. Natürlich dachte sie dabei an Mikroben oder deren außerirdisches Äquivalent und nicht unbedingt an intelligentes Leben. Aber im Prinzip ist dies noch immer eine atemberaubende Perspektive. Nach der Obsession für außerirdisches Leben zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts und einem selbstgefälligen Pessimismus in den 1970er und 80er Jahren sind wir inzwischen wieder bei einem realistischen wissenschaftlichen Optimismus angelangt. Dieses Buch handelt davon, wie wir uns mithilfe eines realistischen Wissenschaftsansatzes ein schlüssiges und einigermaßen zuverlässiges Bild über außerirdisches und insbesondere intelligentes außerirdisches Leben machen können.

Was können wir über das Aussehen von Aliens tatsächlich wissen, wo doch in New York bislang noch keine gelandet sind? Müssen wir uns auf die Fantasie Hollywoods und die von Science-Fiction-

Autoren verlassen? Oder sind außerirdische Tiere gar nicht um so vieles bizarrer als auf riesigen Füßen hüpfende Kängurus oder Tintenfische, die mit Rückstoßantrieb und einer in allen Regenbogenfarben leuchtenden Haut durchs Meer schießen? Wenn wir auf die universellen Gesetze der Biologie vertrauen, denen wir zusammen mit allem Leben auf der Erde unterliegen – aber auch die mutmaßlichen Lebewesen auf anderen Planeten – wird deutlich, dass die Anpassungen, die die Tiere auf der Erde durchgemacht haben, sich wahrscheinlich Gründen verdanken, die auch auf anderen Planeten herrschen. Hüpfen und Wasser ausstoßen dürften auf zahlreichen anderen Planeten ebenso perfekte und angemessene Fortbewegungsmittel darstellen wie auf der Erde.

Wie selten ist das Leben im Universum? Bis in die 1990er Jahre hinein war es eine Sache der Spekulation und zum Teil mathematischer Berechnungen, ob Planeten (Exoplaneten) um andere Sterne kreisten. Es gab keine genaue Vorstellung, wie viele dieser Himmelskörper in unserer Galaxie existieren und wie sie beschaffen sein könnten: Welche Temperaturen, Schwerkraftverhältnisse und chemischen Elemente auf ihnen herrschen würden. Als die Technik so weit gediehen war, dass sie tatsächlich Planeten anderer Sonnensysteme aufspüren konnte, wuchs die Begeisterung. Vielleicht war es ja doch möglich, Planeten zu entdecken, die außerirdische Lebensformen beherbergten.

Die ersten Hinweise waren enttäuschend. Bei den wenigen Planeten, die man entdeckte, handelte es sich um große, heiße Gasriesen, die dem Leben, wie wir es kennen, aber auch anderen Formen, nicht unbedingt zuträglich sind. Doch weniger als zwanzig Jahre nachdem der erste Exoplanet entdeckt wurde, fand ein wichtiger Durchbruch statt. Das Kepler-Weltraumteleskop, mit dem man nach Planeten außerhalb unseres Sonnensystems suchen wollte, wurde ins All geschossen und fest auf eine winzige Himmelsregion ausgerichtet. Innerhalb von nur sechs Wochen nach Inbetriebnahme waren fünf neue Exoplaneten entdeckt worden. Als das Teleskop 2018 eingestellt wurde, waren allein in diesem einen winzig kleinen Himmelsgebiet – einer Fläche, die sich mit auf Armeslänge ausgestreckter Faust abdecken lässt – unglaubliche 2662 um Sonnen kreisende Himmelskörper entdeckt worden.

Die sich daraus ergebenden Erkenntnisse sind überwältigend. In der Milchstraße gibt es weit mehr Planeten als gedacht und aufgrund von verbesserten Messmethoden wissen wir mittlerweile eine ganze Menge über ihre Beschaffenheit. Wir sind auf die gesamte Bandbreite planetarer Bedingungen gestoßen, von heißen jupitergroßen Gasplaneten bis zu solchen, die der Erde bemerkenswert ähnlich sind.¹ Das Universum ist inzwischen viel überfüllter als es noch 2009 zu sein schien und unsere Enkel werden kaum glauben können, dass wir einmal der Auffassung waren, erdähnliche Planeten seien selten. Für die Behauptung, das Universum biete keine Heimat für außerirdisches Leben, gibt es keine Ausrede mehr.

Inzwischen verstehen wir weit besser, welche physikalischen Umwelten auf Exoplaneten existieren und sind sogar immer mehr in der Lage, sie direkt zu messen. Die zurzeit entwickelten neuen Instrumente werden die chemischen Elemente in der Atmosphäre eines Planeten bestimmen können, indem sie Veränderungen des Lichts registrieren, das durch die Atmosphäre des umkreisten Sterns dringt. Wir werden natürlich nach Sauerstoff suchen, aber auch nach komplexen chemischen Verbindungen, die auf eine industrielle Entwicklung hinweisen könnten. Umweltverschmutzung ist, so paradox es klingt, ein Zeichen für kosmische Intelligenz.

Leben ist im Universum mindestens einmal entstanden. Wir sind der Beweis dafür. Wie sich dies aber abgespielt hat, wissen wir nicht. Natürlich gibt es zahlreiche Theorien über die Vorgänge, die zur Entstehung des Lebens auf der Erde geführt haben könnten. Am wahrscheinlichsten ist, dass sich die lebensnotwendigen chemischen Elemente zufällig bildeten und sich dann durch einen weiteren glücklichen Zufall zu speziellen Molekülen zusammenschlossen, die sich selbst kopieren konnten. Insgesamt gesehen eine ziemlich unwahrscheinliche Reihe von Umständen. Bedeutet dies nun, dass das Leben auch auf anderen Planeten auf diese Weise entstand? Keineswegs. Wir wissen tatsächlich nicht, wie relevant die Prozesse, die mutmaßlich auf der Erde stattfanden, für andere Planeten sind. Außerirdische Lebensformen könnten auf einer der unseren gleichenden oder sich von ihr unterscheidenden Kohlenstoffchemie beruhen, oder einer Chemie, die völlig anders geartet ist.

Die chemischen Grundprinzipien sind weitgehend bekannt, so dass sich diese Vorstellungen im Labor überprüfen lassen; es lässt sich feststellen, welche chemischen Stoffe stabil sind und welche nicht. Wir gehen davon aus, dass die chemischen Verbindungen, aus denen unsere Körper bestehen, ziemlich gute Bausteine für etwas, »das lebt«, darstellen. Aber jenseits der grundlegendsten Vorstellungen, wie eine außerirdische Biochemie beschaffen sein könnte, liegt ein dicker Nebelschleier. Wir haben weder Proben außerirdischer Pflanzen oder Tiere, die wir untersuchen könnten, noch die geringste Ahnung, ob auf einem anderen Planeten Bezeichnungen wie »Pflanzen« und »Tiere« überhaupt angebracht sind. Ungeachtet des Optimismus der NASA, dass wir Anzeichen für außerirdisches Leben entdecken werden, würden die riesigen Entfernungen zwischen den Sternen einen enormen technologischen Sprung erfordern, wollten wir Planeten außerhalb unseres Sonnensystems besuchen. In unseren Labors sind wir vielleicht imstande, außerirdische chemische Verbindungen zusammenzumischen, schwieriger aber wird es sein, außerirdische Vögel durchs Fernglas zu beobachten.

Wenn wir das Wesen außerirdischer Lebensformen verstehen wollen, besteht ein Problem darin, dass wir nur einen einzigen Lebenstypus, nämlich den auf der Erde, als Vergleichsgröße heranziehen können. Bis zu welchem Grad lassen sich von dem Leben auf der Erde Schlüsse für ein mögliches Leben auf anderen Planeten ziehen? Manche Leute behaupten, dass Spekulationen über außerirdische Lebensformen müßig seien; dass unsere Vorstellungskraft viel zu eng an unsere eigene Erfahrung geknüpft sei, um die schwindelerregend vielfältigen und unbekanntenen Möglichkeiten ins Auge zu fassen, die vielleicht in anderen Welten Realität geworden sind. Der Science-Fiction-Autor und Verfasser von *2001: Odyssee im Weltraum*, Arthur C. Clarke, sagte: »Nirgendwo im Weltraum werden unsere Augen auf die vertrauten Formen von Bäumen und Pflanzen oder von Tieren stoßen, mit denen wir unsere Welt teilen.« Der Glaube, dass außerirdisches Leben zu fremdartig sei, um sich ein Bild davon machen zu können, ist weit verbreitet. Doch ich bezweifle das. Die Wissenschaft hat uns Mittel an die Hand gegeben, eine solch pessimistische Perspektive zu überwinden und wir sind, wie es aussieht, durchaus in der

Lage, ein paar Anhaltspunkte auszumachen, mit denen sich Aussagen über außerirdische Lebensformen treffen lassen. In diesem Buch geht es darum, aus unserem Wissen über das Leben und wie es funktioniert und wichtiger noch, wie es sich entwickelt hat, Erkenntnisse über mögliches Leben auf anderen Planeten zu gewinnen.

Warum interessiert sich ein bodenständiger Zoologe wie ich – der es eher gewohnt ist, Wölfen durch den Schnee der Rocky Mountains zu folgen oder pelzigen Klippschliefern in den Hügeln von Galiläa nachzuspüren – für die Suche nach außerirdischem Leben? Eines meiner Studienfelder ist die Kommunikation von Tieren und warum sie überhaupt Laute von sich geben. 2014 hielt ich einen Vortrag am Radcliffe Institute in Harvard mit dem Titel »Würden wir mitbekommen, wenn Vögel reden könnten?« Für uns mag es selbstverständlich sein, dass Menschen über Sprache verfügen, andere Tiere aber nicht. Doch können wir wirklich *sicher* sein, dass dem so ist? In der Kommunikation von Tieren suchte ich nach mathematischen Fingerabdrücken von »Sprache«, nach einem eindeutigen Maß, das besagen würde: »Ja, das ist Sprache« oder »Nein, das ist keine Sprache«. Ermuntert von guten, aber auch etwas exzentrischen Kollegen, war es ein naheliegender Schritt, sich mit der gleichen Fragestellung Signalen aus dem Weltall zuzuwenden. Handelt es sich dabei um Sprache? Und wenn ja, von welchen Lebewesen könnte sie stammen? Daraus ergibt sich, dass wir unsere Erkenntnisse über andere Aspekte des Lebens auf der Erde – Nahrungssuche, Fortpflanzung, Konkurrenz und Kooperation – auch auf andere Planeten ausdehnen können.

Warum sich aber mit außerirdischem Leben befassen, wenn wir noch keine außerirdischen Lebensformen gesehen haben und noch nicht einmal wissen, ob sie überhaupt existieren? Wenn die Erstsemester an die Universitäten kommen, frisch von der Schule und Prüfungen gewohnt, bei denen sie ihre Fähigkeit, endlose Faktenreihen auswendig zu lernen unter Beweis stellen mussten, ist es unsere Aufgabe als Lehrkräfte, sie davon zu überzeugen, dass Fakten zwar schön und gut sind, dass sie aber vor allem lernen müssen, Konzepte zu verstehen; nicht *was* in der natürlichen Welt geschieht, ist nun wichtig, sondern *warum* es geschieht. Entscheidend für die Zoologie auf der Erde ist es, Prozesse zu verstehen, wobei Einsichten in diese

Prozesse helfen, über die Zoologie anderer Planeten zu spekulieren. Während der Niederschrift dieser Zeilen bereiten sich in Cambridge unsere Studenten im zweiten Studienjahr auf eine Feldforschungsreise nach Borneo vor. Einige von ihnen verlassen das Vereinigte Königreich zum ersten Mal in ihrem Leben. Erwartet man von ihnen, dass sie ein Handbuch zu den hunderten Vögeln und tausenden Insekten Borneos auswendig lernen? Natürlich nicht. Wie zukünftige Erforscher einer außerirdischen Welt müssen sie vor allem Einsicht in die evolutionären Prinzipien mitbringen, die zu der in Borneo zu beobachtenden Artenvielfalt führten. Erst wenn die Konzepte deutlich geworden sind, werden sie in der Lage sein, die Tiere, auf die sie stoßen, auch einzuordnen.

Die meisten Menschen sind davon überzeugt, dass die Gesetze der Physik und Chemie eindeutig und universell sind. Sie funktionieren auf jedem anderen Exoplaneten genau so gut wie auf der Erde. Vorhersagen, die wir über das Verhalten physikalischer und chemischer Stoffe unter unterschiedlichen Bedingungen treffen, lassen sich – bei gleichen Bedingungen – ebenso gut auf ihr Verhalten in anderen Teilen des Universums anwenden. Wir verlassen uns darauf, dass Wissenschaft auf eben diese Weise funktioniert. Die Biologie stellt jedoch für viele Menschen eine Ausnahme dar. Wir wollen nicht glauben, dass die biologischen Gesetze, die wir für die Erde herausgefunden haben, auch auf einem Exoplaneten gelten. Carl Sagan, einer der berühmtesten Astronomen des zwanzigsten Jahrhunderts und leidenschaftlich davon überzeugt, dass es auch anderswo im Weltall intelligentes Leben gibt, schrieb: »Nach allem, was wir wissen, ist die Biologie buchstäblich auf die Provinz der Erde beschränkt, und vielleicht ist das, was wir vor Augen haben, bloß ein Sonderfall in einem Universum mannigfaltiger Biologien.«²

Bei der Beschäftigung mit dem Unbekannten ist tatsächlich Vorsicht geboten. Aber es gibt auch guten Grund für Optimismus; es gilt lediglich, sorgfältig jene biologischen Gesetze auszuwählen, die ebenso universell sind wie die Gesetze der Physik. Warum sollte die Biologie »auf die Provinz der Erde beschränkt« sein und nicht auch universell gelten? Sind Naturgesetze – die der Physik, der Chemie *und* die der Biologie – nicht im gesamten Universum gleich? Unwahr-

scheinlich, dass die Erde so außergewöhnlich ist, dass sich die Gesetze hier von denen auf anderen Planeten unterscheiden. Der römische Philosoph Lukrez, der ca. 55 v. u. Z. starb, merkte an: »Die Natur ist nicht auf die sichtbare Welt beschränkt.« Selbst Exoplaneten, die wir noch nicht gesehen haben, verfügen über »Natur«.

Anders als oft geglaubt wird, verbringen Zoologen wie ich ihre Zeit nicht damit, Tiere zu bestimmen und zu klassifizieren. Wie Wissenschaftler in allen anderen Disziplinen auch versuchen wir zu *erklären*, was wir in der uns umgebenden Welt beobachten. In der Zoologie und in der Evolutionsbiologie im Allgemeinen geht es darum, *Mechanismen* vorzuschlagen, mit denen sich die Natur des Lebens erklären lässt. *Warum* leben Löwen in Rudeln, während Tiger allein jagen? *Warum* haben Vögel nur zwei Flügel? *Warum* eigentlich verfügen Tiere meistens über eine rechte und eine linke Seite? Beobachten allein reicht nicht aus. So wie Physiker Gesetze für Planeten und Sterne entdecken, wollen wir Gesetzmäßigkeiten für das Leben herausfinden. Wenn diese biologischen Gesetze so wie das Gravitationsgesetz universelle Gesetze sind, funktionieren sie auch auf anderen Planeten.

Natürlich wirkt die Biologie oft unstet und unvorhersehbar. Ein Physiker versteht genau, wie ein Ball einen Hang hinabrollt und hat eine Reihe von Gleichungen zur Hand, mit der sich überall im Universum die Bewegung eines Balls einen Hang hinab vorhersagen lässt. Physikalische Experimente basieren auf stark kontrollierten und vereinfachten Bedingungen – nicht gerade das, womit wir es in der Welt der Biologie zu tun haben. In einem gängigen Witz geht es um einen Physiker, der versucht Gleichungen aufzustellen, mit denen sich das Verhalten eines Huhns vorhersagen lässt, und dann erklärt, dies sei möglich, aber nur mit einem kugelförmigen Huhn in einem Vakuum. Echte Hühner gehören nicht in den Bereich der »Physik« und sind deshalb, wie ein Physiker sagen würde, unvorhersagbar. Warum aber können wir die Bewegungen eines Balls vorhersagen, nicht aber das Verhalten eines Huhns?

Biologische Systeme scheinen, weil sie auf eine tiefgreifende Weise komplex sind, keinen strengen Regeln zu folgen. Mathematisch gesprochen, ist ein komplexes System ein System, in dem mehrere Untersysteme in wechselseitiger Abhängigkeit stehen. Dabei

stellt sich heraus, dass bereits bei geringer Abhängigkeit zwischen relativ einfachen Systemen das Gesamtverhalten des Systems äußerst komplex und unvorhersagbar oder – um den technischen Begriff heranzuziehen – *chaotisch* wird. Man versuche nur, sich das Verhalten aller im eigenen Körper miteinander in Wechselbeziehung stehender Organe vorherzusagen, oder besser noch, aller Zellen in all diesen Organen und immer so weiter ... Die geringste Veränderung in einem Element kann eine kaskadierende, unvorhersehbare Wirkung nach sich ziehen. Sogar einfachste Lebensformen sind eindeutig komplex. Und komplexe Systeme lassen sich schwer vorhersagen.

Zu den frustrierenden Eigenschaften eines komplexen oder chaotischen Systems gehört, dass man, egal wie gründlich man es untersucht, niemals alle seine Geheimnisse zu entschlüsseln vermag. Wir haben uns an die Idee gewöhnt, dass wir eine Sache, wenn wir sie nur eingehend genug unter die Lupe nehmen, irgendwann völlig verstehen. Offenbar basiert Wissenschaft auf dieser Vorstellung. Die Chaostheorie lehrt uns aber, dass man bei einem System, das man mit hundertfacher Genauigkeit untersucht, nur zehnmal mehr Aussagen über sein Verhalten treffen kann. Man kann immer mehr Mittel aufwenden, um ein komplexes System zu verstehen und wird doch nur sehr karge Ergebnisse bekommen. Es ist vergebliche Liebesmüh. Zum Glück weisen komplexe Systeme sogenannte *emergente* Eigenschaften auf: Man ist vielleicht nicht in der Lage, ihr Verhalten genau vorherzusagen, aber man wird die allgemeine Tendenz erkennen. Ein Huhn wird nach Körnern suchen, selbst wenn man nicht weiß, nach welchen. Praktisch gesehen heißt das für mich als Biologen, dass die Aussage »das Huhn sucht nach Körnern« letztlich brauchbarer ist als »das Huhn sucht nach diesen ganz bestimmten Körnern«. Wir werden demnach keine genaue Aussage darüber treffen können, wie die Biochemie außerirdischen Lebens funktioniert, oder wie die Augen von Aliens beschaffen sein werden; wir werden aber voraussagen können, dass ihre Biochemie sie mit Energie versorgt und ob sie Augen besitzen oder nicht.

Um welche universellen Gesetze der Biologie handelt es sich also, mit deren Hilfe wir zuverlässige Aussagen über das Leben auf anderen Planeten treffen können? Das erste und wichtigste Gesetz

lautet, dass sich komplexes Leben durch natürliche Selektion entwickelt. Man kann die Bedeutung dieses Prozesses, der seit der bahnbrechenden Arbeit von Charles Darwin zu einem Eckpfeiler der Biologie geworden ist, nicht genug betonen. Die natürliche Selektion ist nicht nur der einzige uns bekannte Mechanismus, bei dem sich Komplexität aus Einfachheit ergibt (wenn wir nicht von einer göttlichen Kraft ausgehen wollen, die die Entwicklung von Komplexität vorantreibt), sie ist auch ein unabdingbarer Mechanismus, der nicht nur auf den Planeten Erde oder das »Leben, wie wir es kennen« beschränkt ist. Wenn wir im Universum auf Komplexität stoßen – der Art, die wir als Leben bezeichnen würden –, dann, weil dort natürliche Selektion stattgefunden hat.

Es gibt weitere exzellente Bücher, die für die Universalität der natürlichen Selektion plädieren,³ aber meine These ist so außergewöhnlich, dass ich im nächsten Kapitel genauer erläutern werde, was ich mit der Aussage »die Evolution außerirdischer Lebensformen fand durch natürliche Selektion statt«, meine. Wie der Philosoph Daniel Dennett herausstellte, handelt es sich bei der natürlichen Selektion und dem von Kreationisten verfochtenen *Intelligent Design* um nahezu das Gleiche: Der zunehmende Erwerb guter Eigenschaften und die Zurückweisung schlechter.⁴ Ob wir ein Flugzeug entwerfen oder eine Büroklammer, wir halten an den guten Einfällen der Vorgängerentwürfe fest. Allerdings unterscheiden sich Selektion und Design darin, dass letzteres ein Ziel vor Augen hat, während die Selektion immer nur einen Schritt nach dem anderen geht. Eine Giraffe »weiß« nicht, dass ein langer Hals gut für sie wäre, aber trotzdem entwickelt sie einen.

Im Grunde macht diese Kurzsichtigkeit der natürlichen Selektion unsere Vorhersagen über außerirdische Lebensformen leichter. Wir müssen keine Aussagen treffen, wie sie aussehen sollten, wir müssen lediglich die Bedingungen auf einem bestimmten Planeten zu einer gegebenen Zeit betrachten, um einschätzen zu können, welche Eigenschaften dort entstehen werden. Wenn wir wissen, dass auf einem Planeten hohe Bäume (oder deren Entsprechungen) vorkommen, können wir vermuten, dass es dort Tiere mit langen Hälsen, langen Beinen oder etwas Vergleichbarem gibt.

Evolution durch natürliche Selektion zeichnet sich noch durch eine andere nützliche Eigenschaft aus: Sie ist nahezu unabhängig von den Mechanismen, durch die Fortpflanzung und Selektion stattfinden. Richard Dawkins hat bekanntlich den Ausdruck »Mem« erfunden. Dabei handelt es sich um ein soziales Konzept oder eine gesellschaftliche Auffassung (wie etwa Religion), die sich durch Kommunikation fortpflanzt und nach dem Modell der Evolution mit anderen Ideen in Wettbewerb tritt.⁵ Natürliche Selektion lässt sich streng mathematisch und ohne Bezug zu einem bestimmten biologischen System oder einer organischen Fortpflanzungsform definieren. Deshalb ist sie ein so unglaublich mächtiges Konzept; ihre Einfachheit und Universalität bedingen, dass sie auf jeden mutmaßlichen Weg zu komplexem Leben im Universum zutrifft. Natürliche Selektion braucht keine DNA oder sonst eine Form irdischer Biochemie. Wir müssen also nicht genau wissen, wie die Biochemie außerirdischer Lebensformen beschaffen ist, denn wie auch immer sie funktioniert, sie ist durch natürliche Selektion bedingt.

Das Feld der Astrobiologie oder die Erforschung außerirdischen Lebens hat sich bisher auf ein paar klar umrissene Gebiete konzentriert. Meistens erforschen Astrobiologen den Ursprung des Lebens: Wie ist auf der Erde Leben entstanden und wie wahrscheinlich ist es demnach, dass es Leben auf anderen Planeten gibt? Ist das Leben auf der Erde einmal oder mehrmals entstanden? Fand dieses Wunder, wie Darwin vermutete, in warmen flachen Lagunen statt, oder an Unterwasservulkanen, wo das heiße Wasser und ein reiches Mineralvorkommen die besten Lebensbedingungen für seltsame und wundervolle Bakterien boten?

Eine weitere wichtige Frage lautet, welche anderen Formen der Biochemie es noch geben könnte. Vielleicht verwendet das Leben auf anderen Planeten keine DNA als genetisches Material, vielleicht ist die Biochemie außerirdischer Lebensformen völlig anders aufgebaut und basiert zum Beispiel auf einem anderen Lösungsmittel als Wasser. Dies ist besonders bedeutsam, da viele Planeten (auch solche in unserem Sonnensystem) zu kalt oder zu heiß sind, als dass flüssiges Wasser auf ihnen vorkommen könnte. Diese wichtigen Felder sind jedoch nicht Thema dieses Buchs. Wir möchten Fragen nachgehen, die

Astrobiologen nur selten stellen: Wie könnten *komplexe* außerirdische Lebensformen aussehen? Lassen sich mit den Mitteln und Anhaltspunkten, die wir von der Erde kennen, konkrete Schlüsse hinsichtlich der Ökologie und des Verhaltens solcher Lebensformen ziehen?

Ein Zoologe, der aus der Ferne einen neu entdeckten Kontinent beobachtet, hätte eine lebhaftere Vorstellung davon, welche Geschöpfe dort leben könnten. Dabei würde es sich nicht um wilde Spekulationen handeln, sondern um sorgfältig begründete Hypothesen, beruhend auf der großen Artenvielfalt von Tieren, die wir bereits kennen sowie auf ihren gelungenen Anpassungen an ihre Lebensumstände: wie sie fressen, schlafen, sich Partner suchen und Nester bauen. Je mehr wir darüber wissen, wie sich die Tiere an die alte Welt angepasst haben, desto besser können wir über die neue Welt spekulieren.

Diesem Ansatz folge ich, um über außerirdische Lebensformen zu sprechen. So unterschiedlich diese auch ausfallen mögen, gibt es doch manches, was wir von den Lebensweisen auf der Erde lernen können. Die Evolutionsprozesse, die wir hier beobachten, verdanken sich Anpassungserfordernissen und Mechanismen, die vermutlich auch anderswo eine Rolle spielen. Bewegung, Kommunikation, Kooperation sind evolutionäre Lösungen universeller Probleme.

Sollten wir jemals mit außerirdischen Zivilisationen – nicht nur Mikroben oder Quallen, sondern intelligenten Wesen – in Kontakt kommen, können wir zuverlässig davon ausgehen, dass sie über eine bestimmte Technologie verfügen (wie könnten wir sie sonst kontaktieren?), und das bedeutet, dass sie kooperative und daher soziale Wesen sind. Aber schon allein das Wissen, dass eine Art sozial ist, löst eine Lawine zusätzlicher evolutionärer Implikationen aus. Aliens könnten, wie wir, brutal und kriegslüstern sein; ich werde aber darauf abheben, dass sie als soziale Wesen auch altruistisch sein müssen. Wenn ein außerirdisches Raumschiff im Zentrum Londons landet, wäre dies ein sicheres Zeichen, dass seine Passagiere miteinander »sprechen« oder eine andere Art von Sprache benutzen. Ob diese Sprache akustisch, visuell oder gar elektrisch stattfindet, lässt sich nicht sagen. Ob zwei, viele oder keine Beine, letzten Endes wird, wenn wir einer außerirdischen Zivilisation begegnen sollten, Sprache das wichtigste Merkmal sein, das wir mit ihren Vertretern teilen.

Streng wissenschaftliche Erwägungen im Hinblick auf die Möglichkeit außerirdischen Lebens sind zwar nicht häufig, aber es gibt sie. Wir sind mit der modernen Science-Fiction der *Star Trek*-Reihe ebenso vertraut wie mit den mehr oder weniger dürrftigen Spekulationen von H. G. Wells' *Krieg der Welten*. Seit man davon ausgeht, dass die Planeten eigene stabile Welten bilden, versuchte man herauszufinden, ob es auf ihnen auch Leben gibt. 1913 veröffentlichte ein britischer Astronom namens Edward Walter Maunder⁶ ein schmales Buch mit dem Titel *Are the Planets Inhabited?* Darin geht er mit großer wissenschaftlicher Sorgfalt der Frage nach, ob auf den Planeten unseres Sonnensystems Leben möglich ist und handelt der Reihe nach jeden Planeten, den Mond und sogar die Sonne ab. (Von letzterer nahmen etwa Wissenschaftler vom Range eines William Herschel, dem Entdecker des Uranus, an, dass sie Leben beherbergen könnte.) Für Merkur, Mars, Mond und Sonne folgert er, dass diese Möglichkeit aufgrund der seinerzeit zur Verfügung stehenden Beobachtungen und Messungen klar auszuschließen sei. Sogar nach heutigen Standards sind seine Begründungen schwer zu widerlegen.

Gleichwohl lag er mit seinen Schlussfolgerungen oft falsch. Unser Verständnis des Universums ist beschränkt, nicht nur weil unser logisches Denken seine Grenzen hat, sondern auch die Genauigkeit unserer Messungen. Zudem verstehen wir die Mechanismen, die die auf unsere Umwelt einwirkenden biologischen und physikalischen Prozesse bedingen, nur unzureichend. Wir stellen womöglich fatale Fehlerberechnungen an, einfach, weil es unserem Wissen an Details mangelt. Maunder sah in der Venus den besten Kandidaten für Leben im Sonnensystem, denn die Astronomen seiner Zeit schätzten die dort herrschende Oberflächentemperatur auf 95 Grad Celsius und nahmen an, die den Planeten bedeckenden dicken Wolken bestünden aus Wasserdampf. Mittlerweile mit besseren Messinstrumenten ausgestattet (ganz zu schweigen von den Raumsonden, die auf der Venus gelandet sind), wissen wir, dass die Oberflächentemperatur der Venus bei 450 Grad Celsius liegt und die schönen hellen weißen Wolken tatsächlich aus Schwefelsäure bestehen. Mangel an guten Daten wird unsere Erklärungsversuche immer behindern, aber wie Maunder sollten wir, nur weil unsere Daten ungenau sind, von unserer Suche nicht absehen.

Wir möchten alle wissen, wie Aliens aussehen, aber sich auf die Fantasie der Hollywoodproduzenten zu verlassen, ist nicht unbedingt realistisch. Über die Zeit hat man sich Aliens entweder als übersteigerte Menschen oder übergroße Erdentiere vorgestellt – vielleicht als riesige Spinnen oder Würmer, dazu ausersehen, Albträume hervorzurufen. Das Unbekannte und das Dunkel sind für uns so furchteinflößend wie für unsere Vorfahren vor der Erfindung des elektrischen Lichts und wir fürchten, dass »da draußen« Tiere und Dämonen auf der Lauer liegen. Doch trotz des großen Reizes, der sich in der Gleichsetzung des Unbekannten mit dem Unheimlichen auf der Kinoleinwand entfaltet, ist dies nicht gerade eine zielführende Forschungsmethode. Ginge es nicht wissenschaftlicher, wenn wir wissen wollen, wie Aliens aussehen? Leider wirken auch die besten Bemühungen um eine seriöse Argumentation noch immer ein wenig lächerlich, wenn es sich nicht ohnehin um reine Mutmaßungen handelt.

Leichter als das Erscheinungsbild von außerirdischen Lebensformen ist jedoch ihr Handeln vorherzusagen. Das Aussehen ist anfälliger für Unfälle der Evolution und für die Launen der embryonalen Entwicklung; Verhalten ist eine viel grundlegendere Reaktion auf die Umwelt. Wir besitzen zwei Arme und zwei Beine weitgehend wegen eines evolutionären Zufalls: Unsere Quastenflosser-ähnlichen Vorfahren nutzten zur Navigation durch die seichten Gewässer, in denen sie vor 400 Millionen Jahren lebten, vier Flossen. Diese vier Gliedmaßen finden sich auch heute noch bei den Nachfahren der urtümlichen Fische: Den heutigen Amphibien, Reptilien, Vögeln und Säugetieren. Mit einem anderen Vorfahren, zum Beispiel einem Krebstier, hätten wir vielleicht sechs oder acht Beine. Ob wir gar mit einer ungeraden Zahl von Beinen hätten ausgestattet sein können, lässt sich vielleicht nach Kapitel vier entscheiden, und auch, ob Sie mit mir einer Meinung sind, dass Aliens über Beine oder dergleichen verfügen müssen.

Verhalten dient einem Zweck. So löst etwa soziales Verhalten (dem wir uns in Kapitel sieben widmen werden) Probleme, die in allen Welten existieren – Probleme, die man nicht allein lösen kann, etwa die Jagd auf Tiere, die größer sind als man selbst, oder der Bau von Verteidigungsstrukturen, in denen man lebt. Wenn außerirdische

Lebensformen mit Problemen konfrontiert sind, die sie nicht allein lösen können, dann werden sie unter Umständen ein soziales Verhalten an den Tag legen. Es stimmt, unser soziales Verhalten ist im Allgemeinen idiosynkratisch und es ist nicht zu erwarten, dass Aliens wie wir über Religion oder kapitalistische Ökonomien verfügen, doch bestimmte Grundzüge der Sozialität müssen universell sein. Allein, dass soziales Verhalten existiert, beruht auf solchen Faktoren wie Reziprozität, Altruismus und Konkurrenz; sie treiben die Evolution des sozialen Verhaltens an und müssten bei allen Arten, die sozial sind, vorkommen.

Andere Kapitel in diesem Buch befassen sich mit ähnlichen Verhaltenserfordernissen sowie ihren evolutionären Ursprüngen und Implikationen: Kommunikation, Intelligenz und sogar Sprache und Kultur spielen bei der Ausformung dessen, was wir als Humanität bezeichnen, eine Rolle. Und nicht einmal diese »Besonderheiten« der menschlichen Natur sind so idiosynkratisch wie sie zunächst erscheinen mögen. Sie könnten sogar eine verbindende Ähnlichkeit zwischen uns und den Außerirdischen darstellen. Wen interessiert es denn, ob letztere grün oder blau sind, solange auch sie Familien und Haustiere besitzen, Bücher lesen und schreiben und für ihre Kinder und Verwandten sorgen?

Jedes Kapitel in diesem Buch handelt von einem Aspekt tierischen Verhaltens, der nicht nur auf der Erde vorkommt, nicht nur auf der Erde vorkommen *kann*. Wir erfinden zwar gern seltsam aussehende Aliens, müssen aber keine sich seltsam *verhaltenden* Aliens erfinden, denn die Mannigfaltigkeit des Verhaltens hier auf der Erde umfasst bereits vieles von dem, was auch auf anderen Planeten anzutreffen sein dürfte. In Kapitel zwei stelle ich diese Idee vor – ich erkläre, warum wir auf irdische Beispiele zurückgreifen dürfen, um das Leben auf anderen Planeten zu verstehen. Kapitel drei befasst sich mit der Frage, was es bedeutet ein »Tier« zu sein: Handelt es sich bloß um die Definition eines Lebewesens, wie es auf der Erde vorkommt, oder lässt sie sich auch auf Organismen anwenden, die mit denen auf der Erde absolut nicht verwandt sind? In Kapitel vier und fünf wird es darum gehen, wie sich Tiere, auch außerirdische, bewegen und wie sie kommunizieren – zwei Verhaltensformen, die wir auch auf Exoplaneten