

Martin Bleif

# DAS TIER IN UNS

*Die biologischen Wurzeln  
der Menschlichkeit*

Klett-Cotta



Die »Literatur« steht zum Download auf [www.klett-cotta.de](http://www.klett-cotta.de) zur Verfügung.  
Bitte geben Sie im Suchfeld auf unserer Homepage den folgenden Such-Code ein:

**OM96486**

Klett-Cotta

[www.klett-cotta.de](http://www.klett-cotta.de)

© 2021 by J. G. Cotta'sche Buchhandlung

Nachfolger GmbH, gegr. 1659, Stuttgart

Alle Rechte vorbehalten

Lektorat: Dr. Petra Kunzelmann, Coburg

Cover: Rothfos & Gabler, Hamburg

unter Verwendung einer Abbildung von © akg-images

(Agnolo Bronzino, Porträt von Cosimo I. de' Medici als Orpheus)

Gesetzt von Dörlemann Satz, Lemförde

Gedruckt und gebunden von Friedrich Pustet GmbH & Co. KG, Regensburg

ISBN 978-3-608-96486-8

E-Book ISBN 978-3-608-11655-7

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

# INHALT

<b>Prolog</b> .....	11
Die Welt als ein mehrgeschossiges Gebäude .....	11
Eine Welt in Stockwerken .....	13
Die Gebrauchsanleitung .....	16
<b>TEIL I EVOLUTION</b> .....	21
Das Geheimnis der Geheimnisse .....	23
Wie funktioniert Evolution? .....	29
<i>Die großen Fragen</i> .....	33
Erste Zwischenbilanz: Die Biologie der Evolution .....	99
Jenseits von Eden .....	103
<i>Mythen vom edlen Wilden, von Lämmern und Wölfen         und von Gut und Böse</i> .....	103
<i>Biologische Wurzeln der Moral?</i> .....	105
<i>Wenn Kultur die Biologie überformt</i> .....	116
Erste Schlussfolgerung: Zwischen Eigennutz und Mitgefühl, der Moral des Kopfes, des Bauches und des Buches .....	137
<b>TEIL II GENE</b> .....	145
Die große Lücke .....	147
Ansätze zur Lösung der Frage: Was ist ein Gen? .....	153
<i>Die platonische Phase der Genetik</i> .....	153
<i>Die materialistische Phase der Genetik</i> .....	156
<i>Die funktionalistische Phase der Genetik</i> .....	159
<i>Wie wirken Gene?</i> .....	159
<i>Wie werden Gene vererbt?</i> .....	162
<i>Warum verändern sich Gene?</i> .....	165
<i>Wie weit reicht die Macht der Gene?</i> .....	170

<i>Die schwierige Beziehung zwischen Genotyp und Phänotyp:</i>	
<i>Versuch einer Typologie</i> .....	171
Zweite Zwischenbilanz: Die Biologie der Gene .....	201
Erbe und Erziehung: Zwischen Tabula rasa und genetischer Marionette .....	203
<i>Mythen von Volk und »Rasse«, Sex und Gender, Erbe oder     Erziehung, Menschenzucht und Perfektion</i> .....	203
Zweite Schlussfolgerung: Macht und Ohnmacht der Gene .....	235
<b>TEIL III ZELLEN</b> .....	241
Was ist Leben? .....	243
<i>LUCA oder: Wer hat eigentlich Gott gemacht?</i> .....	245
<i>Die verlorene Stadt</i> .....	251
<i>Zwei große Sprünge</i> .....	254
Die Atome des Lebens .....	257
<i>Die Zellmembran</i> .....	258
<i>Zytoplasma oder: Leben ist flüssig</i> .....	259
Zellen an der Hand der Gene – Gene in der Hand von Zellen .....	275
<i>Wer regiert die Gene?</i> .....	276
<i>Ad-hoc-Genregulation</i> .....	277
<i>Das Transkriptom, Werk eines eigenwilligen Übersetzers</i> .....	280
<i>Proteome oder: Es kommt darauf an, was am Ende     dabei herauskommt</i> .....	282
Epigenetik: Das elefantöse Gedächtnis der Zellen .....	289
<i>Der Histon-Code</i> .....	290
<i>Gene mit Vorhängeschloss</i> .....	291
<i>Weismanns Barriere</i> .....	301
<i>Doch noch ein Hintertürchen für Monsieur Lamarck?</i> .....	302
Dritte Zwischenbilanz: Die Biologie der Zellen .....	309
Atome des Lebens: Mythen vom Anfang und vom Ende, von den Grenzen, den Besonderheiten und den Freiheiten menschlicher Existenz .....	311
<i>Der Anfang</i> ... ..	311
<i>... und Ende</i> .....	316
<i>Chauvinisten zugunsten der eigenen Art?</i> .....	318
Dritte Schlussfolgerung: Die Grenzen des Menschseins .....	321

<b>TEIL IV GEHIRNE</b> .....	323
Cogito, ergo sum: Das Ich-Organ .....	325
Die Gene des Gehirns .....	331
Die Zellen des Gehirns .....	345
Karte und Schaltplan des Gehirns .....	357
Die Biographie eines Gehirns .....	373
<i>Die Vogelperspektive</i> .....	373
<i>Die Froschperspektive</i> .....	382
Die Leistungen und Fehlleistungen des Gehirns .....	399
<i>Wahrnehmen</i> .....	399
<i>Denken und Handeln</i> .....	444
<i>Handeln</i> .....	445
<i>Denken, das wir nicht bemerken</i> .....	447
<i>Denken, das wir bemerken</i> .....	461
Die Grenzen des Gehirns .....	479
Vierte Zwischenbilanz: Schlussfolgerungen aus der Biologie des Gehirns .....	499
<i>Grenzfläche zwischen Tier und Mensch</i> .....	499
<i>Grenzfläche zwischen Irrtum und Erkenntnis</i> .....	500
<i>Grenzfläche zwischen Körper und Geist</i> .....	503
Individuum, Ich oder Es? – Spiegel, Bühne oder Konstrukteur der Wirklichkeit? .....	507
<i>Mythen vom Maschinenmenschen und vom Geist in der Maschine,         vom Animal rationale, von der vernünftigen Vernunft,         vom Hirn im Glas und vom Blick in die Wirklichkeit</i> .....	507
Unser Gehirn hat eine Geschichte .....	511
<i>Kants a priori wird zu Darwins a posteriori</i> .....	511
<i>Gehirne lügen (nicht)</i> .....	512
<i>Dürfen wir Wahrnehmungen trauen?</i> .....	514
<i>Wie vernünftig ist die Vernunft? Wie vernünftig sollte sie sein?</i> ....	516
Vierte Schlussfolgerung: Die sich selbst zeichnenden Hände .....	527
<b>Epilog</b> .....	533
<b>Anhang</b> .....	539
Anmerkungen .....	541
Abbildungsverzeichnis .....	599

Personenregister .....	601
Sachregister .....	611

# PROLOG

## Die Welt als ein mehrgeschossiges Gebäude

Black lives matter! In den USA stirbt – wieder einmal – ein Afroamerikaner durch die Hand eines Polizisten. Wenige Tage später brennt es in den Städten, als wären die Rassenunruhen der 1960er Jahre gestern gewesen. Das halbe Jahrhundert dazwischen, inklusive eines schwarzen Präsidenten Obama, scheint vergessen zu sein. Wenige Tage später werden in Hongkong Menschen verhaftet, weil sie die Formel »ein Land, zwei Systeme« ernst nehmen. Die Volksrepublik China, die größte Volkswirtschaft der Erde, lässt wenig Zweifel daran, dass sie keine Absicht hat, das gebeutelte Hongkong am Wesen von »System Zwei«, der Demokratie westlichen Zuschnitts, wieder genesen zu lassen.

Weiter westlich, in Afghanistan, greifen mittelalterlich anmutende Religionsschüler unverhohlen nach der Macht: Nationbuilding, Säkularisierung, Frauenrechte perdu! Überhaupt, die Religionen! In vielen islamischen Ländern haben Demokratien keinen guten Ruf; Autoritarismus und Theokratie dagegen stehen hoch im Kurs. Selbst in Europa spült eine (Rück-)Besinnung auf »nationale Werte« Politiker in die Parlamente, denen die Spielregeln einer »freiheitlich-demokratischen Grundordnung« wenig oder gar nichts bedeuten, damit aber unsere Demokratien infrage stellen und dies auch unumwunden zugeben. Nationalismus, Fremdenfeindlichkeit und Homophobie haben auch in Europa Konjunktur. Gleichzeitig stellen seltsam diffuse »postkapitalistische« Blümenträume die Systemfrage von der anderen Seite des politischen Spektrums.

Schnitt! Dreißig Jahre zuvor sah die Welt ganz anders aus. Damals schrieb der amerikanische Politikwissenschaftler Francis Fukuyama (\*1952) sein Buch: *Das Ende der Geschichte*.<sup>1</sup> Das »Ende« war nicht im Mindesten apoka-

lyptisch gemeint – im Gegenteil. Fukuyama vertrat die Ansicht, dass nach dem Zusammenbruch des Warschauer Paktes der Streit der Ideologien ein für alle Mal beendet und Politik von nun an eine angenehm technokratische Angelegenheit sei, bei der sich Politiker vorurteilslos um die Lösung praktischer Menschheitsprobleme kümmern könnten.

Nun, die Jahre nach dem Fall der Mauer sind beinahe entgegengesetzt verlaufen. Warum nur? Wieso fällt es uns so schwer, die Kunst der vernünftigen »Regelung des Gemeinwesens« vom Mehltau der Vorurteile und der Ressentiments zu befreien? Dazu gäbe es unendlich viel zu sagen. Aber wenn wir mit besonders eklatanten Rückfällen in Egoismen oder gar in atavistische Brutalität konfrontiert sind, wird das Bild vom »Tier im Menschen« bemüht, als ob dieses »Tier« – unsere *Natur* – etwas ist, das uns nachhängt wie ein Schleppanker, der die Menschheit auf ewig hindern wird, wirklich human und mitmenschlich zu sein.

Hier kommt die Biologie ins Spiel, die für Natur und für Tiere zuständig ist. Für Menschen auch? »In der Politik geht es letztendlich«, schrieb vor einigen Jahren der Psychologe und Nobelpreisträger Daniel Kahneman, »um die Wünsche und das Wohl der Menschen. In jede politische Frage fließen bestimmte Annahmen über die menschliche Natur ein.«<sup>2</sup>

Um diese Frage geht es in diesem Buch: Kann die moderne Biologie etwas zum Streit über die Natur des Menschen beitragen? Die Vorstellung, wie und was der Mensch sei, ist der Humus, in dem unsere politischen Weltbilder wurzeln. Unsere Weltbilder haben entscheidenden Anteil daran, ob wir Menschen uns eher für gut oder für böse, für egozentrisch oder für mitfühlend, für erziehbar oder determiniert, für »Kultur«- oder »Natur-Wesen« halten. Politik ist geleitet von expliziten und impliziten Urteilen und Hypothesen über die Natur des Menschen. Dabei stellt sich ein Problem: Diese Form von Wissen lässt sich nicht in Expertengremien auslagern. Spekulationen über den »Naturzustand« des Menschen gibt es, seitdem Menschen über sich nachdenken. Lange Zeit existierte kein empirischer Zugang zu diesen fundamentalen Fragen. Bis tief ins 19. Jahrhundert waren sie Domäne von Philosophie, Theologie und Staatskunde. Ohne eine durch Empirie auf die Realität zurückgespiegelte Theorie standen sich die unterschiedlichen Ansichten leider oft aggressiv bedrohlich, wütend, zornig, aber auch unentscheidbar gegenüber. Bis tief ins 19. Jahrhundert trugen die Naturwissenschaften zur Stellung des Menschen in der Natur und zur Frage nach der *conditio humana* wenig bei. Dies hat sich in den vergangenen 150 Jahren dramatisch geändert, und darauf



versuche ich aufmerksam zu machen. Vielleicht kann die Biologie heute an einigen Stellen in die Rolle eines Schiedsrichters treten.

Bereits an dieser Stelle wird etliche Leser ein Gespenst erschrecken: Kirchen, Redaktionen, Feuilletons und Fakultäten rund um den Globus fürchten sich vor dem Gespenst des *Biologismus*! Ein Begriff, der zum Schimpfwort geworden ist. Daher werde ich im vorderen Teil der vier Kapitel des Buches den Versuch unternehmen, dieses »Gespenst« aus der Nähe zu betrachten. *Biologismus* ist keine Biologie. Dennoch – es steckt ein Tier in uns, aber *im rechten Licht* betrachtet ist dieses »Menschentier« freundlicher, als viele glauben mögen.

## Eine Welt in Stockwerken

Das Geheimnis des »rechten Lichts« liegt in der Perspektive, in der Kunst, sich zu bescheiden und die richtigen Fragen zu stellen. Naturwissenschaften – Biologie ist keine Ausnahme – nehmen keine universelle Perspektive ein. Ihr Erfolg beruht auf Zerlegung, Begrenzung, Reduktion. Die Wissenschaften blicken auf die Welt wie auf ein mehrgeschossiges Gebäude und betreiben Arbeitsteilung. Für jedes Stockwerk fühlt sich eine Disziplin zuständig. Trotz dieses »begrenzten Blickes« sollten Theorien über den Menschen nicht in Widerspruch zu dem geraten, was wir über seine Physik, Chemie oder Biologie wissen. Diese These belege ich im vorderen Teil der vier Kapitel des Buches. Um die Natur dieser Bedingtheit zu erklären, betrachte ich wie der Philosoph Nicolai Hartmann (1882–1950) in seiner *Ontologie* die materielle Welt als ein System »hierarchisch angeordneter Schichten«.<sup>3</sup> Ich habe mir erlaubt, Hartmanns Bild den Erfordernissen dieses Buches anzupassen:

Wir können uns demnach die Welt als ein Gebäude mit einem geheimnisvollen Keller und vier überirdischen Stockwerken vorstellen, wobei einige der Stockwerke in mehrere Untergeschosse unterteilt sind. Tief unter der Oberfläche der sichtbaren Welt, in dunklen und nicht vollständig erschlossenen Kellern, liegt der platonische Zoo der subatomaren »Teilchen«, regiert von den Gesetzen einer immer noch nicht wirklich verstandenen Physik.<sup>4</sup> Dagegen ist das Erdgeschoss recht ordentlich kartiert. Hier sind die Atome zuhause; sie konstituieren das »Material«, aus dem die Welt besteht. Den Grundriss dieses

Geschosses entworfen und ihn gezeichnet hat der russische Chemiker Dimi- tri Iwanowitsch Mendelejew (1834–1907) im Jahr 1869. Seit Mendelejew ist der eine oder andere ›Bewohner‹, das eine oder andere Element, hinzugekom- men,<sup>5</sup> aber das Geschoss blieb überschaubar.<sup>6</sup>

Die Etage darüber, der erste Stock, nimmt deutlich mehr Raum ein. In sei- nen hohen und lichten Sälen wurden inzwischen drei Zwischengeschosse eingezogen. Im Untersten finden wir einfache chemische Verbindungen, wie Salze (z. B. NaCl) und kleine anorganische Moleküle wie Wasser (H<sub>2</sub>O), Koh- lendioxid (CO<sub>2</sub>) oder Kalk (CaCO<sub>3</sub>). Hier gelten die Gesetze der anorganischen Chemie. Im Zwischengeschoss darüber logieren organische Moleküle, etwas größere Aggregate von Atomen, die zwei Dinge gemeinsam haben: Ihr Rück- grat besteht aus Kohlenstoff. Und sie werden in der Regel von Lebewesen pro- duziert. Beispiele sind Zucker, Aminosäuren, Nukleotide oder Harnstoff. Im obersten Zwischengeschoss finden wir die Riesen unter den Molekülen. Dort sind *Makromoleküle* zuhause, Eiweiße (Proteine), große Kohlenhydrate und Nukleinsäuren. Dem Verhalten dieser komplizierten Gebilde widmen sich die organische Chemie und die Biochemie.

Zwischen diesem und dem nächsten Stockwerk verläuft eine mysteriöse Grenze, die Grenze zwischen Leben und Tod. Der zweite Stock gehört den Lebewesen. Dort wohnen *Individuen*. So unterschiedlich diese *Individuen* sind, sie verbindet eine Gemeinsamkeit. Sie sind einzigartig und lebendig!<sup>7</sup> Anders als Strukturen der unbelebten Welt haben Lebewesen die Fähigkeit zur Selbstregeneration, zum Stoffwechsel und zur Reproduktion. Dafür benöti- gen sie Energie und Baumaterial. Sie stehen daher in ständigem Austausch mit der Welt. Und bezogen auf solche Individuen ist es zum ersten Mal angebracht, von *Interessen* zu sprechen. Denn Individuen verfolgen Ziele – bewusst oder unbewusst. Sie »wollen« überleben und sich vermehren; sie haben Interessen und werden von ihnen geleitet. Die Wissenschaft, die sich für dieses Panopti- kum verantwortlich fühlt, ist die Biologie.

Unter all diesen Lebewesen findet sich eine Affenart, die einige ganz spe- zielle Eigenheiten entwickelt hat. Wegen dieses Affen, dem *Homo sapiens*, wurde das Weltgebäude um ein Stockwerk erweitert. Manche Eigenarten des *Homo sapiens* entziehen sich der Sprache der Biologie. Für seine Intentionen, Motive und sein bewusstes Denken und Handeln fühlen sich Psychologen, Linguisten oder die Kulturwissenschaftler zuständig, ›vermessen‹ und deuten die Produkte des *menschlichen Geistes*. In diesem obersten Stockwerk finden wir ferner die Strukturen und Abstraktionen, die durch den Zusammen-

schluss menschlicher Individuen entstehen: Familien, Dorfgemeinschaften, Stämme, Völker, Staaten und Organisationen. Ihre Eigenarten, Erscheinungsformen, Regeln und Produkte nennen wir Kultur.<sup>8</sup>

Dieses verführerisch übersichtliche Gebäude entspricht unserer zutiefst menschlichen – *anthropomorphen* – Sicht der Welt. Eine Kopfgeburt, aber »heuristisch wertvoll«. Arbeitsteilung und Beschränkung sind Gründe für den Erfolg der Naturwissenschaften. Und demnach nehme ich im vorderen Teil der vier Kapitel die Perspektive der »Welt der Stockwerke« ein. Um sich im Riesenreich der Biologie zurechtzufinden, braucht es Karte und Kompass. So werden in diesem Buch drei zentrale Konzepte vorgestellt, die unterschiedlichen Stockwerken angehören, und ein weiterer Entwurf, der die Biologie erst zur Wissenschaft macht. *Kapitel Eins* beginnt mit einem kurzen Porträt der *Evolutionstheorie*, weil sie der Mörtel ist, der die Biologie im Innersten zusammenhält. *Kapitel Zwei* widmet sich dem Konzept der *Gene* – materiell betrachtet, nicht als große Moleküle. Sie wohnen daher im Erdgeschoss. Allerdings wird sich zeigen, dass sie Eigenschaften entwickelt haben, die über die Materie hinausweisen. Im *dritten Kapitel* wird das »Atom des Lebens« behandelt – in zweifachem Sinn. Zellen sind Lebewesen und daher im ersten Stock zuhause. Der Blick in die Zelle wird enthüllen, worin das Geheimnis des Lebens besteht. *Kapitel Vier* dreht sich um das Gehirn. Gehirne sind zunächst nichts anderes als Verbünde von Zellen, die es in sich haben. Denn nach Ansicht fast aller Biologen ist das Gehirn die Grundlage des Menschseins.

Am Ende jedes Kapitels dreht sich der Blickwinkel um 90°. Was die Biologie über Evolution, Gene, Zellen und Gehirne erzählt, führt direkt an die Kreuzungen, wo sich Menschen seit Jahrhunderten über die Natur des Menschen die Köpfe heißgeredet und viel zu oft auch eingeschlagen haben. *Kapitel Eins* schließt mit der Frage nach den biologischen Wurzeln von Gut und Böse. In *Kapitel Zwei* geht es um die rätselhafte Beziehung zwischen Genen und Merkmalen, um die Rolle von Erbe und Erziehung, um die vielen Mythen zwischen *Tabula rasa* und genetischer Marionette, um Volk und »Rasse«, Sex und Gender, Menschenzucht, Optimierung und vermeintliche Perfektion. Das Problem der Definition von Anfang und Ende einer menschlichen Existenz, die Fragen nach dem Geheimnis des Lebens werden am Ende von *Kapitel Drei* gespiegelt in dem Bild, das die Biologie von Evolution, Gen, Zelle und Gehirn gezeichnet hat. *Kapitel Vier* konfrontiert die biologischen Erkenntnisse über das Gehirn mit Fragen nach der Konstitution des menschlichen Ichs, seinen Fähigkeiten, Freiheiten und Grenzen. Ist unser Gehirn auf die Wirklich-

keit bezogen und wenn ja, wie? Es geht aber ebenso um Maschinenmenschen, um Geister in der Maschine, um das *Animal rationale* und die (un)vernünftige Vernunft – es geht um uns und in gewisser Weise um alles, woran wir Menschen beteiligt sind, und darum, wer und was wir sind.

## Die Gebrauchsanleitung

Das ist die eine Seite dieses Buches. Die andere Seite ist eine Art Gebrauchsanleitung, die in und zwischen den Zeilen versteckt liegt. Natürlich sind Menschen beides, Natur- und Kulturwesen. Und die Biologie ist pikanterweise selbst ein Kulturprodukt. Als solches ist sie nicht immer einfach zu lesen. Ein Blick auf die vergangenen 150 Jahre zeigt, dass die Furcht vor dem Gespenst des *Biologismus* nicht unbegründet ist. Missbrauchte und missverstandene Biologie hat im 20. Jahrhundert viel Unheil angerichtet.

Die Gebrauchsanleitung beginnt daher mit zwei Geboten: Das erste Gebot heißt: *Du sollst mich nicht überstrapazieren*. Schließlich gibt es Aspekte des menschlichen Lebens, zu denen die Biologie nichts zu sagen hat. Eine biologische Theorie der barocken Lyrik etwa wäre im besten Fall grob unvollständig, vielleicht auch nur lächerlich. In diesem Sinne gibt es keine »Theorie für alles«. <sup>9</sup> Zweifeln ist der Wissenschaft näher als Glauben. Wer Wissenschaft zur Religion erhebt, aus Biologie *Biolog-ismus* macht, versetzt ihr den Todesstoß. Ich werde über einige solcher unangemessenen Überdehnungen berichten.

Dennoch, der *Homo sapiens* ist ein Produkt der Evolution. Und im weiteren Verlauf wird sich zeigen, dass das sowohl für den Gattungsbegriff *Homo* wie auch für den Zusatz *sapiens* zutrifft. Das zweite Gebot lautet deshalb: *Du sollst mich nicht ignorieren*. Die Geschichten von Evolution, Genen, Zellen und Gehirnen werden hoffentlich klar machen, mehr zu sein als beliebige und frei verhandelbare »Narrative«. Theorien der Biologie sind keine Moden, die einander ablösen, wie der Minirock den Maxirock. In der Regel löst in der Wissenschaft die bessere, die umfassendere die schlechtere und begrenztere Theorie ab. Kopernikus ersetzte Ptolemäus und Einstein folgte auf Newton, nicht weil die Altvorderen nicht mehr »fancy« waren, sondern weil Einstein und Kopernikus Fragen beantworten und Widersprüche auflösen konnten, die ihre Vorgänger offenlassen mussten.

Zur Gebrauchsanleitung fehlen noch die »Leseregeln«: Die Metapher von der Welt als mehrgeschossiges Gebäude hat etwas verführerisch Übersichtliches. Das ist gut so! Für jedes Stockwerk ist eine Wissenschaft zuständig, die ihre speziellen Gegenstände, Fragen, Regeln und Methoden, sogar ihre eigene Sprache hat. Gerade die Sprache ist aber ein ewiger Quell von Missverständnissen. Mit dem Abstecken der Claims und mit der Mahnung zu sprachlicher Sorgfalt ist die Gebrauchsanleitung nicht komplett. Nach der Katastrophe des Zweiten Weltkriegs und den Verbrechen der Nationalsozialisten war die Vermischung von biologischen und gesellschaftlichen Fragen anrühlich geworden. In wunderbar dialektischer Manier schlug das Pendel in den 1950er und 1960er Jahren ins Gegenteil um. Die Lösung schien einfach und hieß von nun an: Schuster, bleibt bei euren Leisten! Jede Wissenschaft sollte sich auf ihren Kern konzentrieren und die Wissenschaften von der Natur sollten sich aus Fragen zu Mensch und Gesellschaft heraushalten. Heraus kam das, was der Brite Charles Percy Snow Ende der 1950er Jahr als Spaltung des »intellektuelle[n] Leben[s] der gesamten westlichen Gesellschaft« in die »zwei Kulturen« diagnostiziert hat, eine Spaltung in die Welt der Naturwissenschaft und in die der Humanwissenschaften. Snow beklagte diese Spaltung. Zu Recht! Denn der partitionierte Blick produziert Missverständnisse und Fehleinschätzungen, vor allem wenn im obersten Geschoss über den Menschen gestritten wird, ohne die Beschaffenheit der Etagen darunter zu kennen.

Die Natur von Missverständnissen dieser Art zu identifizieren, ist das dritte und letzte Ziel der »Gebrauchsanleitung«. Die Metapher vom »mehrgeschossigen Haus« sorgt für Übersicht. Spezialisierung ist notwendig, weil die immer komplexeren Strukturen auf jeder Ebene Phänomene produzieren, die sich nur mithilfe von Begrifflichkeiten innerhalb dieser Ebene erklären lassen.

Der Hirnforscher Valentin Braitenberg schrieb vor einigen Jahren: »Letztlich ist [auch] alles Geistige zurückzuführen auf verschiedene Gestaltungen der Materie«. Dieser Satz ist für viele Menschen eine Zumutung. Aber hier ist Gelassenheit angesagt, denn es fehlt der entscheidende Nachsatz – etwas, das »entweder innerhalb eines Dings oder im Zusammenhang der Dinge untereinander entstehen kann«. Was er damit meint, versucht er mithilfe eines harmloseren Beispiels deutlich zu machen. Etwas, was nur im Zusammenspiel vieler Dinge entstehen kann, ist zum Beispiel der Tauschwert einer Münze. Braitenberg fährt fort: »Schönheit, Wert, historische Bedeutung, Echtheit sind Begriffe, die nur innerhalb dieser GEISTERLEHRE zu verstehen sind«. <sup>10</sup> Mit Geisterlehre meint er, durch eine ganz bestimmte Anordnung

von Materieteilchen könne etwas entstehen, das über die Materie selbst hinausgeht, das neu ist, das Bedeutung hat und nur innerhalb des Bezugs- und Begriffssystems einer neuen, übergeordneten Ebene vernünftig beschrieben werden kann. So etwas schien schon der griechische Philosoph Aristoteles (384–322 v. Chr.) erahnt zu haben, als er schrieb »Das, was aus den Bestandteilen so zusammengesetzt ist, dass es ein einheitliches Ganzes bildet, nicht nach der Art eines Haufens, sondern wie ein Wort, das ist offenbar mehr als die Summe seiner Teile.«<sup>11</sup> Philosophen haben dafür einen Begriff geprägt. Sie sprechen von *Emergenz*, wenn sich aus einer Kombination von Teilsystemen ein neues komplexes System mit eigenen Systemeigenschaften ergibt.<sup>12</sup> Der Verhaltensforscher Konrad Lorenz, der den raunenden Unterton dieses Begriffs nicht mochte, weil er den Anschein erwecken könne, hier trete etwas vorher Vorhandenes, bisher Verborgenes, endlich ans Licht, ersetzte *Emergenz* durch den alten scholastischen Begriff der *Fulguration* (von lat. *fulgur* = Blitz), um klar zu machen, dass hier schlagartig Neues entsteht. Egal wie wir das Kind nennen, Beispiele für die Entstehung »neuer Ganzheiten« gibt es unzählige. Auf den ersten Blick scheint sich tatsächlich Geisterhaftes abzuspielden, eine Art *creatio ex nihilo*.<sup>13</sup> Denn solche Bewohner der nächsthöheren Ebene sind mehr als die Summe ihrer Bausteine aus den Stockwerken darunter. Ein zweiter Blick auf die konkreten Beispiele mag helfen, *Emergenz* zu entmystifizieren. Moleküle, Zellen, Lebewesen, Kühlschränke oder Computer, auch Texte oder Theorien, sie alle produzieren emergente Phänomene: Ein Elektron ist ein fast masseloses, negativ geladenes Teilchen, ein Proton ein schwereres, positiv geladenes. Vereinigen sie sich, so entsteht ein Wasserstoffatom, das zwar so schwer wie Proton und Elektron zusammen, aber elektrisch neutral ist, eine neue *emergente* Eigenschaft. Wasserstoff hat weitere emergente Eigenschaften. Er ist brennbar und reagiert mit Sauerstoff explosionsartig zu Wasser. Sauerstoff und Wasserstoff sind Gase. Verbinden sie sich, so entsteht Wasser, eine Flüssigkeit mit wieder neuen emergenten Eigenschaften. Auch Sprache hat emergente Charakteristika. Aus 26 Buchstaben lassen sich alle Wörter der Welt zusammenfügen. Ihre zig verschiedenen Bedeutungen sind etwas, das aus einer speziellen Anordnung von Buchstaben – einer Struktur – hervorgeht. So betrachtet hat *Emergenz* nichts Magisches.

Mit der *Emergenz* ist allerdings ein Problem verknüpft. Eigenschaften komplexer Systeme lassen sich nicht immer vollständig aus den Teileigenschaften ihrer Bausteine herleiten oder erklären. Daher müssen zur Beschreibung emergenter Phänomene Begrifflichkeiten entwickelt werden, die auf den Beschrei-

bungsebenen darunter, dort, wo die »Einzelteile« zuhause sind, keinen Sinn ergeben.<sup>14</sup>

Manche Freunde der *Emergenz* schütten an dieser Stelle das Kind mit dem Bade aus und glauben, damit wäre der naturwissenschaftliche Anspruch auf allgemeine Gültigkeit ihrer Gesetze bis in die Grundfesten erschüttert. *Emergenz* wird gerne bemüht, um wissenschaftliche Theorien aus dem obersten Stockwerk, der Soziologie oder Psychologie, gegenüber Zumutungen aus den Kellergeschossen in Schutz zu nehmen. Aber natürlich wirken die Gesetze der Physik nicht nur in Atomen, sondern auch in Mäusen und Menschen. In diesem Sinn *sind* die Naturgesetze universell.

Nur ist die Sprache der Physik nicht gemacht, um *alle* Phänomene zu beschreiben, die uns in den höher gelegenen Stockwerken begegnen. Selbst der scheinbar grundsolide und universelle Begriff *Materie* zerfällt zu semantischem Staub, wenn er in die subatomare Welt der Quarks und Strings entführt wird.<sup>15</sup> Begriffe wie *elektrische Ladung* oder *Bindungsvalenz*<sup>16</sup> beziehen sich auf Atome und Moleküle, sind also im Keller des Gebäudes, wo die subatomaren Teilchen hausen, ohne Sinn. *Polarität*, *Chiralität* oder *Tertiärstruktur* sind Eigenschaften von Molekülen. In dem Stockwerk, auf dem die Atome wohnen, haben diese Erscheinungen keine Bedeutung. Das Problem dieses terminologischen Relativismus zieht sich durch alle Ebenen. Jeder Begriff ist in seinem Bedeutungsraum zuhause und löst sich jenseits seiner Grenzen in Rauch auf. *Gift* und *Giftigkeit* macht nur in Bezug auf Lebewesen Sinn. Moleküle oder Minerale lassen sich nicht vergiften, höchstens im metaphorischen Sinn. Wir werden sehen, was passiert, wenn Begriffe aus den obersten Stockwerken wie *Information*, *Bedeutung*, *Absicht*, *Glück*, *Liebe*, *Schönheit*, *Bewusstsein*, *Wille*, *Sinn*, *Vergnügen*, *Hass* oder *Freiheit* aus ihrer angestammten Heimat entführt und in die falschen Stockwerke verschleppt werden.

Kühlschränke und Küchenmixer produzieren emergente Phänomene, genau wie Zellen und Gehirne. Was die biologischen Systeme jedoch kompliziert und besonders macht, ist die Tatsache, dass hier Abhängigkeiten nicht nur von unten nach oben bestehen. Gene prägen Zellen, diese prägen Gehirne, Gehirne prägen Kulturen und umgekehrt. Kulturen verändern Gehirne und – wie das eine oder andere Beispiel zeigen wird – sogar die Gene selbst. In diesem Buch versuche ich, einen Blick ins Innenleben dieses komplizierten Spiels zu werfen und den Rollen der Spieler auf die Spur zu kommen. So möchte ich eine Bauanleitung für ein Menschenbild liefern, das der Biologie gerecht wird, ohne sie überzustrapazieren, eine Bauanleitung allerdings, die kompli-

zierter ist, als nur Klötzchen für Klötzchen übereinanderezustapeln oder zwei Teile Biologie mit drei Teilen Kultur zu einem Cocktail zu mischen. Richtig verstanden, kann die moderne Biologie vielleicht wie eine Impfung gegen Populismus und Pessimismus wirken.



**TEIL I**  
**EVOLUTION**

»Licht wird fallen auf den Ursprung  
der Menschheit und ihre Geschichte«  
Charles Darwin<sup>1</sup>

## DAS GEHEIMNIS DER GEHEIMNISSE<sup>2</sup>

Charles Darwin sprach dieses große Wort nicht gelassen aus. Vom Menschen ist im wichtigsten Werk der Biologie kaum die Rede. Überhaupt hatte er lange gezögert, seine Ideen zum Ursprung der Arten vor einem breiten Publikum auszubreiten. Erst als Darwin Wind davon bekam, dass Alfred Russel Wallace (1823–1913) ähnliche Vorstellungen über das Geheimnis der Entstehung der Arten entwickelt hatte, entschloss er sich zur Veröffentlichung. Allerdings sollten weitere 13 Jahre vergehen, bis Darwin nachlegte und seine Theorie auch explizit auf den Menschen ausdehnte.<sup>3</sup> Selbst der Begriff *Evolution* taucht 1859 in der ersten Ausgabe seines *Opus magnum* mit dem lapidaren Titel *Über die Entstehung der Arten* noch gar nicht auf. Trotzdem schlug das Buch sofort hohe Wellen.

Aber erst mit der Veröffentlichung von *The Descent of Man* im Jahr 1871 war der Skandal perfekt.<sup>4</sup> Noch 200 Jahre zuvor war der Priester und Astronom Giordano Bruno (1548–1600) auf dem Campo dei Fiori in Rom für weit geringere Ungeheuerlichkeiten auf dem Scheiterhaufen verbrannt worden. Seit Brunos grausamem Ende hatte sich Europa aber massiv verändert. Der heiligen Inquisition waren die Zähne gezogen. Die Macht der Kirche war auf dem Rückzug. Als Darwin seine Gedanken zu Papier brachte, war die Säkularisierung in vollem Gang. Trotzdem oder vielleicht gerade deswegen waren seine Bücher eine Zumutung. Denn wenigstens der Ursprung des Lebens und des Menschen schien bis *dato* in den Zuständigkeitsbereich der Theologie zu fallen. Schließlich gab es keine gute Alternative zu der Idee, nur ein höheres, göttliches Wesen könne profaner Materie Leben einhauchen. Plausible säkulare Erklärungen schienen lange nicht in Sicht. Zu komplex war das Problem, zu mächtig auch das heute noch manchmal strapazierte »Argument from Design«: Wer würde schon auf die Idee kommen, eine Taschenuhr als

Produkt eines spontanen, natürlichen Entwicklungsprozesses zu erklären?<sup>5</sup> Und sind Menschen nicht weit komplexer als Taschenuhren? So oder ähnlich dachten zu Darwins Zeit viele Gläubige. Vor ihm gab es wenig Grund, an der Theorie der Schöpfung durch ein vernunftbegabtes »Wesen« zu zweifeln.

Das sollte sich ändern. Binnen 24 Stunden war die erste Auflage von *Der Ursprung der Arten* vergriffen und bis 1871 wurden fünf weitere nachgedruckt. Das Buch war eine Sensation und hatte Erfolg. Es polarisierte. Begeisterte Anhänger sahen sich bald einer wachsenden Front von Kritikern gegenüber. Als Darwin auch die Abstammungslinie des Menschen zurück zu den Altweltaffen zog,<sup>6</sup> war das Maß voll. Der sanfte und zurückhaltende Darwin erntete Ablehnung, Spott und Häme. Bewunderern wie Gegnern war klar, dass diese Theorie zur Evolution der Arten zur zweiten großen narzisstischen Kränkung des Menschengeschlechts werden konnte.<sup>7</sup>

Trotzdem wurde immerhin ein Grundgedanke, nämlich die Entwicklung aller Arten von Lebewesen aus einfacheren gemeinsamen Vorfahren, schon bald nach 1859 zumindest in den Kreisen der Naturforscher weitgehend anerkannt. Die Zeit war reif, dem theologischen *Mythos*<sup>8</sup> eine wissenschaftliche Theorie gegenüberzustellen. Darwin war kein einsamer Solitär, die Evolutionstheorie nicht vom Himmel gefallen. Elemente einer Theorie der Evolution waren seit über 2000 Jahren Teil abendländischen Denkens. Schon der Vorsokratiker Anaximander (um 610–547 v. Chr.)<sup>9</sup> war der Ansicht, alle Lebensformen stammten von den Meeresfischen ab und seien durch entsprechende Modifikationsprozesse zustande gekommen, um schließlich trockenes Land zu erobern. Aristoteles mutmaßte: »Könnte nicht die zweckmäßige Einteilung des Gebisses in Schneide- und Backenzähne ganz natürlich durch Zufall entstanden sein? Könnte es sich dann nicht einfach erhalten haben, weil es so zweckmäßig war und bessere Überlebenschancen bot?«<sup>10</sup>

Die verschiedenen naturalistischen Erklärungsansätze konnten allerdings lange nicht zu einer konsistenten Theorie zusammengefasst werden. Dafür gibt es eine Reihe von Gründen. Seit dem späten 4. Jahrhundert dominierten das Christentum und sein dezidiertes Schöpfungsglaube über Europa. Das Verhältnis von Christentum und Wissenschaft ist durchaus ambivalent. Einerseits waren die Klöster im poströmischen Chaos eine der wenigen Inseln, auf denen Reste antiker Gelehrsamkeit die Irrungen und Wirrungen

des Frühmittelalters überstehen konnten. Andererseits lag die christliche Dogmatik lange wie Mehltau über der Geisteswelt des Abendlandes. Denn die christliche Welt ist eine statische Welt.

Erst im frühen 16. Jahrhundert begannen die erwachenden Wissenschaften von der Natur, zunächst leise und vorsichtig, dann immer heftiger, am Harnisch der Kirche zu kratzen. Kopernikus' heliozentrisches Weltbild war ein Hinweis darauf, dass die Bibel kein Tatsachenbericht ist. Die Geologie hatte Ende des 18. Jahrhunderts weitere Indizien gefunden, die die Bibel nicht zu wörtlich zu nehmen. Die Erde ist weit älter, als es die biblische Chronologie glauben machen wollte.<sup>11</sup> Die Fossilienfunde des Barons de Cuvier zeigten, in der Vergangenheit hatten Arten existiert, die heute nicht mehr sind. Die Natur ist dem Wandel unterworfen, ein Befund, der im christlichen Weltbild nicht vorgesehen war. Cuviers Funde fügten sich außerdem auf wundersame Weise in eine neue geologische Chronologie ein. In den ältesten Gesteinsschichten fanden sich exotische Wesen, die mit heute lebenden Tieren kaum Gemeinsamkeiten hatten, während die neueren Funde, je jünger die Schicht, den rezenten Tieren immer ähnlicher wurden.

50 Jahre vor Darwin, im Jahr 1809, hatte schon ein anderer eine Theorie der Evolution der interessierten Öffentlichkeit vorgelegt. Der Franzose Jean-Baptiste Lamarck (1744–1829)<sup>12</sup> hat zwei Kerngedanken Darwins vorweggenommen. Auch für ihn war die belebte Welt eine Welt im Wandel. Lebewesen verändern sich, und mit der Zeit unterschieden sich manche Nachkommen so stark von ihren Urahnen, dass sie als neue Art betrachtet werden müssen. Er war zwar auch der Meinung, Eltern gäben ihren Kindern vererbliche Merkmale in Form einer Botschaft oder Instruktion mit auf ihren Weg. Nur was die treibenden Kräfte hinter dem Wandel anging, da hatte Lamarck sich getäuscht: Anders als Darwin glaubte er, Tiere würden Anpassungen vererben, die sie im Lauf ihres Lebens durch Übung, Gebrauch oder Nichtgebrauch eines Körperteils erworben haben.

Der Boden war also bereitet.<sup>13</sup> Auch wenn im 19. Jahrhundert Ketzer nicht mehr in Flammen aufgingen, war sich Darwin, der im Jahr 1882 starb, durchaus bewusst, in ein Wespennest gestochen zu haben. Obwohl die Evolutionstheorie schon zu seinen Lebzeiten heftige Reaktionen provoziert hatte, die großen Bewährungsproben standen erst bevor.<sup>14</sup> Die 1880er und 1890er Jahre waren eine schwierige Zeit für Darwinisten. Denn die Attacken kamen jetzt nicht nur von außen. Auch Biologen hatten gewichtige und durchaus berechnete Einwände.<sup>15</sup> Zu vieles war noch Theorie ohne Empirie. Bei Licht

besehen bestand seine Theorie der Evolution eigentlich aus mehreren Teilbehauptungen, die sich jede für sich bewähren mussten:

1. Hypothese: Evolution findet statt. Arten verändern sich.
2. Hypothese: Die Veränderung vollzieht sich langsam und ziemlich kontinuierlich, ohne große Sprünge.
3. Hypothese: Alle Lebewesen stammen von gemeinsamen Vorfahren ab.
4. Hypothese: Im Laufe der Evolution entsteht Vielfalt. Die Anzahl der Arten wächst.
5. Hypothese: Die natürliche (+ die sexuelle) Selektion sind die (wichtigsten) Motoren dieser Veränderungen.

Ein Teil dieser Thesen, insbesondere die Veränderlichkeit der Arten und die gemeinsame Abstammung, wurde zumindest innerhalb der Biologie relativ rasch akzeptiert.<sup>16</sup> Über die Triebkräfte und Mechanismen der Evolution, darüber, ob der Prozess langsam und kontinuierlich oder sprunghaft abläuft, wurde jedoch noch lange und heftig gestritten.<sup>17</sup> Erst mit der sogenannten »modernen Synthese« von Evolutionstheorie und klassischer Genetik in den 1930er und 1940er Jahren kam die Evolutionstheorie in ruhigeres Fahrwasser und wurde zu einem Gedankengebäude aus einem Guss.<sup>18</sup> 150 Jahre nach der Erstveröffentlichung von *Der Ursprung der Arten*, im »Darwin-Jahr«, notierte der Evolutionsbiologe Francisco J. Ayala (\*1934): »Darwin vollendete die kopernikanische Revolution, indem er für die Biologie die Vorstellung von der Natur als einem gesetzmäßigen System aus bewegter Materie entwickelte, das der menschliche Verstand ohne Rückgriff auf übernatürliche Mächte zu erklären vermag.«<sup>19</sup>

Die Biologie hat seit Darwins Tod eine steile Karriere hingelegt. Vom Blick in den Mikrokosmos der Zellen oder der Dechiffrierung unserer Erbanlagen konnten Darwin und seine Zeitgenossen nicht einmal träumen. Erstaunlicherweise hat die Biologie trotzdem keine der fünf Hypothesen Darwins zu Fall gebracht.<sup>20</sup> Die Molekularbiologie und die molekulare Genetik haben Darwin nicht widerlegt, sondern – im Gegenteil – glanzvoll bestätigt.<sup>21</sup> Vieles von dem, was im 19. Jahrhundert noch spekulativ war, wurde inzwischen auf ein solides empirisches Fundament gesetzt. Lücken wurden geschlossen und Details ausgearbeitet. Der Kern der Theorie blieb aber erhalten.

Das mag verwundern, denn Darwins Theorie hatte eine weit offene Flanke. Die Mechanismen der Vererbung und die erbliche Grundlage der Varianz

innerhalb einer Art lagen für Darwin und seine Zeitgenossen im dichten Nebel der Unkenntnis. Viele Vorstellungen, die Darwin selbst von der Vererbung hatte, stellten sich als falsch heraus. Trotzdem ist die Evolutionstheorie die Klammer, die die ganze Biologie zusammenhält. Der berühmte Evolutionsbiologe Theodosios Dobzhansky (1900–1975) ging noch weiter: »Nichts in der Biologie macht Sinn, außer im Licht der Evolution«<sup>22</sup> – Gründe genug, sich als Einstieg in die Biologie des Menschen erst einmal Darwins Theorie und ihre Karriere näher anzusehen.

## WIE FUNKTIONIERT EVOLUTION?

Auf den ersten Blick wirkt Darwins Vorschlag abenteuerlich. Wie sollten alle lebenden Organismen in all ihrer Komplexität durch spontane, gar *zufällige* Prozesse, ohne eine lenkende Instanz entstanden sein? Schließlich übersteigt schon die Komplexität einer kleinen Stubenfliege alles, was Menschenhand bisher erschaffen hat, inklusive I-Phone und Jumbojet.

Damit sind wir beim ersten Missverständnis, der Rolle des Zufalls. Das Kochbuch der Evolution verzeichnet erstaunlich wenige Zutaten: Die erste Zutat ist eine gewisse Varianz zwischen den Individuen einer Art. Diese kleinen Unterschiede sind offensichtlich. Wir (und die meisten anderen Lebewesen) sind keine eineiigen Zwillinge. Darwins Theorie steht so in einem scheinbar paradoxen Spannungsfeld zwischen Stabilität und Veränderlichkeit. Sie setzt nämlich auch voraus, dass die Zugehörigkeit zu einer Art in einem überindividuellen, artspezifischen Bauplan angelegt ist. Dieser Bauplan ist es, der eine Spezies konstituiert und Kontinuität zwischen den Generationen herstellt. Er ist der Keim, aus dem Kinder und Enkel hervorgehen. Gleichzeitig ist der Bauplan aber auch verantwortlich für die »kleinen Unterschiede«, die den ererbten Teil der Einzigartigkeit von Individuen ausmachen.

Die zweite Zutat der Evolutionstheorie sind die Baupläne selbst und ihre Vererbung. Darwin kannte das Wesen der Baupläne nicht. Er konnte nicht wissen, wie vererbare Variationen zwischen verschiedenen Individuen innerhalb einer Art entstehen.<sup>1</sup> Die Naturforscher seiner Zeit nannten die Saat, aus der eine neue Generation aufgeht, etwas hilflos das *Keimplasma*, ohne eine Vorstellung zu haben, was sich dahinter verbirgt. Darwin ging einfach vom Offensichtlichen aus, von den Unterschieden zwischen einzelnen Phänotypen.

Inzwischen kennen wir die Natur dieser Baupläne. Wir haben gelernt, dass sie in vieler Hinsicht einem Text gleichen.<sup>2</sup> Diese Texte sind das gemeinsame Erbe, im platonischen Sinn die *Essenz* einer Art. Sie sind das, was von Gene-

ration zu Generation weitergegeben wird. Wie bei anderen Texten, die immer wieder abgeschrieben werden, schleichen sich mit der Zeit Fehler ein. Diese Abweichungen sind erbliche Anteile der Varianz. Sie verdanken sich tatsächlich Zufallsprozessen,<sup>3</sup> und so kommt an dieser Stelle der Zufall zu seinem Recht. Die Natur der Texte – wir nennen sie heute Gene – und der Mechanismus des Zufallsprozesses wurden fast 100 Jahre nach Darwins Tod entschlüsselt. Ihnen ist das nächste Kapitel gewidmet.

Versetzen wir uns jedoch zunächst nochmals in Darwins Lage und gehen vom Offensichtlichen aus: So gesehen erscheint es selbstverständlich: Wenn Zebrafinken sich paaren, bringen sie wieder Zebrafinken zur Welt und nicht etwa Amseln oder Meisen. Aber warum ist das so?

Erblichkeit findet sich auch bei subtileren Merkmalen, die die Unterschiede zwischen einzelnen Individuen *innerhalb* einer Art ausmachen. Ein japanisches Paar wird keine blonden, blauäugigen Nachkommen zeugen. Merkmale wie die krumme Nase des Großvaters oder das pechschwarze Haar der Mutter überdauern in Familien oft Generationen. So weit, so offensichtlich. Bis zu diesem Punkt erscheint die Welt der Kreaturen statisch und unveränderlich, denn es ist kaum vorstellbar, dass zufällig, von einer Generation zur anderen, so viele neue Webfehler entstehen und dabei eine sinnvolle neue Konstruktion oder gar eine neue Art herauskommt. Leider wird jedoch genau dieses schräge Bild der Evolutionstheorie noch immer genutzt, um sie lächerlich zu machen. Diese *Genetische Drift*<sup>4</sup> ist eine wichtige Zutat, aber sie reicht natürlich nicht aus, um die Entstehung neuer Arten zu erklären.

Dafür kommt die dritte Zutat ins Spiel. Wir leben in einer Welt, die den Überlebens- und Fortpflanzungschancen der Varianten innerhalb einer Spezies Grenzen setzt. Manche Individuen sind erfolgreicher als andere. Die wählerische Umwelt ist der Flaschenhals, durch den sich jede neue Generation hindurchzwängen muss. Darwin bezeichnete diese Auswahl der besser angepassten Individuen als *Selektion*. Die *Selektion* ist der eigentliche Markenkern der Theorie. Gerne wird Selektion und damit die Bevorzugung besser angepasster Varianten auf die Formel *survival of the fittest* gebracht. Der Begriff stammt nicht von Darwin, sondern von seinem Zeitgenossen, dem Naturphilosophen Herbert Spencer (1820–1903).<sup>5</sup> Spencers Diktum ist sexy und griffig. Darwin hat es unglücklicherweise übernommen, denn es hat wie vielleicht kein zweites zu Missinterpretationen der Evolutionstheorie verführt. Schließlich ist das Überleben (*survival*) für die Evolution eigentlich



von untergeordnetem Interesse. Gene, die einen Tiger mit überragender Kraft, Schnelligkeit und Jagdglück ausstatten, ihn doppelt so alt werden lassen wie seine Artgenossen, die ihn aber gleichzeitig impotent machen, würden sofort wieder aussortiert werden. Überleben ist nur die halbe Miete. Letztendlich geht es um etwas anderes.

Das sehen wir an einem Phänomen, das Biologen *antagonistische Pleiotropie* nennen: Merkmale können gleichzeitig verschiedene, teilweise sogar gegensätzliche Effekte haben. So hat die männliche Prostata eine hohe Stoffwechselrate, was der Beweglichkeit der Spermien und damit der Fortpflanzung zuträglich ist. Die Kehrseite der Medaille: Genau diese Eigenschaft prädestiniert die Prostata mehr als jedes andere männliche Organ dafür, Krebs zu entwickeln, ein möglicherweise tödlicher Pferdefuß.

Nicht das Überleben, sondern die erfolgreiche Weitergabe an die nächste Generation, die *Fitness*, ist die entscheidende Zielgröße evolutionären Erfolgs. *Fitness* ist ein biologischer *Terminus technicus* und hat in diesem Kontext wenig mit unserem Alltagsverständnis des Begriffs zu tun. Gerne personifizieren wir den Selektionsdruck. Wir denken dabei in Szenarien von Jägern und Gejagten. Hasengene sind erfolgreich, wenn sie die Hasen mit Wachsamkeit und Geschwindigkeit ausstatten, um dem Luchs zu entgehen und umgekehrt.

Die Umwelt, in der sich Individuen bewähren müssen, hat aber weit mehr Dimensionen und übt ihren Selektionsdruck auf ganz unterschiedlichen, zum Teil sogar konkurrierenden Ebenen aus. Zur Umwelt gehören nicht nur potentielle Konkurrenten, Fressfeinde<sup>6</sup> und Beutetiere, sondern auch Klima, geologische Gegebenheiten und vor allem begrenzte Ressourcen wie Licht, Luft, Nahrung und Wasser. Das Kaninchen muss sich ernähren, es muss überwintern, es muss Krankheiten überstehen, es muss sich paaren und dabei eventuelle Nebenbuhler erfolgreich ausstechen, es muss von der Häsinerin erwählt werden und es muss schließlich auch seine Kinder erfolgreich aufziehen können.

## EXKURS FITNESS

**Fitness, wie sie die Biologie versteht:** In puncto Evolutionsbiologie ist **Fitness (*w*)** zunächst nichts als eine Zahl. Diese Zahl ist das Produkt einer wohl definierten mathematischen Operation. Je nachdem, welche zeitliche Perspektive auf die Fitness gewählt wird, zerfällt der Begriff in zwei Varianten. Die **individuelle Fitness** beschreibt, wie viel weniger Nachkommen eines gegebenen Allels (Version eines Gens) im Vergleich

zu dem erfolgreichsten Allel des betreffenden Gens in der Population durchschnittlich pro Leben produziert werden.

Die **Gesamtfitness** (*inklusive Fitness*) bezieht auch die Generationen der Kinder und Enkel mit in die Betrachtung ein. Je höher der relative Anteil des betrachteten Allels in den Folgegenerationen sein wird, desto höher seine Fitness. Auf dieser Basis berechnen Biologen für Allele sogenannte **Selektionskoeffizienten S** [ $S = 1 - w$ ]. Bei maximaler Selektion werden alle Allele ausgemerzt [ $S = 1$ ]. Wenn gar keine Selektion stattfindet, sind die Allele neutral, das heißt, sie haben keinen Einfluss auf die Fitness [ $S = 0$ ]. **Beispiel:** Wenn das erfolgreichste Allel A 100 Nachkommen hat, das Allel B aber nur 60 Nachkommen, dann beträgt der Selektionskoeffizient S von Allel B 0,4 ( $1 - 0,6$ ).

Umwelt muss – bezogen auf die genetische Grundlage von Merkmalen – sogar noch weitergedacht werden. Veränderungen in unseren Genen – das werden wir im nächsten Kapitel sehen – sind keine isolierten Ereignisse. Die Produkte der meisten Gene gleichen winzigen Rädchen in einem komplizierten Uhrwerk. Der Nutzen der Veränderung eines Bauteils muss sich daran messen lassen, wie gut er sich ins gesamte Funktionsgefüge einpasst.

Ein weiterer Aspekt der Fitness kann gar nicht oft genug betont werden: Fitness ist relativ! Sie gilt nur in Bezug auf einen bestimmten räumlichen und zeitlichen Kontext. Ändern sich die Gegebenheiten, so können bewährte Merkmale sogar vom Segen zum Fluch werden. Nehmen wir die Ohren der Füchse: Große Ohren haben Vorteile. Sie bündeln und fokussieren die Schallwellen und verbessern das Gehör. Im heißen Wüstenklima haben große Ohren einen weiteren Vorteil. Die gute Durchblutung und ihre große Oberfläche machen sie zur idealen Klimaanlage. Sie können Hitze aus dem Körper ableiten. Die größten Ohren aller Füchse relativ zur Körpergröße haben die Wüstenfüchse. In kalter Umgebung kann der *Netto-Nutzen* großer Ohren aber rasch ins Negative abgleiten. In den Polarregionen geht es nicht um Kühlung, sondern darum, Wärmeverluste zu begrenzen. Nicht umsonst haben Polarfüchse die kleinsten Ohren. Die Ohren von Meister Reinicke, der in unseren gemäßigten heimischen Wäldern lebt, liegen naturgemäß zwischen beiden Extremen. Die Ohren der Füchse zeigen die Grenzen der Optimierung von einzelnen Merkmalen auf. Der akustische Vorteil großer Ohren verwandelt sich in bestimmten Kontexten zum Netto-Nachteil, in anderen nicht. Noch etwas macht deutlich, dass Fitness nie absolut verstanden werden darf.