

# Unverkäufliche Leseprobe

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Text und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlags urheberrechtswidrig und strafbar. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Übersetzung oder die Verwendung in elektronischen Systemen.

S. FISCHER





**Neil Shubin**

# **Die Geschichte des Lebens**

Vier Milliarden Jahre  
Evolution entschlüsselt

Aus dem Englischen von Sebastian Vogel

S. FISCHER

Aus Verantwortung für die Umwelt hat sich der S. Fischer Verlag zu einer nachhaltigen Buchproduktion verpflichtet. Der bewusste Umgang mit unseren Ressourcen, der Schutz unseres Klimas und der Natur gehören zu unseren obersten Unternehmenszielen.

Gemeinsam mit unseren Partnern und Lieferanten setzen wir uns für eine klimaneutrale Buchproduktion ein, die den Erwerb von Klimazertifikaten zur Kompensation des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes einschließt.

Weitere Informationen finden Sie unter:  
[www.klimaneutralerverlag.de](http://www.klimaneutralerverlag.de)



Deutsche Erstausgabe  
Erschienen bei S. FISCHER  
Die Originalausgabe erschien 2020 im Verlag Pantheon Books,  
Penguin Random House, New York  
unter dem Titel ›Some Assembly Required. Decoding  
Four Billion Years of Life, From Ancient Fossils to DNA‹  
© Neil Shubin 2020

Für die deutsche Ausgabe:  
© 2021 S. Fischer Verlag GmbH,  
Hedderichstr. 114, D-60596 Frankfurt am Main

Satz: Dörlemann Satz, Lemförde  
Druck und Bindung: GGP Media GmbH, Pößneck  
Printed in Germany  
ISBN 978-3-10-397240-5

# Inhalt

## *Prolog* 9

1. Fünf Wörter 15
2. Ideen im Embryo 48
3. Der Maestro im Genom 90
4. Schöne Monster 133
5. Der Nachahmungstäter 175
6. Unser inneres Schlachtfeld 204
7. Gezinkte Würfel 233
8. Fusionen und Übernahmen 266

## *Epilog* 295

*Weiterführende Literatur und Anmerkungen* 301

*Danksagungen* 337

*Abbildungsnachweis* 341

*Register* 343

# 1.

## Fünf Wörter

Manche Menschen finden das Thema, dem sie ihre ganze Karriere widmen, in einem Labor oder im Freiland. Ich fand meines in einem einzigen projizierten Dia.

Kurz nach Beginn meines Studiums nahm ich an einem Seminar teil, das von einem führenden Wissenschaftler geleitet wurde. Es handelte von den größten Volltreffern in der Geschichte des Lebens und war eine Art Crashkurs, ein Schnelldurchgang durch die größten Rätsel der Evolutionsforschung. Das Thema war jede Woche ein anderer entscheidender Übergang in der Evolution. In einer der ersten Sitzungen projizierte der Professor eine einfache Karikatur; sie zeigte, was man damals, 1986, über den Entwicklungsweg von den Fischen zu den landlebenden Tieren wusste. Ganz oben in der Skizze war ein Fisch abgebildet, unten ein frühes fossiles Amphibium. Vom Fisch zum Amphibium zeigte ein Pfeil, und er, nicht der Fisch, fesselte meinen Blick. Ich sah mir die Zeichnung an und kratzte mich am Kopf. Ein Fisch, der auf dem Trockenen ging – wie hatte es jemals dazu kommen können? Es schien mir ein erstklassiges wissenschaftliches Rätsel zu sein, an dem ich mich abarbeiten konnte. Es war Liebe auf den ersten Blick. So begannen vier Jahrzehnte mit Expeditionen zu beiden Polen und auf mehrere Kontinente, immer auf der Suche nach Fossilien, die zeigen konnten, wie das große Ereignis sich abgespielt hat.

Aber wenn ich mich bemühte, Freunden und Verwandten mein Anliegen zu erklären, traf ich häufig auf gequälte Blicke und höfliche Fragen. Damit sich ein Fisch in ein landlebendes Tier verwandeln konnte, musste sich ein neuartiges Skelett entwickeln, zu dem keine Flossen zum Schwimmen mehr gehörten, sondern Gliedmaßen zum Gehen. Notwendig war außerdem eine neue Art der Atmung mit einer Lunge anstelle der Kiemen. Ebenso mussten sich Ernährung und Fortpflanzung verändern – Fressen und Eierablage laufen im Wasser ganz anders ab als an Land. Damit ein solcher Übergang stattfinden konnte, mussten sich praktisch alle Körpersysteme gleichzeitig wandeln. Wozu sollten Gliedmaßen zum Gehen an Land nützlich sein, wenn das Tier an Land nicht atmen, fressen oder sich fortpflanzen konnte? Das Leben auf dem Trockenen setzt keine einzelne Erfindung voraus, sondern das Wechselspiel mehrerer hundert Neuerungen. Die gleiche Schwierigkeit stellt sich auch bei den vielen tausend anderen Übergängen in der Geschichte des Lebens, vom Ursprung der Flugfähigkeit und des aufrechten Ganges bis hin zur Entstehung vielzelliger Organismen und des Lebens selbst. Meine Bestrebungen schienen von vornherein zum Scheitern verurteilt zu sein.

Die Lösung des Dilemmas ist in einer Bemerkung der Dramatikerin Lillian Hellman enthalten, die in den 1950er Jahren vom Komitee für unamerikanische Umtriebe auf die schwarze Liste gesetzt wurde und ein schweres Leben hatte. Als sie ihr Leben schilderte, sagte sie einmal: »Natürlich beginnt nichts zu der Zeit, zu der man es glaubt.« Mit dieser Formulierung umriss sie unwissentlich eines der wichtigsten Konzepte aus der Entwicklungsgeschichte des Lebens, ein Konzept, das



den Ursprung nahezu jedes Organs, jedes Gewebes und jedes DNA-Stückchens aller Lebewesen auf der Erde erklärt.

In der Biologie wurde der Samen für diese Idee durch die Arbeiten eines Wissenschaftlers gelegt, der selbstzerstörerisch war wie kaum ein anderer und das Fachgebiet gerade dadurch veränderte, dass er unrecht hatte.

Um zu verstehen, welche Entdeckungen man in jüngster Zeit im Genom gemacht hat und was sie bedeuten, müssen wir uns erst einmal mit einem früheren wissenschaftlichen Zeitalter beschäftigen. Das viktorianische England war ein Nährboden für bleibende Ideen und Entdeckungen. Der Gedanke hat etwas Poetisches: Unsere heutigen Kenntnisse darüber, welche Funktion die DNA in der Geschichte des Lebens erfüllt, basieren auf Gedanken aus einer Zeit, als man noch nicht einmal wusste, dass Gene überhaupt existieren.

St. George Jackson Mivart (1827–1900) war der Sohn strenggläubiger, evangelikaler Eltern. Die Familie wohnte in London. Sein Vater war vom Butler zum Eigentümer eines der größten Hotels in der Stadt aufgestiegen. Die Position von Mivart senior verschaffte seinem Sohn die Chance, im gesellschaftlichen Leben aufzusteigen, und gewährte ihm das Vorrecht, eine Berufslaufbahn seiner Wahl einzuschlagen. Wie sein Zeitgenosse Charles Darwin, so hatte auch Mivart von klein auf eine Leidenschaft für die Natur. Als Kind sammelte er Insekten, Pflanzen und Mineralien, wobei er sich häufig im Freiland umfangreiche Notizen machte und Klassifikations-schemata entwickelte. Eine Karriere als Naturforscher schien für Mivart vorgezeichnet zu sein.

Aber dann kam ihm das beherrschende Thema seines per-

sönlichen Lebens dazwischen: der Kampf mit Autoritäten. Schon als Teenager fühlte sich Mivart in dem anglikanischen Glauben seiner Familie zunehmend unwohl. Zur großen Verblüffung seiner Eltern konvertierte er zum Katholizismus. Diese – für einen 16-Jährigen sehr kühne – Entscheidung hatte unvorhergesehene Folgen. Mit seiner neuen Bindung an die katholische Kirche konnte er weder in Oxford noch in Cambridge studieren, denn der Zugang zu englischen Universitäten war Katholiken zu jener Zeit verschlossen. Da er sich in keinen naturhistorischen Studiengang einschreiben konnte, ergriff er die einzige Gelegenheit, die ihm noch blieb: Er studierte Jura am ›Inns of the Court‹, wo die Religionszugehörigkeit kein Hindernis war. So wurde Mivart zum Anwalt.

Ob er jemals juristisch tätig war, ist nicht geklärt, aber in jedem Fall blieb die Naturgeschichte seine Leidenschaft. Mit seiner Stellung als Gentleman fand er Zugang zur wissenschaftlichen Oberschicht und trat in Beziehung zu Schlüsselfiguren seiner Zeit, insbesondere zu Thomas Henry Huxley (1825–1895). Huxley wurde schon bald zum öffentlichen Fürsprecher der Ideen Darwins. Er war aber auch selbst ein angesehener vergleichender Anatom und hatte ein ganzes Gefolge aus eifrigen Schülern um sich gesammelt. Mivart wurde zu einem engen Vertrauten des großen Wissenschaftlers, arbeitete in dessen Labor und nahm sogar an Zusammenkünften der Familie Huxley teil. Unter Huxleys Anleitung schrieb Mivart wichtige, allerdings meist deskriptive Werke über die vergleichende Anatomie der Primaten. Seine detaillierten Untersuchungen am Skelett sind bis heute nützlich. Als Darwin 1859 die erste Auflage seines Werkes *Der Ursprung der Arten* herausbrachte, betrachtete Mivart sich selbst als Anhänger

von Darwins neuer Idee, was vermutlich auch daran lag, dass Huxleys Eifer ihn angesteckt hatte.

Bald aber erging es Mivart wie mit dem anglikanischen Glauben seiner Jugendzeit: Ihm kamen starke Zweifel an Darwins Gedanken, und er entwickelte theoretische Einwände gegen das darwinistische Prinzip des allmählichen Wandels. Irgendwann bekannte er sich – zuerst verschämt, später mit größerem Nachdruck – in der Öffentlichkeit zu seinen Vorstellungen. Er sammelte Belege, die seine abweichenden Ansichten stützen sollten, und stellte sie in einer Antwort auf Darwins *Der Ursprung der Arten* zusammen. Wenn er unter seinen alten Kollegen in der Welt der Naturgeschichte noch

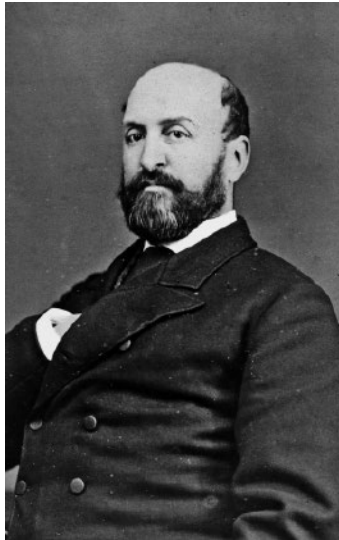


Abb. 1: St. George Jackson Mivart, der es schaffte, in der Evolutionsdebatte alle Seiten gegen sich aufzubringen.

Freunde hatte, verlor er sie mit seiner Abwandlung von Darwins Titel: *Über die Genesis der Arten*.

Auch der katholischen Kirche machte Mivart es jetzt schwer. Er schrieb in Kirchenblättern, die Jungfrauengeburt und die Unfehlbarkeit der kirchlichen Lehre seien ebenso wenig plausibel wie Darwins Ideen. Mit der Veröffentlichung von *Über die Genesis der Arten* war Mivart in der Wissenschaft de facto exkommuniziert, und seine Schriften führten dazu, dass auch die katholische Kirche ihn im Jahr 1900, sechs Wochen vor seinem Tod, exkommunizierte.

Sein Widerspruch zu Darwin bietet einen Einblick in die intellektuellen Grabenkämpfe des viktorianischen Englands. Er formulierte einen Stolperstein, auf den viele Menschen seit Darwins Zeit immer wieder gestoßen sind. Zur Eröffnung seines Angriffs schreibt Mivart über sich selbst in der dritten Person und bedient sich einer Sprache, die ihm eine aufgeschlossene Glaubwürdigkeit verleihen soll: »Ursprünglich war er nicht geneigt, Darwins faszinierende Theorie abzulehnen.«

Zu Beginn seiner Argumentation umreißt Mivart in einem langen Kapitel, was er für Darwins tödlichen Fehler hielt. Er nennt ihn »die Unfähigkeit der natürlichen Selektion, die Anfangsstadien nützlicher Strukturen zu erklären«. Mit dem Titel nimmt er den Mund voll, aber er beschreibt ein wichtiges Thema. Darwin stellte sich vor, dass die Evolution aus unzähligen Zwischenstadien besteht, die von einer Spezies zur anderen führen. Damit das funktioniert, muss jedes dieser Zwischenstadien der Anpassung dienen und die Lebensfähigkeit des Individuums steigern. Mivart erschien die Zwischenstadien in vielen Fällen nicht völlig plausibel. Ein Beispiel ist die Entstehung der Flugfähigkeit. Welchen Nutzen konnte ein Frühsta-

dium in der Entstehung von Flügeln haben? Der verstorbene Paläontologe Stephen Jay Gould bezeichnete dies als »das zwei Prozent eines Flügels Problem«: Es scheint, als sei ein winziger, im Entstehen begriffener Flügel bei einem Vorfahren der Vögel zu überhaupt nichts nütze. Irgendwann ist er groß genug, um dem Tier beim Gleitflug zu helfen, aber ein winziger Flügel lässt sich für keine Form eines eigenständigen Fluges nutzen.

Mivart führte ein Beispiel nach dem anderen für scheinbar unplausible Zwischenstadien an. Plattfische haben zwei Augen auf einer Körperseite, Giraffen haben einen langen Hals, manche Wale haben Barten, verschiedene Insekten ahmen Baumrinde nach, und so weiter. Welchen Nutzen könnte eine geringe, bruchstückhafte Verschiebung der Augen, eine Verlängerung des Halses oder eine geringfügige Abwandlung der Farbe haben? Kann ein Kiefer mit dem Ansatz von Barten einen ganzen Wal ernähren? Die Evolution schien zwischen den Endpunkten aller großen Übergänge aus unzähligen Sackgassen zu bestehen.

Als einer der ersten Wissenschaftler lenkte Mivart die Aufmerksamkeit auf die Beobachtung, dass wichtige Übergänge in der Evolution nicht mit der Veränderung eines einzelnen Organs einhergehen; vielmehr müssen sich ganze Kombinationen von Eigenschaften quer durch den Körper gemeinsam verändern. Welchen Nutzen hat es, wenn Gliedmaßen sich so entwickeln, dass das Tier an Land gehen kann, wenn es nicht gleichzeitig die Lunge besitzt, um Luft zu atmen? Ein anderes Beispiel ist die Entstehung des Vogelfluges. Der aktive Flug setzt viele verschiedene Erfindungen voraus: Flügel, Federn, Hohlknochen, einen intensiven Stoffwechsel. Wenn die Knochen eines Tieres so klobig sind wie die eines Elefanten,

oder wenn sein Stoffwechsel so langsam abläuft wie der eines Salamanders, wäre es nutzlos, wenn sich Flügel entwickelten. Aber wenn sich bei jedem großen Übergang der ganze Körper verändern muss, und wenn viele Merkmale sich gleichzeitig wandeln müssen, stellt sich die Frage: Wie können große Übergänge allmählich stattfinden?

In den eineinhalb Jahrhunderten seit der Veröffentlichung von Mivarts Gedanken waren sie für viele Evolutionskritiker immer ein Maßstab. Damals dienten sie aber auch als Katalysator für eine von Darwins großen Ideen.

Darwin hielt Mivart für einen wichtigen Kritiker. Die erste Auflage seines *Ursprungs der Arten* erschien 1859, Mivarts Werk folgte 1871. In seine sechste, endgültige Auflage des Werkes, die er 1872 veröffentlichte, nahm Darwin ein ganz neues Kapitel auf, um auf seine Kritiker zu antworten, und einer der bedeutendsten war Mivart.

Wie es den Gebräuchen der viktorianischen Debatten entsprach, schrieb Darwin zu Beginn: »Ein namhafter Zoologe, Mr. St. George Mivart, hat unlängst sämtliche von mir selbst und anderen geäußerten Einwände gegen die von Mr. Wallace und mir vorgetragene Theorie der natürlichen Selektion zusammengestellt und mit bewundernswertem Geschick und Nachdruck erläutert.« Und er fuhr fort: »Derart aufgereiht bilden sie eine eindrucksvolle Phalanx.«

Dann aber brachte er Mivarts Kritik mit einem einzigen Satz zum Schweigen, auf den er eine Fülle eigener Beispiele folgen ließ: »Sämtliche Einwände Mr. Mivarts werden im vorliegenden Band noch aufgegriffen oder wurden es bereits. Der eine neue Aspekt, der offenbar vielen Lesern aufgefallen ist, ist der, dass sich natürliche Selektion nicht dazu eignet,

die Anfangsstadien nützlicher Strukturen zu erklären.« Dieses Thema hängt aufs Engste zusammen mit dem Thema der Abstufung von Merkmalen, die häufig mit *einer Änderung der Funktion einhergeht*.«

Wie zutiefst wichtig diese letzten fünf Wörter für die Wissenschaft waren, kann man kaum genug betonen. Sie enthalten die Grundlage einer neuen Sichtweise für die großen Übergänge in der Geschichte des Lebens auf der Erde.

Wie ist das möglich? Einen Einblick liefern wie üblich die Fische.

## Ein Hauch frische Luft

Als Napoleon Bonaparte 1798 in Ägypten einmarschierte, brachte er nicht nur Schiffe, Soldaten und Waffen mit. Er hielt sich selbst für einen Wissenschaftler und nahm sich vor, das Land umzukrempeln. Dazu wollte er den Nil regulieren, den Lebensstandard verbessern und sowohl die Kultur- als auch die Naturgeschichte Ägyptens kennenlernen. Zu seiner Mannschaft gehörten einige führende französische Ingenieure und Wissenschaftler. Einer von ihnen war Étienne Geoffroy Saint-Hilaire.

Mit seinen 26 Jahren war Saint-Hilaire ein wissenschaftliches Wunderkind. Er hatte bereits den Lehrstuhl für Zoologie am Museum für Naturgeschichte in Paris inne und sollte zu einem der größten Anatomen aller Zeiten werden. Schon im Alter zwischen 20 und 30 Jahren machte er sich mit seinen anatomischen Beschreibungen von Säugetieren und Fischen einen Namen. In Napoleons Gefolge hatte er die spannende



Abb. 2: Das wissenschaftliche  
Wunderkind Étienne Geoffroy  
Saint-Hilaire

Aufgabe, viele Tierarten zu sezieren, zu untersuchen und zu benennen, die Napoleons Leute in den Tälern, Oasen und Flüssen Ägyptens fanden. Eine davon war ein Fisch, von dem der Leiter des Pariser Museums später sagte, dieser allein habe Napoleons gesamte Expedition nach Ägypten gerechtfertigt. Nicht in dieser Beschreibung eingeschlossen war wohl Jean-François Champollion, der mit Hilfe des Steins von Rosetta die ägyptischen Hieroglyphen entzifferte.

Von außen sah das Tier mit Schuppen, Flossen und Schwanz wie ein ganz gewöhnlicher Fisch aus. Anatomische Beschreibungen umfassten zu Saint-Hilaires Zeit aber auch die detaillierten Ergebnisse des Sezierens; häufig stand ein Künstlerteam bereit, um jedes wichtige Detail in wunderschö-