



Veiko Krauß

# Gene, Zufall, Selektion

Populäre Vorstellungen zur Evolution  
und der Stand des Wissens



Springer Spektrum

A close-up photograph of a tiger's face, focusing on its eyes and nose. A semi-transparent DNA double helix is overlaid on the image, winding across the top and middle sections. The background is a mix of brown, orange, and black tones from the tiger's fur.

Veiko Krauß

# Gene, Zufall, Selektion

Populäre Vorstellungen zur Evolution  
und der Stand des Wissens



Springer Spektrum

Gene, Zufall, Selektion

Veiko Krauß

# Gene, Zufall, Selektion

Populäre Vorstellungen zur Evolution und der Stand  
des Wissens



Springer Spektrum

Dr. Veiko Krauß  
Department Biologie  
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf  
Düsseldorf, Deutschland

ISBN 978-3-642-41754-2  
DOI 10.1007/978-3-642-41755-9

ISBN 978-3-642-41755-9 (eBook)

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

Springer Spektrum

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

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

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

*Planung und Lektorat:* Frank Wigger, Imme Techentin

*Redaktion:* Dr. Angela Simeon

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer Spektrum ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media  
[www.springer-spektrum.de](http://www.springer-spektrum.de)

Für Helga und Helmut Krauß

# Danksagung

Zu diesem Buch regten mich populäre Sackgassen des Denkens ebenso an wie die in den letzten Jahren besonders rasante Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Evolutionsbiologie. Daher suchte ich nach einer Möglichkeit, gerade die heftig diskutierten Aspekte der Evolution einmal zusammenfassend für einen größeren Kreis von Lesern darzustellen. Meine eigenen wissenschaftlichen Beiträge haben leider einen viel zu speziellen Charakter, um als Grundstock oder auch nur als ein geeigneter Ausgangspunkt für ein solches Projekt dienen zu können. So stützte ich mich bei diesem Buch fast ausschließlich auf das Werk zahlreicher anderer Evolutionsbiologen. Zwei davon will ich hier besonders hervorheben. Zum einen ist das der amerikanische Populationsgenetiker Michael Lynch, welcher in seinen Buch „The Origins of Genome Architecture“ (Lynch 2007) überzeugend die permanent provisorische Gestalt der genetischen Information aller und besonders der sogenannten „höheren“ Lebewesen demonstriert. Zum anderen ist das der gebürtige Österreicher Andreas Wagner, welcher in seinen Buch „The Origins of Evolutionary Innovations“ (Wagner 2011) genauso überzeugend zeigt, wie diese ineffizient organisierte genetische Information erstaunlich leistungsfähige Organismen formen kann.

Beim Entstehen des Buches waren für mich die Hinweise einer Reihe von Lesern des mehr oder weniger fertigen Manuskriptes, darunter Eva-Maria Andreas, Jörg Lehmann und Sylvia Seidel, sehr wertvoll. Kommentare von Laien waren genauso hilfreich wie solche von Fachleuten. Frau Imme Techentin und Herr Frank Wigger vom Springer-Verlag haben den Publikationsprozess professionell begleitet. Ich danke ihnen herzlich für ihre wertvollen Hinweise, die zu wesentlichen Verbesserungen in Stil und Gestaltung geführt haben. Dessen ungeachtet bleibe ich natürlich für verbliebene Fehler, Ungenauigkeiten und stilistische Schwächen ganz allein verantwortlich.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meiner Frau Grit und meinen beiden Söhnen Viktor und Volker für die Geduld und das Verständnis bedanken, mit dem sie meinen mitunter etwas speziellen Interessen stets begegnet sind.

## Literatur

- Lynch M (2007) The origins of genome architecture. Sinauer Associates, Sunderland
- Wagner A (2011) The origins of evolutionary innovations. A theory of transformative change in living systems, Oxford University Press, Oxford



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Ist über Evolution nicht schon alles gesagt?</b> .....	1
	1.1 Das Darwin-Jahr und seine Folgen .....	1
	1.2 Kreationismus und Ultradarwinismus .....	3
	1.3 Andere Formen unwissenschaftlicher Evolutionsvorstellungen .....	4
	1.4 Vom Sinn des Buches .....	6
	Literatur .....	7
<b>2</b>	<b>Leben und Evolution sind zwei Seiten einer Medaille</b> .....	9
	2.1 Um etwas auszuwählen, muss es vorhanden sein .....	10
	2.2 Warum Evolution unvermeidlich ist .....	12
	Literatur .....	15
<b>3</b>	<b>Gene – Rohmaterial der Evolution</b> .....	17
	3.1 Geschichte des Genbegriffs .....	17
	3.2 Eine populäre Fehlinterpretation .....	20
	3.3 Gene heute .....	25
	Literatur .....	27
<b>4</b>	<b>Die Einheit der Selektion</b> .....	29
	4.1 Selektion innerhalb des Organismus .....	30
	4.2 Wie weit reicht die Freiheit des Individuums? .....	34
	4.3 Arterhaltung – was ist dran? .....	43
	4.4 Andere Ebenen der Selektion .....	50
	Literatur .....	52
<b>5</b>	<b>Fitness – ein Begriff und seine Deutung</b> .....	55
	Literatur .....	62
<b>6</b>	<b>Der Weg des geringsten Widerstandes</b> .....	63
	6.1 Der Kreislauf des Wassers und der Fortschritt der Evolution .....	63
	6.2 Vom Unsinn egoistischer Gene .....	65
	6.3 Ockhams Rasiermesser .....	67
	6.4 Absicht und Verwandtenselektion .....	69
	Literatur .....	74

<b>7</b>	<b>Die Struktur des Zufalls als Motor der Veränderung</b> .....	75
7.1	Nukleotidaustausche – Evolution in kleiner Münze .....	77
7.2	Wie werden Gene dupliziert? .....	81
7.3	Gene im Exil .....	86
7.4	Zufall und Notwendigkeit .....	92
	Literatur .....	94
<b>8</b>	<b>Eindringlinge im Genom</b> .....	97
8.1	Ein labiles Gleichgewicht .....	99
8.2	Verwendung springender Gensequenzen durch den Wirt .....	102
8.3	Frank Ryan, das „kreative Genom“ und die „aggressive Symbiose“ .....	108
8.4	Kann Stress genetische Vielfalt erzeugen? .....	116
	Literatur .....	124
<b>9</b>	<b>Epigenetik – der Zugriff aufs Genom</b> .....	127
9.1	Was beschreibt die Epigenetik? .....	128
9.2	Die Entstehung epigenetischer Vorgänge .....	132
9.3	Epigenetische Vererbung zwischen den Generationen .....	136
9.4	Erinnerung und Verdrängung .....	144
9.5	Faltungshelfer und Prionen – Waddingtons Epigenetik .....	146
	Literatur .....	152
<b>10</b>	<b>Robustheit und Plastizität</b> .....	155
10.1	Kanalisation .....	156
10.2	Plastizität .....	160
	Literatur .....	165
<b>11</b>	<b>Der Mensch – Ende oder Neuanfang der Evolution?</b> .....	167
11.1	Besonderheiten der Evolution des Menschen .....	168
11.2	Kultur und Evolution .....	177
11.3	Weder noch – ein Fazit .....	180
	Literatur .....	182
<b>12</b>	<b>Epilog</b> .....	185
	Literatur .....	189
	<b>Glossar</b> .....	191
	<b>Sachverzeichnis</b> .....	201

# 1

## Ist über Evolution nicht schon alles gesagt?

*Wollten doch die Leute endlich einsehen,  
dass Überzeugung den größten Sieg feiert,  
wenn sie sich der besseren aufopfert!*

Kurd Laßwitz

Laßwitz, dem zu Unrecht wenig bekannten Pionier der Science-Fiction-Literatur deutscher Zunge, ist unbedingt recht zu geben. Nur über wenige wissenschaftliche Errungenschaften existieren so viele, oft grundverschiedene Ansichten wie über die Evolutionstheorie. Auch bei diesem Thema werden Meinungen nicht gern geopfert, dafür aber mitunter sehr vehement vertreten. Angesichts des allgemeinen Interesses gibt es bereits eine beinahe unüberschaubare Reihe von Büchern über Evolution. Ein großer Teil davon sind gut lesbare, populärwissenschaftliche Darstellungen. Warum also dieses Buch?

Am liebsten würde ich meinen Lesern, also Ihnen, kein positives Vorurteil zum vorliegenden Buch abverlangen. Lesen Sie bitte und entscheiden Sie dann, ob es ein sinnvolles Unternehmen war. Das Problem ist nur, Sie haben vermutlich wenig Zeit. Ich muss Sie also in diesem ersten Kapitel davon überzeugen, dass es sich lohnt, diesem Buch Ihre Aufmerksamkeit zu schenken. Lassen Sie mich daher meine Motive darlegen.

### 1.1 Das Darwin-Jahr und seine Folgen

2009 jährte sich die Herausgabe des berühmten Werkes „Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl“ zum 150. Mal. Zugleich war es 200 Jahre her, dass der Autor dieses Buches, Charles Darwin, in England geboren wurde. Er hat als der maßgebliche Begründer der Evolutionstheorie eine schwer zu überschätzende Bedeutung für die Geschichte der Biologie. Deshalb wurde dieses Jahr zum Darwin-Jahr erklärt. Die Zahl der Publikationen über Darwin und seine Theorie schnellte in bisher ungekannte Höhen. Da sowohl das

Phänomen Evolution als auch seine Person Thema des Jahres waren, wurde beides in noch stärkerem Maße als bisher miteinander verbunden.

Nichts ist dagegen zu sagen, Darwins Ideen zur Evolution darzustellen. Er starb jedoch vor mehr als hundert Jahren. Seitdem entstand aus der Evolutionstheorie ein kräftiger Zweig der Biologie – die Evolutionsbiologie. Wie auf jedem anderen Gebiet der Naturwissenschaften wurden zahllose Beobachtungen, Experimente, Vergleiche und Berechnungen durchgeführt. Im Ergebnis kann heute ein aufmerksamer Abiturient zwar nicht umfassendere, aber weit zutreffendere Kenntnisse über evolutionäre Prozesse erwerben, als Darwin sie jemals besaß. Das wird Schülern jedoch nicht leichtgemacht.

Evolution wird heute im Unterricht in erster Linie an denselben Lebewesen studiert, an welchen sich auch Darwin abarbeitete. Man versucht, den Schülern über den Vergleich von Anatomie und Verhalten hoch komplexer Wirbeltiere oder Blütenpflanzen die Gedanken der Abstammung und der evolutionären Veränderung nahezubringen. Einfachere Organismen würden eingängigere Erklärungen erlauben. Zu wenig Zeit bleibt, um grundlegende Evolutionsfaktoren wie Mutation, Selektion, Population, Rekombination, biologische Art und genetische Drift zu erklären. Zudem sind die gegebenen Definitionen recht holprig und werden in einer ungeeigneten Reihenfolge gegeben.

Zu Zeiten Darwins gab es keinerlei wissenschaftliche Kenntnis über die Mechanismen der Vererbung. Das ist ihm nicht anzulasten, für uns ist es aber beschämend, wenn wir die heute umfassenden Erkenntnisse auf diesem Gebiet nicht nutzen, um zu erkennen, dass Mutationen, also Veränderungen des Erbmaterials DNA, und nicht die natürliche Selektion, die primäre Triebkraft der Evolution darstellen. Diese Veränderungen sind zwar zufällig, aber unvermeidbar und treten, teilweise in recht spezieller Form, mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten auf. Auslese kann erst an den Ergebnissen dieser Mutationsprozesse in die Evolution eingreifen. Typischerweise führt diese natürliche Selektion nicht zur Veränderung der Organismen, sondern zur Erhaltung ihrer in der evolutionären Vergangenheit erworbenen Funktionalität gegen den Druck funktionsvernichtender Mutationen. Da dabei die dauerhafte Aufnahme von Mutationen in das Genom oft nicht verhindert werden kann, ergibt sich die Veränderung der Lebewesen aus einem Gemisch von vorteilhaften, neutralen, nachteiligen, aber auch Nachteile anderer Mutationen kompensierenden Mutationen. Mit anderen Worten, Lebewesen passen sich keineswegs immer besser an ihre augenblickliche Umwelt an. Zeitweise kann ihr Genom eher einer Degeneration als einer Adaptation unterliegen. Manchmal ist nicht erkennbar, welcher dieser Prozesse dominiert. Mit Sicherheit aber müssen Lebewesen sich stetig verändern, denn einen Stillstand der Evolution kann es wegen der Unvermeidbarkeit von Mutationen nicht geben.

Diese grundlegende Sicht auf den Evolutionsprozess ist nicht Schulstoff, aber wissenschaftlich begründet, was ich mit diesem Buch belegen will. Zugleich gibt es vielfältige, populäre Ansichten über Evolution, die wissenschaftlich nicht oder kaum haltbar sind. Auch diese werden Gegenstand des Buches sein.

## 1.2 Kreationismus und Ultradarwinismus

Ein Grund für die bemerkenswert defensive Darstellung der Evolutionsbiologie in Schulbüchern sind sicher Umfragen, welche besagen, dass eine starke Minderheit der Bevölkerung immer noch einen göttlichen Schöpfungsakt der Evolution vorzieht, wenn die Rede auf den Ursprung des Lebens kommt. Forsa fand 2005 im Auftrag einer „Forschungsgruppe Weltanschauungen in Deutschland“ (fowid) in einer etwa 1500 Personen umfassenden Umfrage heraus, dass mehr als 12 % der Befragten die Schöpfungsschilderung der Bibel für zutreffend halten, während weitere 25 % der Teilnehmer vermutet, dass ein höheres Wesen das Leben zwar erschuf, dass es dies aber auf eine mehr oder weniger mit wissenschaftlichen Erkenntnissen vereinbare Weise tat. Nur wenig mehr als 60 % der Befragten glaubten, dass für die Entstehung und Entwicklung des Lebens keine höhere Intelligenz vonnöten war. Bemerkenswert an diesen Ergebnissen ist die große Zahl der zwischen den Erklärungsmustern Schöpfung und Evolution Schwankenden. Ich vermute, dass diese anhaltende Popularität unwissenschaftlicher Schöpfungsideen weniger auf der Überzeugungskraft des Kreationismus als auf verbreiteten Vorbehalten gegenüber den öffentlich vermittelten Vorstellungen über Evolution beruht.

Diese Skepsis muss notwendigerweise etwas mit der Darstellung der Evolutionsbiologie außerhalb der Fachpublikationen zu tun haben. Dort dominiert ein Bild der Evolution, welches Selektion als mit Abstand wichtigsten Evolutionsfaktor herausstellt und ähnlich wichtige Faktoren wie Mutation und genetische Drift nur am Rande erwähnt. Praktisch alle Merkmale von Lebewesen sollen von der natürlichen Auslese allein geformt worden sein. Jedenfalls wird der Beitrag anderer Evolutionsfaktoren nicht oder nicht nachvollziehbar beschrieben. Mutation und Drift werden nur als eine Art Grundrauschen betrachtet, aus dem die Selektion allein Geeignetes auswählen kann und wird. Die Herkunft und die Gestalt der genetischen Unterschiede zwischen den Organismen, welche Voraussetzung für das Wirken der Selektion sind, interessieren kaum. Diese Sichtweise wurde vom amerikanischen Paläontologen Niles Eldredge als Ultradarwinismus beschrieben (Eldredge 1995). Sein Kollege Stephen Jay Gould begründete die Wahl dieses Namens mit der Tatsache, dass Darwin selbst zwar Selektion als die hauptsächliche, aber nicht als die al-

leinige Ursache des Artenwandels ansah (Gould 1997). Seitdem sind mehr als 15 Jahre vergangen, ultradarwinistische Ansichten sind jedoch nach wie vor die populärsten Interpretationen evolutionärer Phänomene.

Wir werden uns in den kommenden Kapiteln mehr oder weniger wahrscheinlichen Deutungen der Evolution widmen. Hier soll schon angemerkt werden, dass nur wenige Wissenschaftler ultradarwinistische Vorstellungen offen kritisieren. Warum ist das so? Ich sehe zwei mögliche Gründe: Erstens vertreten führende Ultradarwinisten wie etwa der englische Zoologe Richard Dawkins mit seiner kruden, lediglich durch Anekdoten und trickreiche Argumentationen gestützten Vorstellung von allgegenwärtiger, direkter Selektion auf der Ebene einzelner Gene eine simplifizierte Version der Evolutionstheorie, welche wohl für leichter verständlich gehalten wird. Zweitens korrespondiert ihre Vorstellung einer Natur, die stets „blutige Zähne und Klauen hat“ (Dawkins 1996), gut mit der gesellschaftlichen Wirklichkeit des Neoliberalismus.

Beide Gründe für die mangelnde Kritik von Biologen an ultradarwinistischen Darstellungen sind demnach wissenschaftsfremd. Ihr holzschnittartiges Bild evolutionärer Vorgänge bietet reichlich Anlass zu berechtigter Kritik, genauso wie ihre stillschweigende Gleichsetzung tierischer und menschlicher Gemeinschaften. Deshalb ist es auch im Interesse einer Verteidigung der Evolutionsbiologie gegen kreationistische Vorstellungen, übermäßig selektionsbetonte und mitunter sogar auf herrschsüchtige DNA-Abschnitte fixierte Modelle der Evolution als gegenstandslos zu entlarven.

Um jedoch keine falschen Erwartungen zu schüren, möchte ich an dieser Stelle darauf hinweisen, dass hier keinerlei kreationistische Einwände gegen irgendeine Variante der Evolutionstheorie behandelt werden. „Anti-Kreationismus“-Bücher wurden bereits einige geschrieben. Selbst in gängigen Lehrbüchern der Evolutionsbiologie finden sich einschlägige Abschnitte. Worum es hier ausschließlich gehen soll, sind Holzwege auf dem Pfad der evolutionsbiologischen Erkenntnis, nicht die Verneinung der Möglichkeit solcher Erkenntnis überhaupt.

### 1.3 Andere Formen unwissenschaftlicher Evolutionsvorstellungen

Allzu eckige Evolutionsbeschreibungen provozieren jedoch nicht nur Kreationisten. In den letzten Jahren gewannen zwei neuartige Hypothesen über evolutionäre Prozesse Aufmerksamkeit. Eine von ihnen wurzelt in der Erkenntnis des Humangenom-Projektes, dass etwa 45 % unseres Genoms aus Überresten springender Gene (sogenannter Transposons) aufgebaut ist (Lander et al.

2001). Solche springenden Gene braucht kein Organismus, sie werden als Parasiten des Genoms betrachtet (Yoder et al. 1997, Bestor 1999). Die schiere Masse der durch sie produzierten DNA gibt aber zu denken. Tatsächlich wurde eine kleine Minderheit solcher Sequenzen in funktionell wichtige Abschnitte unserer DNA eingebaut (Feschotte und Pritham 2007). Manche Wissenschaftler zogen daraus weitergehende Schlüsse und vermuteten eine nützliche Funktion solcher Elemente für die „gastlichen“ Organismen (González und Petrov 2009, Zeh et al. 2009). Das wurde wiederum durch Autoren populärer Literatur aufgegriffen (Bauer 2010, Ryan 2010). Während der britische Arzt Frank Ryan von einer Symbiose zwischen menschlichem Genom und den integrierten springenden Genen sprach, sah der deutsche Mediziner Joachim Bauer sogar eine „Abkehr vom Darwinismus“. Ich werde versuchen zu zeigen, dass solche Annahmen haltlos sind – springende Gene sind zwar keine Lebewesen, aber Parasiten des besiedelten Genoms. Da es sich um bloße DNA-Fragmente handelt, ist ein Einbau in funktionelle Gene des Wirts dennoch jederzeit möglich und kann manchmal auch positive Konsequenzen für den Wirt (also z. B. für uns) haben.

Zeitgleich entfaltete sich das molekularbiologische Forschungsgebiet der Epigenetik. Es beschäftigt sich mit der Modifizierung bestimmter Teile der DNA, bestimmter DNA-gebundener Proteine und der Existenz regulierender RNA-Moleküle. Im Ergebnis dieser Veränderungen wird der Signalgehalt der DNA, d. h. die genetische Information, betont oder unterdrückt, sodass Gene verstärkt abgelesen oder an ihrer Aktivität gehindert werden. Wenn also die Basenfolge der DNA ein Text wäre, so bestünde ihre epigenetische Modifizierung im Hervorheben einzelner Textpassagen durch Unterstreichen bzw. im Unterdrücken anderer Textpassagen per Rotstift. Solche epigenetischen Modifizierungen des Informationsgehalts der DNA sind aber nur begrenzt haltbar. Bisher wurden zahlreiche Mechanismen beschrieben, wie sie sich über normale Zellteilungen in vielzelligen Organismen wie Pflanzen und Tieren weitergeben lassen. Bei der Bildung von Geschlechtszellen bei der Vorbereitung der Fortpflanzung werden epigenetische Markierungen aber in der Regel gelöscht bzw. grundlegend verändert. Belege für stabile *und zugleich* adaptive Weitergaben von epigenetischen Markierungen über mehrere Generationen wurden bisher jedenfalls nicht gefunden. Das hat einige Wissenschaftler nicht daran gehindert, eine solche Weitergabe zu postulieren und sie als Methode zur Weitergabe erworbener Eigenschaften im Sinne des frühen Evolutionsbiologen Jean Baptiste de Lamarck zu sehen (Jablonka und Lamb 1995). Auch diese Spekulationen wurden durch einige Autoren populärer Bücher weitverbreitet (Bauer 2010, Ryan 2010, Kegel 2009, Spork 2009).

Gar nicht neu ist dagegen die Vorstellung, die Organismen selbst würden ihre Evolution steuern. Eine angeblich zweck- und zielgerichtete Evolution