

Mehr als Darwinismus — Evolutionenbiologie heute

Eine Auslese

Dr. Veiko Krauß

Glaubwürdigkeit

- 8 von 148 angehenden Biologielehrern zweifeln an der Realität von Evolutionsprozessen
- Wie viele Lehramtsstudenten der Physik zweifeln wohl an der Relativitätstheorie?

Warum?

Zehn verbreitete Vorstellungen über Evolution

- Evolution wird durch Selektion hervorgerufen
- Ein Geburtenüberschuss ist für die Evolution notwendig
- Selektionsdruck entsteht durch Umweltveränderungen
- Gene werden ausgewählt oder verworfen
- Egoismus und Altruismus spielen eine Rolle für die Evolution
- Soziale Verhaltensweisen sind erblich
- Lebewesen können ihr Erbmateriale gezielt verändern
- Während der Evolution kann nur Nützliches entstehen
- Die genetischen Unterschiede zwischen Menschen und Schimpansen sind bekannt
- Epigenetik dient der Vererbung von Lebenserfahrungen an die Nachkommen

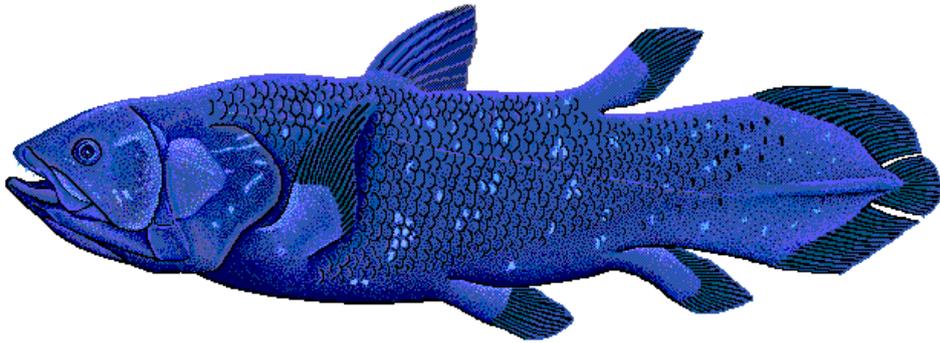
„Auf dem unterschiedlichen Erfolg von Individuen basiert Evolution.“

Wolfgang Wickler im Vorwort zu Richard Dawkins, Das egoistische Gen, 1996, S. 6

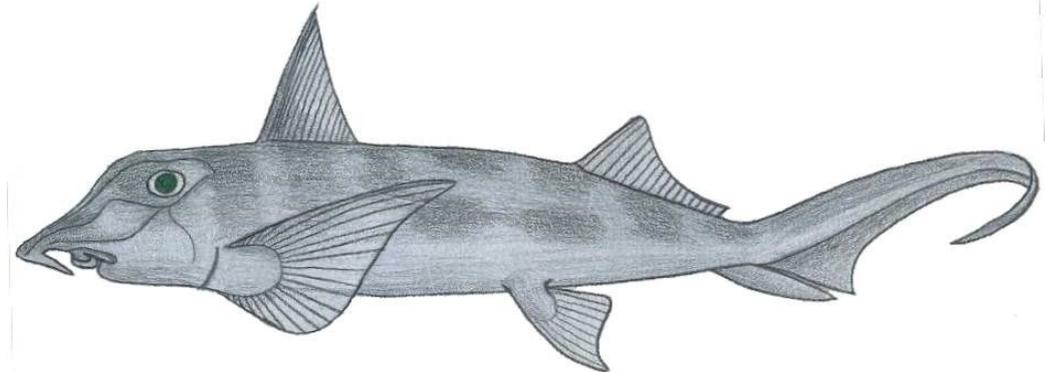
„Die beiden grundlegenden Mechanismen evolutionärer Änderungen, also der Änderungen der Allelhäufigkeiten (Allelfrequenzen) innerhalb einer Population, sind natürliche Selektion und Gendrift.“

Wikipedia, Stichwort Evolution, 18.2.2014

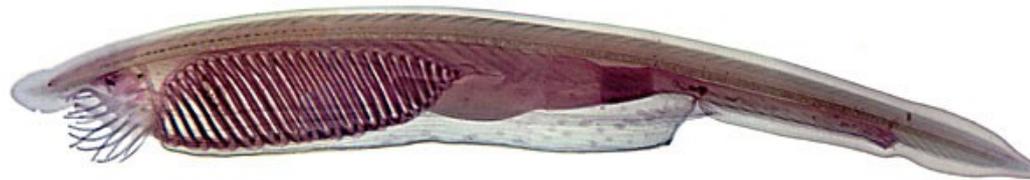
Genom-Sequenzierung lebender Fossilien



Komoren-Quastenflosser



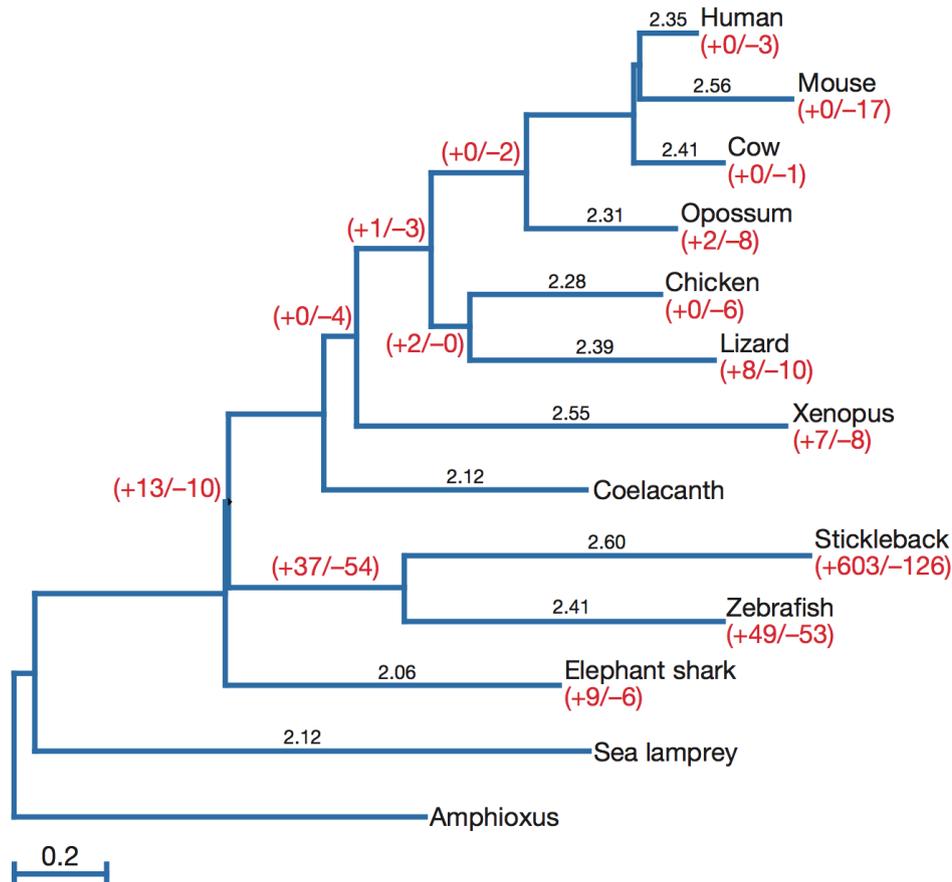
Elefantenhai



Lanzettfischchen

1) Wird Evolution durch Selektion hervorgerufen ?

Die DNA-Sequenz ändert sich mit der Zeit relativ gleichmäßig bei allen Arten



Wesentliche Ursache ist weder Selektion noch Drift, sondern das regelmäßige Auftreten von Mutationen

Evolution wird also primär durch erbliche Veränderungen verursacht

„Darwin übertrug diese Beobachtung [Bevölkerungsdynamik nach Malthus] auf Pflanzen und Tiere: Sie produzieren viel mehr Nachkommen, als für das Überleben der Art notwendig ist. Unter diesen Nachkommen muss es daher zu Konkurrenz, zu einem Kampf ums Dasein, kommen.“

Radant/Boehme, Evolution, Sekundarstufe I, 2010, S.133

Ein Geburtenüberschuss ergibt sich unmittelbar aus der nötigen Fortpflanzung und hat nichts mit der Evolution zu tun

Darwins Bild eines festen Grenzwertes stimmt für größere Zeiträume weder für einzelne Arten noch für die gesamte Biosphäre, weil Umweltansprüche bzw. die Ausbeutung verfügbarer Energie (Sonne) durch Lebewesen sich eben aufgrund der Evolution verändert

da Evolution grundlegend auf Mutation und erst sekundär auf Selektion bzw. Drift beruht, findet sie auch in kleiner werdenden Populationen statt

ein Geburtenüberschuss „dient“ also nicht der Evolution, sondern schlicht einer dauerhaft erfolgreichen Fortpflanzung

alle heutigen Lebewesen sind Nachkommen einer Milliarden Jahre langen Abfolge von Generationen, daher wurde nicht auf maximalen, sondern auf dauerhaften Fortpflanzungserfolg selektiert

„Veränderungen der Umweltbedingungen führen zu einem Selektionsdruck.“

Radant/Boehme, Evolution, Sekundarstufe II, 2010, S. 86

Selektion ist unvermeidliche Konsequenz der Fortpflanzung von Lebewesen in allen Umwelten

Mensch	G	G	A	G	T	T	C	A	T	A	C	T	G	T	C	A	G	G	T	T	C	A	A	A	A	A	T	G	A	A	C	T	A	G	A	A	A	G	A	A	A	T	A	T	T	A	C	A	A	T	C	A	A	G
Maus	G	G	A	G	T	T	C	A	C	A	C	T	G	T	C	A	G	A	T	T	C	A	A	A	A	A	T	G	A	A	C	T	C	G	A	A	A	G	G	A	A	C	A	T	T	A	C	C	A	T	C	A	A	G
Taufliege	G	G	C	G	T	G	C	A	G	A	C	T	G	T	G	C	G	C	T	T	C	A	A	G	A	A	C	G	A	A	C	T	G	G	A	G	C	G	C	A	A	C	A	T	C	A	C	A	A	T	C	A	A	G
Hefe	G	G	T	G	T	C	C	A	A	A	C	A	G	T	C	C	G	T	T	T	A	A	G	G	A	T	G	A	A	T	T	A	G	A	A	C	G	T	A	A	C	A	T	T	A	C	T	A	T	T	A	A	G	
Ackersenf	G	G	T	G	T	C	C	A	G	A	C	T	G	T	C	C	G	T	T	T	A	A	A	A	A	T	G	A	A	T	T	G	G	A	G	C	G	T	A	A	C	A	T	T	A	C	C	A	T	T	A	A	G	
	G	G	G	T	C	A	A	C	T	G	T	C	C	G	T	T	C	A	A	A	A	A	T	G	A	A	C	T	G	A	A	C	G	A	A	C	A	T	T	A	C	A	T	C	A	A	G							

Ausschnitt aus der kodierenden Sequenz für das gleiche Protein

- Selektion gegen Veränderungen ist die häufigste Form der Selektion (negativ oder stabilisierend genannt)
- Auf der Grundlage dieser Erhaltung der Lebensfunktionen erfolgt auch eine verändernde (positive, disruptive) Selektion, deren Ausmaß sehr schwierig zu bestimmen ist

4) Erfolgt Selektion auf der Ebene der Gene?

„Es gibt in Wirklichkeit nur eine Einheit, deren Standpunkt in der Evolution wichtig ist, und diese Einheit ist das egoistische Gen. Die Gene in den Körpern von Kindern werden auf Grund ihrer Fähigkeit selektiert, Elternkörper zu überlisten; Gene in Elternkörpern werden umgekehrt auf Grund ihrer Fähigkeit selektiert, die Jungen zu überlisten.“

Richard Dawkins, Das egoistische Gen, 1996, S. 216

Selektion erfolgt vor allem auf der Ebene einzelner Lebewesen und Arten

Einheiten der Selektion müssen

(1) voneinander erblich verschieden sein

(2) um dieselben Ressourcen konkurrieren und

(3) infolge dieser Konkurrenz sich unterschiedlich stark vermehren können.

- Gene können das nicht, da sie an die Chromosomen gebunden sind
- Individuelle Lebewesen können es
- Arten können es, denn das Fortbestehen sexueller Fortpflanzung bei sehr vielen Arten lässt sich nur erklären, wenn es sich um einen langfristigen Vorteil für die Art (= Fortpflanzungsgemeinschaft) handelt, weil Sex in der Evolution viel häufiger verlorenght als er entsteht
- sexuelle Arten konkurrieren erfolgreich gegen klonale Linien

5) Sind Begriffe wie „Egoismus“ oder „Altruismus“ für Evolutionsbiologen wichtig?

„Die siebziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts erlebten eine Revolution der Biologie, die den Blick von Wissenschaftlern und Laien auf die belebte Natur radikal veränderte. Sie machte das Gen mit seinen 'egoistischen Interessen' zum zentralen Konzept der Evolutionsbiologie. Die Durchsetzung dieser neuen Blickweise auf breiter Front war vor allem ein Verdienst von Richard Dawkins, der die oft in komplizierte mathematische Modelle verpackten Erkenntnisse seiner evolutionsbiologischen Mitstreiter einer größeren Öffentlichkeit bekannt machte. 'Das egoistische Gen' (1976) wurde zum Bestseller und zur programmatischen Schrift der neuen Sichtweise.“

Thomas Weber, Frankfurter Allgemeine, 7.1.2011

5) Sind Begriffe wie „Egoismus“ oder „Altruismus“ für Evolutionsbiologen wichtig?

„Die siebziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts erlebten eine Revolution der Biologie, die den Blick von Wissenschaftlern und Laien auf die belebte Natur radikal veränderte. Sie machte das Gen mit seinen 'egoistischen Interessen' zum zentralen Konzept der Evolutionsbiologie. Die Durchsetzung dieser neuen Blickweise auf breiter Front war vor allem ein Verdienst von Richard Dawkins, der die oft in komplizierte mathematische Modelle verpackten Erkenntnisse seiner evolutionsbiologischen Mitstreiter einer größeren Öffentlichkeit bekannt machte. 'Das egoistische Gen' (1976) wurde zum Bestseller und zur programmatischen Schrift der neuen Sichtweise.“

Thomas Weber, Frankfurter Allgemeine, 7.1.2011

Bewusstes Handeln ist nicht Gegenstand der Evolutionsbiologie

Wenn wir uns die Freiheit nehmen, über Gene zu sprechen, als ob sie bewusste Ziele verfolgten – wobei wir uns immer wieder rückversichern müssen, dass wir unsere etwas saloppe Sprache in eine korrekte Ausdrucksweise zurückübersetzen könnten, wenn wir wollten – so können wir die Frage stellen, welche Absicht ein einzelnes egoistisches Gen denn eigentlich verfolgt.

Richard Dawkins, Das egoistische Gen, 1996, S. 146

Egoismus kann keine wesentliche Rolle in der Evolution spielen, weil die Voraussetzung für Egoismus das Vorhandensein von Selbstbewusstsein ist

Soziobiologie ist die Wissenschaft von der biologischen Anpasstheit des tierlichen und menschlichen Sozialverhaltens. Weil Sozialverhalten eine ganz wesentliche Rolle in den Selbsterhaltungs- und Fortpflanzungsbemühungen der Organismen spielt, unterliegt es der formenden und optimierenden Kraft der evolutionsbiologischen Vorgänge.

Eckart Voland, Soziobiologie: Die Evolution von Kooperation und Konkurrenz, 2013, S. 2

die Soziobiologie geht demnach von besonderen, allgemein untersuchbaren erblichen Eigenschaften aller sozial lebenden Organismen aus

6) Müssen soziale Verhaltensweisen erblich verankert sein?

Soziale Lebensweisen sind nur aus den konkreten Lebensbedingungen der Organismen erklärbar

Die weit verbreitete Furchenbiene *Halictus rubicundus* kann sowohl als alleinversorgende Mutter als auch als sozialer Verband Nachkommen aufziehen. Zwischen Kleinfamilie und Staat entscheidet bei ihr allein das Klima.

Field et al., Curr Biol, 2010, 20, 2028-2031



Raubameisenvölker der Art *Cerapachys biroi* bestehen nur aus Arbeiterinnen, welche im Sozialverband zeitlich nacheinander, doch aufeinander abgestimmt Eier legt bzw. gemeinsam die Nachkommen aufzieht. Sie hat das Gen für die Geschlechtsbestimmung verloren und kann sich deshalb nur noch als Klon fortpflanzen.

Oxley et al., Curr Biol, 2014



Doch würden Genome wie eine Maschine arbeiten, das heißt, ohne die Fähigkeit lebender Systeme, die eigene Konstruktion nach inneren Regeln immer wieder neu zu modifizieren und auf äußere Stressoren kreativ zu reagieren, wäre das „Projekt Leben“ wohl schon vor langem gescheitert.

Joachim Bauer, Das kooperative Gen, S.13

Doch würden Genome wie eine Maschine arbeiten, das heißt, ohne die Fähigkeit lebender Systeme, die eigene Konstruktion nach inneren Regeln immer wieder neu zu modifizieren und auf äußere Stressoren kreativ zu reagieren, wäre das „Projekt Leben“ wohl schon vor langem gescheitert.

Joachim Bauer, Das kooperative Gen, S.13

Mutationen treten stets unabhängig von ihren biologischen Folgen ein

Mutationen sind durchschnittlich schädlich und werden deshalb grundsätzlich durch Selektion so weit wie möglich unterdrückt

von den 4 Bausteinen der DNA liegen jeweils Adenin (A) und Thymin (T) sowie Guanin (G) und Cytosin (C) in genau gleichen Mengen vor, da sie immer gepaart sind

diese Paare jedoch liegen nie in gleicher Menge in einem Genom vor, in den meisten Organismen gibt es deutlich mehr AT-Paare als GC-Paare

extrem ist der AT-Gehalt des Malaria-Erregers: auf ein GC-Paar kommen hier vier AT-Paare

ein Vergleich zwischen kodierender und nicht-kodierender DNA dieses Einzellers verdeutlicht das:

```
TATATATATATATATATATTGATTGATCGATTTATTTATTTATTTATTTATTAATTATATATAAACAAAAAAAAA  
ATTGGTCATGTGGCTCATGGAAAATCAACCTTAGTGTCATGCAATATCGGGGGTTCATACAGTTAGATTTAA
```

Selektion zugunsten wichtiger Aminosäuren verhindert hier tendenziell die Vererbung von Mutationen, welche aus einem GC-Paar ein AT-Paar machen

dennoch unterscheidet sich die Proteine des Malaria-Erregers wegen dieses Mutationsdrucks deutlich von jenen anderer Organismen mit ausgeglichenerem AT-Gehalt

8) Setzt sich in der Evolution nur Nützliches durch?

„Etwa 80 Prozent des Genoms erfüllen eine biochemische Aufgabe, berichtet das 'ENCODE'-Projekt-Konsortium, ein internationaler Forscherverbund, in mehr als zwei Dutzend Aufsätzen in mehreren Fachzeitschriften, darunter 'Nature' und 'Science'. Eine wesentliche Funktion des vermeintlichen Erbgut-Mülls: die Steuerung der Aktivität der Gene.“

Nina Weber, Forscher entschlüsseln Geheimnisse des Erbgutmülls, Spiegel Online, 5.9.2012

Mutationen treten stets unabhängig von ihren biologischen Folgen ein, und ausgelesen kann nur werden, was bereits vorhanden ist

Genome erfüllen keine Aufgaben, eine bessere Metapher ist ihre Umschreibung als „evolutionäres Gedächtnis“

dieses Gedächtnis ist sehr ungeordnet, mehr als die Hälfte des menschlichen Genoms besteht aus Überresten genomischer Parasiten

wenn eine Sequenz durch Selektion gegen den Mutationsdruck erhalten wird, liegt offensichtlich eine Funktion vor (humanes Genom: mindestens bei 9%)

jedoch: „junk DNA“ existiert offensichtlich:

Graur et al.: Genome Biol Evol, 2013, 5, 578-590



„Aufgabe 3: Nennen Sie die der kulturellen Evolution zugrunde liegenden genetischen Veränderungen!“

Radant/Boehme, Evolution, Sekundarstufe II, 2010, S. 194

Die DNA-Sequenzunterschiede zwischen Mensch und Schimpansen sind bekannt

Mittlere DNA-Sequenzdivergenz zwischen einem Menschen und einem Schimpansen ist 1,23% (35 Millionen Basenpaaraustausche)

wenn 5 Millionen Inversionen, Deletionen bzw. Duplikationen zu den Unterschieden gezählt werden, sind 4,5% beider Genome unterschiedlich

hinzu kommen etwa 9000 Insertionen springender Gene (Mensch)

<http://www.metaprimate.com/primate-species/chimpanzee-vs-human-genome.html>

FOXP2-Variante des Menschen scheint zum Sprechen notwendig zu sein

andere gen-spezifische und uns funktionell wichtige Unterschiede sind bisher reine Spekulation

„Die Mutationsrate der DNA ist gering. Arten ändern sich daher nur in langen Zeitabschnitten. Kurzfristige Veränderungen der Umwelt können das Überleben gefährden. Die schnelle Weitergabe von Informationen von Generation zu Generation auf epigenetischem Wege kann daher von Vorteil sein, weil sie eine bessere Anpasstheit zur Folge haben kann.“

Radant/Boehme, Evolution, Sekundarstufe II, S. 83

Epigenetische Strukturen sind nur vorübergehend und in Abhängigkeit von der DNA-Sequenz veränderbar

Unsere DNA liegt in den Zellen in einer mit Proteinen verpackten, sogenannten Nukleosomenstruktur vor, die durch Enzyme örtlich verändert werden kann.

Diese epigenetischen Modifikationen dienen im wesentlichen zwei Funktionen: (1) der Unterdrückung genetischer Parasiten und (2) der zeitlichen und räumlichen Regulation der Genaktivität. Zwischen verschiedenen Säugetierarten einschließlich des Menschen sind die entsprechenden Modifikationen sehr ähnlich, da die Organ- und Gewebedifferenzierung sehr ähnlich ist. Sie verändern sich also eher in der Individualentwicklung als während der Evolution.

Epigenetische Strukturen haben für Lebewesen eine doppelte Funktion, denn sie dienen der Erinnerung und der Verdrängung.

Zehn realistischere Vorstellungen über Evolution

- Evolution wird durch Mutationen hervorgerufen
- Geburtenüberschuss ist eine Voraussetzung für dauerhafte Fortpflanzung, nicht für Evolution
- Selektion ist unvermeidbare Konsequenz der Fortpflanzung von Lebewesen in jeglicher Umwelt
- Selektion erfolgt vor allen auf der Ebene einzelner Lebewesen und Arten
- Bewusstes Handeln ist kein Gegenstand der Evolutionsbiologie
- Soziale Verhaltensweisen sind nur aus den konkreten Lebensumständen der Organismen erklärbar
- Mutationen treten stets unabhängig von ihren biologischen Folgen ein
- Das Genom eines Lebewesens muss fortpflanzungstauglich, aber nicht optimal sein
- Die DNA-Sequenzunterschiede zwischen Mensch und Schimpansen sind bekannt
- Epigenetische Strukturen sind nur vorübergehend und abhängig von der DNA-Sequenz veränderbar

Gene, Zufall, Selektion

Dieses Buch misst populäre Evolutionsvorstellungen (Ultradarwinismus, Genzentrismus, Teleologie, epigenetischen Lamarckismus sowie die Ausweitung des Evolutionsbegriffs über die Biologie hinaus) am aktuellen Wissenstand der Evolutionsbiologie. Der Autor erläutert, warum Evolution ausschließlich innerhalb von Organismen stattfindet, dass kein Lebewesen – einschließlich des Menschen – dem evolutionären Wandel entkommen kann, dass Leben aber Beständigkeit der Veränderung vorzieht und dass Evolution demnach in einer Bewegung gegen beherrschende Kräfte besteht.

Thema sind auch die Triebkräfte der Evolution. Als grundlegender Antrieb werden die Mutationen herausgestellt. Selektion dagegen schränkt die Veränderungen ein, die durch Mutationen möglich sind. Sie ist allgegenwärtig, aber nicht allmächtig und wirkt nur selten direkt auf Gene, sondern auf den Phänotyp von Individuen und Arten. Drittens wird nicht nur die Gestalt von Mutationen, sondern auch ihr künftiges Schicksal wesentlich von Zufällen mitbestimmt.

Das Buch handelt weiterhin von einer Grundvoraussetzung wissenschaftlichen Denkens, die bei populären Darstellungen der Evolution oft missachtet wird (Ockhamsches Rasiermesser) und vom Verhältnis bestimmter Modellvorstellungen zur Realität (Fitness, Verwandtenselektion). Außerdem ist von genomischen Parasiten (den springenden Genen) die Rede, welche entgegen mancher moderner Spekulation nur selten und dann stets zufällig dem befallenen Organismus von Nutzen sind. Nicht zuletzt geht der Autor auch auf die bemerkenswerte, aber gern überschätzte Rolle epigenetischer Prozesse in der Evolution ein.

Die Zielgruppen

Das Buch richtet sich an Studierende und Lehrende biowissenschaftlicher Fächer an Schulen und Hochschulen sowie an alle am Thema Evolution Interessierten.

Der Autor

Veiko Krauß ist Genetiker und Evolutionsbiologe. Seit mehr als 20 Jahren forscht und lehrt er auf dem Gebiet der Epigenetik und molekularen Evolution und veröffentlichte bisher 20 wissenschaftliche Aufsätze zu diesen Themen. Er war beteiligt an der Entdeckung der Verschmelzung funktionell unabhängiger Gene, entwarf ein Modell zur Evolution des alternativen trans-Spleißens, entwickelte ein Modell zur Evolution von Intronen einen neuartigen phylogenetischen Marker und begründete eine Hypothese über die ursprüngliche Funktion der DNA-Methylierung bei Tieren.

Krauß

Veiko Krauß



Gene, Zufall, Selektion

Gene, Zufall, Selektion

Populäre Vorstellungen zur Evolution
und der Stand des Wissens

ISBN 978-3-642-41754-2



9 783642 417542

► springer-spektrum.de



Springer Spektrum

Vielen Dank für Ihr Interesse !