

Die Darwinsche Theorie und die Eukaryoten

P. Ulmschneider, Vom Urknall zum modernen Menschen, DOI 10.1007/978-3-642-29926-1_6,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

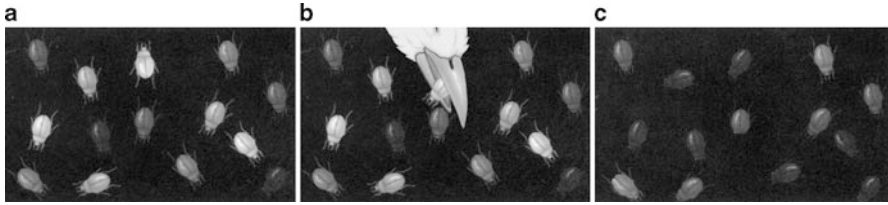
Vom Progenoten, dem abiotisch entstandenen ersten Lebewesen, und LUCA, dem Urahn allen heutigen Lebens bis zur eukaryotischen Zelle mit ihren Organellen, Chromosomensätzen und komplizierten Teilungsmechanismen des Zellkerns fand eine gewaltige Evolution statt. Diese Entwicklung des Lebens beschrieb der englische Biologe und Geologe *Charles Darwin* 1859 in der *Darwin Theorie*.

6.1 Die Darwin-Theorie der Evolution

Lebewesen kämpfen in ihrer Umwelt um das Überleben, d. h. um Nahrung, Licht, Territorium und Reproduktion. Dabei unterliegen sie einer *natürlichen Selektion*, bei der solche Individuen bevorzugt überleben, die am besten an ihre Umwelt angepasst (adaptiert) sind. Bei der Reproduktion treten Veränderungen des Genoms (der DNA) auf, die *Mutationen*. Sie sind zufällig und werden sowohl von der Umwelt (Chemikalien, elektromagnetische Strahlung, energiereiche Teilchen) als auch von internen Prozessen (fehlerhafte DNA-Replikation) ausgelöst. Nach der Darwin-Theorie, wie sie heute formuliert wird, müssen sich mutierte Organismen einem Wettbewerb stellen. Durch die natürliche Selektion können so andere und manchmal sogar besser adaptierte Lebewesen geschaffen werden.

Abbildung 6.1 zeigt die Wirkung der natürlichen Selektion auf eine Population von Käfern, die auf einem dunklen Untergrund lebt. Durch zufällige Mutationen haben die einzelnen Käfer unterschiedliche Gene (Allele), die eine helle oder dunklere Körperfärbung festlegen. Die Menge der in der Käferpopulation vorhandenen Farbgene nennt man den Genpool der Farbeigenschaft. Da helle Käfer vor einem dunklen Hintergrund besser zu sehen sind, werden sie von Vögeln leichter aufgespürt und bevorzugt gefressen; ihre Gene werden dadurch eliminiert. Als Folge können vorwiegend die dunklen Käfer ihre Gene an die nächste Generation weitergeben und der Genpool verschiebt sich mit der Zeit in Richtung einer dunkleren Population. Die natürliche Selektion basiert hierbei auf dem Naturgesetz, dass ein höherer Farbkontrast zu einer besseren Wahrnehmung durch Fressfeinde führt.

Die Darwin-Theorie erklärt die fundamentalen Prozesse der biologischen Evolution. Obwohl die Mutationen völlig zufällig stattfinden, erzeugt die auf Naturgesetzen beruhende natürliche Selektion eine gerichtete Entwicklung. Dabei muss der selektive Vorteil nicht groß sein, auch kleine adaptive Vorteile führen mit der Zeit zur Dominanz. Da jeder effiziente Prozess einen ineffizienten in seiner Wirkung übertrifft, gilt das Optimierungsprinzip, das der Darwin-Theorie zugrunde liegt, bereits in der präbiotischen Welt. Dort trägt es zur chemischen Evolution bei.



■ **Abb. 6.1** a–c Zunehmende Veränderung durch natürliche Selektion in einer Gruppe von Käfern, die auf einem dunklen Untergrund lebt (nach Bennett et al. 2003)

6.2 Gerichtete Evolution und Konvergenz

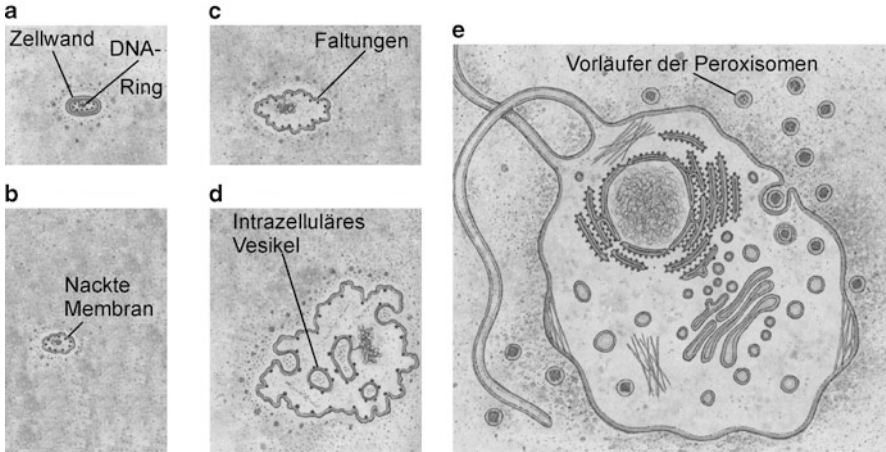
Vor einigen Jahren gab es eine hitzige Debatte unter Evolutionsbiologen, Physikern und Chemikern über die langfristigen Auswirkungen der Darwin-Theorie. Kann der gerichtete Aspekt der natürlichen Selektion die Entstehung von Intelligenz vorhersagen oder ist die Gerichtetheit dieser Theorie nur über kurze Distanzen wirksam? Folgt sie der Zufallsweg (random walk)-Theorie, in der sich die Richtung der Evolution häufig in unvorhersehbarer Weise ändert?

Paläontologen wie *Ernst Mayr* und *Steven Jay Gould*, die an der Harvard University lehrten, waren bis zu ihrem Tod vor wenigen Jahren der dezidierten Meinung, dass die Entstehung des intelligenten Menschen ein absolutes Zufallsereignis sei. Dabei waren beide Forscher nachdrückliche Verfechter der Darwin-Theorie: „Nur der erste Schritt in der natürlichen Selektion, die Erzeugung der Variation, ist ein Zufallsprodukt. Der Charakter des zweiten Schrittes, der eigentlichen Auslese, ist, dass er gerichtet ist“ (Mayr 2000).

Trotzdem lehnten beide die Fernwirkung der Darwin-Theorie ab. Mayr (1988) schrieb: „Es existierten vermutlich mehr als eine Milliarde Tierarten auf der Welt, die zu vielen Millionen separaten Stammeslinien gehören, die alle auf der Erde lebten, auf der Intelligenz möglich ist, und doch gelang es nur einer einzigen, Intelligenz hervorzubringen.“ Steven Jay Gould (1989) argumentierte: „Die Evolution ist eine unfassbar unwahrscheinliche Serie von Vorkommnissen, die hinreichend Sinn macht, wenn man sie im Rückblick betrachtet und die rigorose Erklärungen liefert, die jedoch ganz unvorhersagbar und unwiederholbar sind.“ „Spule das Band des Lebens zurück zu den frühen Zeiten des Burgess Shale (eine kanadische Gesteinsformation des Mittel-Kambriums) und lass es von dem gleichen Startpunkt erneut ablaufen, dann wäre die Chance verschwindend gering, irgendetwas vergleichbar der menschlichen Intelligenz zu finden.“

Diese Sichtweise wurde von dem englischen Evolutionsbiologen *Simon Conway Morris*, ebenfalls ein Fachmann des Burgess Shale, zurückgewiesen mit dem Hinweis auf das bekannte Phänomen der *Konvergenz* in der Evolution (Conway Morris 1999). Konvergenz bezeichnet die Eigenschaft, dass durch die Naturgesetze, d. h. die Selektion, keine beliebigen, sondern nur ganz bestimmte Formen akzeptiert werden, die für eine gegebene Umwelt und Lebensweise geeignet sind. Conway Morris wies darauf hin, dass Wale „vom Blickwinkel der Kambrischen Explosion aus nicht wahrscheinlicher sind als Hunderte anderer Endpunkte, dass aber die Evolution eines schnellen im Ozean lebenden Tieres, das seine Nahrung aus dem Meerwasser herauszieht, sehr wahrscheinlich und vielleicht sogar unausweichlich ist.“

Beispielhaft für Konvergenz sind ganz unterschiedliche Tiere, die jedoch ähnliches Aussehen und ähnliche Lebensweise besitzen, etwa der heutige Wolf und der australische Beutelwolf



■ **Abb. 6.2** Evolution der eukaryotischen Zellen (gleicher Maßstab) (de Duve 1996)

(*Thylacinus cynocephalus*), der eiszeitliche Beutellöwe (*Thylacoleo carnifex*) und der zeitgleiche placentale Säbelzahniger (*Smilodon*). Die konvergenten Eigenschaften treten hier auf, nachdem sich die Ahnen der Beuteltiere und Plazentatiere bereits im Jura (vor ca. 160 Mio. Jahren) getrennt haben (Luo et al. 2011). Ein anderes Beispiel stellt die auf den Erfordernissen der Strömungsmechanik beruhende Ähnlichkeit zwischen den von der Trias bis zur Kreidezeit lebenden *Ichthyosauriern* und den modernen *Delfinen* dar. Die Naturgesetze geben den Lebewesen also enge Erfolgsrezepte vor; die Selektion führt daher, bei vergleichbarer Umwelt, notwendigerweise immer wieder zu ähnlichen Lösungen. Die Darwin-Theorie erklärt somit nicht nur, dass die Natur dazu neigt, alle möglichen Lebensformen zu realisieren, die bei einer bestimmten evolutionären Stufe unter den Beschränkungen der gegebenen Umwelt möglich und erreichbar sind; sie sagt auch, durch das Phänomen der Konvergenz eine langfristig gerichtete Entwicklung vorher. Die Gerichtetheit der biologischen Evolution ist dabei nicht mysteriöser als die gerichtete Entwicklung des Universums (Kap. 1) oder der Sterne und Planeten (Kap. 2), die ebenfalls nur auf Zufallsereignissen und dem Wirken der Naturgesetze beruhen.

6.3 Entwicklung der Eukaryoten und die Endosymbiose

In Abschn. 5.4.3 wurde erwähnt, dass es drei Hauptzweige der prokaryotischen Zellen gibt, die sich sehr früh von der Urzelle LUCA getrennt haben. Sequenzierungen zeigen, dass sich ihre Nachkommen zunächst in Eubakterien und Archaeobakterien trennten und sich dann die Vorfahren der Eukaryoten, die Urkaryoten, von den Archaeobakterien abspalteten (Abb. 5.13). Die Urkaryoten waren in fast jeder Hinsicht noch typische Prokaryoten. Sie besaßen eine aus einer Zellmembran und Zellwand bestehende äußere Hülle, die Steifigkeit und Schutz gewährte, und einen einzelnen DNA-Ring, der an der Innenseite der Membran befestigt war (Abb. 6.2a). Ein langer Prozess der Evolution war nötig, um von solchen einfachen Urkaryoten zu den modernen eukaryotischen Zellen mit *Organellen*, *Zellkern*, *Chromosomensätzen* sowie den komplizierten Prozessen der *Mitose* und *Meiose* zu gelangen.