

# Themenspecial: Darwin – Evolutionstheorie: Geschichte und heutige Anwendungsfelder

## 1. Evolution des Lebens

Vor 150 Jahren erschien Darwins Buch "*On the Origin of Species*", welches allgemeine Evolutionsprinzipien und die Evolutionstheorie erklärte. Es bildet immer noch die Grundlage der modernen Evolutionsbiologie.

### Variation

Um Evolution zu ermöglichen muss ein Genpool vorliegen, der rekombiniert werden kann, um verschiedene Varianten hervorzubringen. Der Genpool kann auch durch natürliche Mutationen oder Rekombinationsfehler erweitert werden.

Dabei wird zwischen **Genotyp** und **Phänotyp** unterschieden. Der Genotyp stellt die Gene dar, welche über das gesamte Leben hin unverändert bleiben. Der Phänotyp beschreibt quasi das äußere Bild, welches sich über die Jahre verändern kann. Der Phänotyp kann sich nicht auf den Genotyp auswirken. Ein Beispiel soll dies verdeutlichen: Zwei Zwillinge haben den gleichen Genotyp. Einer der beiden ist sportlich. Dieser wird leichter, muskulöser und vielleicht auch gesünder sein, der andere nicht. D.h. sie unterscheiden sich in ihrem Phänotyp, ihrem Erscheinungsbild.

### Umweltveränderung

Die Umwelt ist ständig Veränderungen ausgesetzt. Die Erde ist ständig im Fluss - die Erdplatten bewegen sich, das Klima verändert sich. Auch die Lebewesen - Pflanzen und Tieren - stehen in ständiger Wechselwirkung und beeinflussen sich gegenseitig. Viren und Bakterien sind Meister in der Veränderung, in dem immer neue Typen entstehen und Tiere und Pflanzen "besiedeln". Pflanzen, von denen die Tiere leben, haben in einem Jahr guten und in einem anderen Jahr schlechten Ertrag. Die Gruppen von Lebewesen, die sich am schnellsten mit verändern, können sich am erfolgreichsten fortpflanzen und damit als Art überleben. Salopp sagt man, die Lebewesen passen sich an.

### Selektion

Wenn sich die Umwelt verändert oder die Ressourcen knapp werden, so pflanzen sich die Varianten leichter fort, die besser an ihre Umwelt und an die Ressourcen angepasst sind. Dies hängt maßgeblich von ihrem Genotyp ab. Wenn es keine Ressourcenknappheit gibt, dann kann es zur friedlichen Koexistenz kommen, wo jedes Lebewesen seine Nische findet.

## Plastizität

Wenn ein Individuum stark durch seinen Genotyp vorherbestimmt ist, so spricht man von geringer Plastizität. Dies bedeutet, dass sich das Individuum nicht durch seinen Phänotyp anpassen kann. Das heißt, dass es viel empfindlicher auf verändernde Umwelteinflüsse ist, da es nicht auf diese reagieren kann. Bleibt noch die Frage, warum es überhaupt eine geringe Plastizität in der Natur gibt. Diese ist von Vorteil eben dann, wenn sich die Umwelt und die Ressourcen nicht ändern, denn solche Individuen sind oft in der Lage sich viel schneller fortzupflanzen als die, die eine hohe Plastizität haben. Der Mensch hat eine hohe Plastizität - das Gehirn lernt ständig dazu, das Immunsystem kann immer neue Antworten finden, in sozialen Gruppen kann die Vielfalt der Menschen zur erfolgreichen Anpassung an veränderte Umweltbedingungen genutzt werden.

## Wie hat sich der Mensch entwickelt?

Darwin meinte, dass der Mensch von den Affen abstammen würde. Dies sorgte für große Empörung in der Gesellschaft, weil diese das sehr direkt nahm. In Wirklichkeit haben sich von den Affen die Menschenaffen entwickelt, die durch einen *Daumennagel* gekennzeichnet sind. Dieses kleine Merkmal führte dazu, dass der Menschenaffe in seiner Entwicklung immer mehr seine Hände als Werkzeuge nutzen konnte; damit ging auch die Entwicklung des Gehirnes einher. Der *aufrechte Gang* führte zu zahlreichen Vorteilen in der Fortbewegung und sorgte endgültig für die Handfreiheit. Die Entwicklungsgeschichte des Menschen ist immer noch nicht ganz verstanden. Der moderne Mensch - auch *Homo sapiens* genannt - ist das anpassungsfähigste Lebewesen der Erde.

## 2. Kurze Zeittafel der Wissenschaft

Was ist alles passiert seit Darwins Entdeckung?

Welche Entdeckungen brachten die Wissenschaft voran?

Chronologische Zusammenfassung:

- 1859 - **Charles Darwin** veröffentlicht sein Werk "*On the Origin of Species*"
- 1865 - **Gregor Mendel** stellt die *Vererbungsgesetze* auf
- 1906 - **William Bateson** ist Begründer des Begriffs "*Genetik*"
- 1907 - **Thomas Hunt Morgan** führt Kreuzungen mit *Drosophila* durch
- 1909 - **William Johannsen** definiert den Begriff "*Gen*"
- 1944 - Die **DNA** wird entdeckt
- 1950 - **Erwin Chargaff** findet heraus, dass sich die DNA aus vier *Basen* zusammensetzt
- 1953 - **Watson und Crick** entschlüsseln, dass die Struktur der DNA eine *Doppelhelix* ist
- 1965 - Der **genetische Code** wird geknackt - *ein Triplet in Aminosäure*

- 1977 - **Stanley Cohen** und **Herbert Boyer** kreieren den ersten *rekombinanten Organismus*
- 1978 - **Genentech** wird gegründet als das erste Gentechnik-Unternehmen
- 1978 - **Insulin** wird gentechnisch hergestellt und vermarktet
- 1978 - die erste erfolgreiche **künstliche Befruchtung** gelingt
- 1997 - **Dolly** - das erste geklontes Schaf - kommt auf die Welt
- 2000-2004 - das **humane Genomprojekt** hat das menschliche Genom entschlüsselt

### 3. DNA, Epigenetik und Viren – Darwin heute

#### Desoxyribonukleinsäure (DNA)

- **1919** identifizierte Phoebus Levene die Zusammensetzung der DNA, welche sich aus Basen, Ribose und Phosphat zusammensetzt, man schlug eine fadenförmige Struktur vor.
- **1943** entdeckte Oswald Avery, dass die DNA der Erbinformationsträger ist, indem er Transformationsstudien mit Bakterien und Resistenzentwicklungen studierte.
- **1954** fanden James Watson und Francis Crick heraus, welche Struktur die DNA hat. Seitdem wird die DNA immer als Doppelstrang dargestellt. Dieses Bild ermöglichte die Entwicklung von zahlreichen molekular biologischen Methoden.

Doch wie hängt nun die DNA mit Darwin zusammen? Die DNA ist - in jedem Lebewesen - die Informationsträgerin der Gene. Gene kodieren Proteine, die wiederum die chemischen Prozesse des Lebens steuern. Darwin wusste nicht, dass es die DNA gibt. Er wusste aber, dass Lebewesen variieren, sich also über ihre Nachkommen verändern und anpassen. Heute weiß man, dass die Variation durch Kreuzung der Gene der Eltern kommt. Aber es gibt auch immer wieder **Mutationen**, die einzelne Bausteine (Basen) der DNA verändern, und damit auch das Ableseverhalten und das Ableseprodukt (mRNA) der DNA. Damit entstehen Veränderungen in den Proteinen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass eine Mutation im Genotyp zu einer Veränderung des Phänotyps führen kann. Eindrücklichstes Beispiel aus der aktuellen Medizin ist die Entstehung von Krebs durch UV-Strahlung oder mutagene Stoffe.

#### Epigenetik

Eine DNA-Sequenz setzt sich aus vier verschiedenen Basen zusammen, die sich in einer bestimmten oder unbestimmten Weise zusammen gruppieren. Dabei paart sich eine Base

mit ihrer komplementären Base auf dem anderen Strang. Ein Adenin (A) paart mit einem Thymin (T) und ein Guanin (G) paart mit einem Cytosin (C). Lange Zeit dachte man, dass nichts anderes als die bloße Aneinanderreihung dieser vier Buchstaben des Lebens über den Genotyp eines Lebewesens entscheidet. Heute weiß man, dass Cytosin auch noch methyliert vorliegen kann und dadurch können bestimmte Gene inaktiviert werden. In der nächst höheren Strukturebene windet sich die DNA um Histone, dabei können Gene auf dieser Ebene durch Deacetylierung der Histone deaktiviert werden.

Viele Krankheiten werden eben durch falsche Methylierung oder Acetylierung ausgelöst, so z. B. auch Krebs. Die Epigenetik entwickelt sich zu einer neuen Wissenschaft, die versucht die Karte der Genmethylierung, die über der DNA-Sequenz liegt, zu bestimmen, um so Krankheiten und bisher unerklärliche Phänomene zu erklären.

## Viren

Viren sind die Geiseln der Menschheit. Diesen Satz nehmen die Wissenschaftler seit der Sequenzierung des menschlichen Genoms viel ernster als davor, denn es wurde festgestellt, dass ein beträchtlicher Teil (bis zu 10%) des menschlichen Genoms virale Erbinformation ist, die sich im Laufe der Evolution eingeschlichen hat. Und nicht genug, jedes Jahr greift eine Grippewelle um die Welt, und die Zahl der HIV-Infizierten steigt stetig. Gegen Medikamente wie Tamiflu gibt es bereits resistente Viren und die Heilung von HIV ist noch weit entfernt. Doch es gibt auch Erfolge zu verzeichnen. Beispielsweise ist die Welt von dem Pockenvirus durch weltweite Impfungen befreit. Das Virus ist ausgerottet worden. Das will man auch bei anderen Viren im nächsten Jahrhundert erreichen.

## 4. Unternehmen, die Evolution nutzen

Die Wirtschaft funktioniert nach ganz ähnlichen Prinzipien wie die Natur, ist nur nicht so kompliziert. Diese Prinzipien sollen erklärt und Unternehmen vorgestellt werden, die mit der Biologie die Wirtschaft erobert haben.

### Industrie und Evolution

Wandel und **Anpassung** ist das Erfolgsrezept in der heutigen Wirtschaft geworden, denn um dauerhaft **Gewinn** zu machen, muss man sich immer weiter entwickeln und neue Produkte auf den Markt bringen. Der Grund liegt in der Veränderung der Gesellschaft und dem starken **Wettbewerb** um die künstliche **Ressource** Geld. Die Begriffe Anpassung, Gewinn, Wettbewerb und Ressource sind auch alle in den Evolutionstheorien von Darwin bereits zu finden. So muss ein heutiges Unternehmen genau wie ein Lebewesen seine **Nische** im Markt finden, und das ist auch der Grund, warum es einen breiten, spezialisierten Unternehmer-

Mittelstand in Deutschland gibt, der eben diese Nischen für sich nutzt. Doch was sind das für neue Produkte, die eine Revolution auslösen? Es sind Dinge, die eine grundlegend andere Herangehensweise an die Lösung einer Problemstellung haben. Die ersten Produkte mögen auch oft den anderen nicht überlegen sein, doch durch weitere, ständige Veränderung, in diesem Zusammenhang kann der Begriff **Mutation** fallen, werden sie an den Markt angepasst und können sich durchsetzen, weil die anderen mit ihrer Problemlösung in eine Sackgasse gelaufen sind. Der Begriff der **Koevolution** wird nirgends so deutlich wie in der Wirtschaft. Wenn ein Produkt auf den Markt kommt, das neue technische Möglichkeiten bringt und kostengünstig ist, so setzt es sich gegenüber den schlechteren durch. Gleichzeitig kommt es aber auch zur Weiterentwicklung anderer Branchen, die ihren wirtschaftlichen Nutzen daraus ziehen können.

### **Die Evolution der Wirtschaft durch den Computer**

Als die ersten erschwinglichen Computer auf den Markt kamen, haben sie sich zuallererst gegenüber den alten Schreibmaschinen durchgesetzt, weil man auf ihnen schreiben und ohne Ende überschreiben konnte, ohne neu anfangen zu müssen. Dies erforderte aber auch die Entwicklung von Druckern, damit das Geschriebene auf Papier kam. Schnell merkten Autoren, dass eine neue Marktlücke da war, denn es fehlte an Lehrbüchern zu Computerprogrammen. Andere Unternehmen boten Kurse an im Umgang mit Schreibprogrammen. Die Programmierer entdeckten auch den Markt Privatpersonen und produzierten einfache, benutzerfreundliche Programme. Doch mit zunehmendem technischen Fortschritt kam es dazu, dass es immer mehr verschiedene Hersteller und Anbieter gab, d. h. es entstand **Varianz**. In keiner anderen Branche gab - und gibt - es eine so schnelle und starke **Selektion**. Ein Betriebssystem löste das nächste ab und wenn wir heute alle mit Word schreiben, so erinnert sich niemand mehr daran, dass es in der Vergangenheit noch LotusWrite oder Wordperfect gab. Durch Updates und Upgrades versuchen die Hersteller, ihre Programme laufend zu verbessern, dies ist **Anpassung**.

### **Biologische Vielfalt erfordert individuelle Behandlung**

Jedes Jahr müssen neue Impfstoffe entwickelt werden, die gegen die aktuelle Grippe gerichtet sind. Der Grund liegt in der Diversität der Natur, so rekombinieren die Viren und das Immunsystem erkennt sie nicht mehr. Bekannte Unternehmen, die Impfstoffe herstellen, sind [Novartis Vaccines](#), [GlaxoSmithKline](#) und [Sanofi Pasteur](#). Einen anderen Ansatz verfolgt [Roche](#) mit seinem Grippemedikament [Tamiflu®](#), welches auch das aktuelle Thema H1N1-Grippe als Marktlücke genutzt hatte.

### **Biologische Vielfalt ermöglicht individuelle Behandlung**

Ein Extrakt aus Birkenrinde sollte gegen Kopfschmerzen helfen. Dies führte dazu, dass [Aspirin®](#) entwickelt wurde, das seit 1899 von [Bayer HealthCare](#) vermarktet wird. Es wurde schon früh erkannt, dass die Unterzuckerung bei Diabetes mellitus mittels

Insulinextrakten aus Schweinen gelindert werden kann. Heute stellt [Sanofi-Aventis](#) eine Vielzahl unterschiedlicher [Insulinanaloga \(Lantus®\)](#) biotechnologisch her. Aus Kautschuk wurden die ersten Gummimaterialien gemacht, ein Produkt aus dem Milchsaft des Kautschukbaums (*Hevea brasiliensis*).

### **Welche Unternehmen sind Variationskünstler?**

Die Gesellschaft wird immer älter, dies erfordert eine Umwandlung des Marktes. So wird seit einigen Jahren die Generation 50+ als großer Abnehmer von Produkten angesehen, nicht nur weil sich die gesellschaftliche Alters-Pyramide umdreht, sondern auch weil diese Generation über das nötige Kleingeld verfügt, um sich neue Produkte zu leisten.

[Merck KGaA](#) hat in seiner breiten Produktpalette z. B. auch [Hormone](#), die die Fruchtbarkeit fördern, denn es gibt immer mehr ältere Menschen, die ihren Kinderwunsch erfüllen wollen. Aber auch Selbstmedikationsprodukte, die auf ältere Menschen zugeschnitten sind, fehlen nicht, ein Beispiel ist [Bion®3](#). Diese Beispiele zeigen eindrucksvoll, dass Veränderungen in der Gesellschaft oder auch Biodiversität wirtschaftlich genutzt werden können, wenn sie früh genug erkannt werden und die Markt-Nische besetzt werden kann.

## **5. Evolutionsberufe entdecken**

Im Folgenden sollen Berufe mit Evolutionsinhalt vorgestellt werden. In dieser Liste wird vielleicht das Interesse des ein oder anderen geweckt, auch ein Praktikum in diesem Bereich zu machen. Es sind moderne Berufe, die noch viel Entwicklungspotenzial haben.

### **Chemie- / Biologielaborant(in)**

Jedes Unternehmen, das sich ansatzweise mit Chemie oder Biologie beschäftigt, braucht Laboranten, die die hohen Ansprüche der Industrie umsetzen und Stoffe synthetisieren, Analysen durchführen oder die Produktion beaufsichtigen.

### **Mikrobiologe(in)**

Bakterien können alles. Angefangen von der Produktion von Medikamenten bis hin zu Plastik. Man glaubt es kaum, aber sehr viele unserer alltäglichen Produkte sind mit Hilfe von Bakterien hergestellt. So folgt man einem Irrglauben, wenn man denkt, dass Jeans, die "stonewashed" sind, immer noch mit Steinen in Waschmaschinen gewaschen werden. Diesen Job erledigen heutzutage Bakterien, die das Jeansmaterial zersetzen. Die Biotechnologie ist noch lange nicht an ihre Grenzen gestoßen.

### **Agrarbiologe(in) und Energielandwirtschafter(in)**

Jeder kennt das Gemüse im Supermarkt, doch wo kommt es her. Es wird angebaut, und damit es so schön aussieht - und auch die Erträge stimmen - braucht es Leute, die sich mit der Agrarwissenschaft beschäftigen.

Der Begriff des Energielandwirts gewinnt durch Biogasanlagen immer mehr Bedeutung, denn es wird immer notwendiger Biomasse zu produzieren, die als alternativer Energieträger den Treibstoff ersetzt.

### **Forscher(in) an der Universität**

Wer an der Universität arbeitet, der arbeitet in der "Akademie", heißt es. Dieser Bereich glänzt vor allem durch die große Freiheit an Forschungsmöglichkeiten und vor allem an Grundlagenforschung, die später in der Industrie Anwendung finden wird. Es ist Pionierarbeit, die viel von einem abverlangt, aber wo es auch immer etwas Neues gibt.

### **Bio-Lehrer(in) an der Schule**

Die gute wissenschaftliche Ausbildung von Schülern ist wahrscheinlich die größte Herausforderung, der man sich stellen kann. Mit zunehmender Stoffdichte wird es immer wichtiger moderne Methoden des Lernens zu entwickeln, um den Stoff verständlich und praktisch den Schülern näher zu bringen.

### **Wissenschaftsjournalist(in)**

In der heutigen Zeit wird die Wissenschaft immer komplizierter und es erfordert besonders ausgebildete Journalisten, die in der Lage sind, die undurchschaubaren Zusammenhänge in einer verständlichen Form zu Papier zu bringen. Bekannte Wissenschaftsjournalisten sind meist Moderatoren von wissenschaftlichen Sendungen wie Welt der Wunder, Galileo, Nano uvm...

### **Wissenschaftler(in) in der Kriminologie**

Jeder kennt DNA-Tests, mit denen ein Täter überführt wird oder die Vaterschaft festgestellt wird. In der Kriminologie wird immer mehr auf Verfahren zurückgegriffen, die die Evolution mit berücksichtigen. So wird in Laboratorien die Ähnlichkeit zweier Genome mittels geringster Probenkonzentrationen festgestellt. Dies ermöglicht vollkommen neue Überführungsmethoden, so dass heute noch nach Jahrzehnten die Täter entdeckt werden können, weil heute mit den Methoden der Biologie die Proben von den Tatorten neu analysiert werden. Dieser Arbeitsbereich entwickelt sich immer stärker. Hier gibt es für biologisch ausgebildete Kriminologen noch viel zu entwickeln und zu entdecken.

### **Biologe(in)**

Der Beruf des Biologen ist sehr vielfältig. Biologen arbeiten als Leiter von Laboren in der chemischen und pharmazeutischen Industrie. Sie engagieren sich in der Industrie und in Behörden für den Umweltschutz. Biologen erforschen als Forschungsleiter neue Wirkstoffe für die Medizinindustrie und Verfahren in der biologischen Schädlingsbekämpfung in der Landwirtschaft. Biologen kümmern sich in der Lebensmittelindustrie nicht nur um den Anbau von besseren Sorten, sondern sind auch mit verantwortlich, wenn es um Hygiene und Sicherheit geht. Biologen arbeiten als Toxikologen in der Sicherheit von Medikamenten und Umweltchemikalien auf den Menschen und klären als Ökotoxikologen das Risiko von Chemikalien auf die Umwelt. Biologen sind in leitender Stellung als Umweltmanager tätig und helfen Unternehmen ökologisch verantwortlich zu produzieren.

Einige wenige Biologen arbeiten so, wie man sich das in der Schule vorstellt, in der Verhaltensforschung, in der Zoologie, in Museen, in Zoos und auf wissenschaftlichen Expeditionen.

Der Biologe ist selten Dschungelforscher, aber vermehrt Manager mit sehr wichtigen und ethischen Aufgaben für unsere Gesellschaft.

### **Genetiker(in)**

Der Genetiker(in) beschäftigt sich mit der Kreuzung von Pflanzen und Tieren. In der Agrarwirtschaft sind z. B. die hochgekreuzten Maispflanzen nicht mehr wegzudenken und sichern die Ernährung der Weltbevölkerung. Doch der heutige Genetiker beschäftigt sich auch mit molekularbiologischen Nachweismethoden zu Erbkrankheiten oder der Anthropologie.

### **Biotechnologe(in)**

Biotechnologen sind an der Entwicklung der neuesten Materialien und Fabriken beteiligt. Biotechnologie ist eine schnell wachsende Branche, die kleine Tierchen wie Bakterien zur Produktion von Medikamenten, Materialien und zum Abbau von Schadstoffen nutzt.

