

Wie „funktioniert“ die Evolution?

Evolution bezeichnet die **Veränderung der Arten im Laufe der Zeit**.

Bis Mitte des 19. Jahrhunderts herrschte **die Überzeugung, dass alle auf der Erde vorhandenen Arten von Lebewesen „schon immer“ dagewesen und, abgesehen von geringen Variabilitäten, unveränderlich seien**.

Im Jahre 1859 veröffentlichte **Charles Darwin** sein epochales Werk **„On the Origin of Species“ (Der Ursprung der Arten)** in dem er seine Theorie zur Entstehung der Arten darlegte. **Mit geringen Anpassungen gilt sie auch heute noch**.

Diese Evolutions-Erkenntnis bestand eigentlich aus **mehreren Teilerkennungen**, die sich jede für sich bewähren mussten und inzwischen auf neueren, korrigierten Erkenntnissen, bestätigt wurden:

1. Evolution findet statt. Arten verändern sich.
2. Die Veränderung vollzieht sich langsam und ziemlich kontinuierlich, ohne grosse Sprünge.
3. Alle Lebewesen stammen von gemeinsamen Vorfahren ab.
4. Im Laufe der Evolution entsteht Vielfalt.
Die Anzahl der Arten wächst.
5. Die natürliche (und die sexuelle) Selektion sind die (wichtigsten) Motoren der Veränderungen.

Erblichkeit findet sich auch bei subtileren Merkmalen, die die Unterschiede zwischen einzelnen Individuen innerhalb einer Art ausmachen. Ein japanisches Paar wir keine blonden, blauäugigen Nachkommen zeugen. Merkmale wie die krumme Nase des Grossvaters oder das pechschwarze Haar der Mutter überdauern in Familien oft Generationen. So weit so offensichtlich. Bis zu diesem Punkt erscheint die Welt der Kreaturen statisch und unveränderlich, denn es ist kaum vorstellbar, dass zufällig, von einer Generation zur anderen, so viele neue Webfehler entstehen oder gar eine neue Art herauskommt.

Nicht das Überleben, sondern die erfolgreiche Weitergabe an die nächste Generation, die Fitness, ist die entscheidende Zielgrösse evolutionären Erfolgs.

Sie gilt allerdings nur in Bezug auf einen bestimmten räumlichen und zeitlichen Kontext: Beispiel: Wüstenfuchs mit grossen Ohren (Klimaanlage). Polarfuchs mit kleinen Ohren (wegen der Kälte).

«Genetische Qualität» ist immer relativ (zu einem bestimmten Kontext).

Menschen sind ein Produkt der Evolution.

Wir stehen in der Tradition einer Stammesgeschichte.

Der genetische Code ist universell. Er gilt, egal ob wir Bakterien oder Menschen anschauen.

Wie „funktioniert“ die Evolution?

Wie jedes Organ besteht das Gehirn aus Zellen.

Und jede Zelle verfügt über dieselben Gene.

Die Unterschiede zwischen Gehirnen der Menschen und von Tieren liegen letztendlich in den Genen begründet.

Vor etwa sechs Millionen Jahre haben sich die Wege von Menschen und Schimpansen getrennt, wobei die genetischen Texte zu mehr als 98 % übereinstimmen.

Fundamentalistische Christen sehen in der genetischen Ähnlichkeit unbeirrt einen Affront gegen die Idee der Gottesähnlichkeit und der Sonderstellung des Menschen.

Das Leben in den Jäger- und Sammlergruppen war lange Zeit eine evolutionär stabile Strategie – so lange, bis der Erfolg dem System zum Verhängnis wurde.

Die Bevölkerungszahl wuchs.

Die Gruppen wurden grösser und die Zahl der Gruppen stieg an.

Das änderte zwei Dinge grundlegend: Wenn sich die Gruppen näherkommen, führt das zur Konkurrenz um Ressourcen.

Damit können Selektionsprozesse auf Gruppenebene angestossen werden.

Da sich die Gruppen aber weniger biologisch als vielmehr durch Kulturtechniken unterscheiden, könnten es kulturelle Praktiken, bessere Werkzeuge oder bessere Waffen, aber auch besonders elaborierte kooperative Strategien gewesen sein, die über Erfolg oder Misserfolg einer Gruppe entschieden haben. Die Evolution war an einem Punkt angelangt, an dem sich biologische und kulturelle Selektion und mithin auch biologische und kulturelle Evolution endgültig ineinander verschränkten.

Zusätzlicher sozialer Klebstoff war notwendig.

Bekanntheit, Abhängigkeit und Solidarität unter Freunden werden ergänzt durch das Prinzip «Ähnlichkeit». Menschen, die sich durch Verhalten, Äusserlichkeiten, durch Rituale und die Verpflichtung auf einen gemeinsamen Kodex klar als Teil der Gruppe zu erkennen geben, werden mit Vorschussvertrauen bedacht.

Wenn Menschen so reden wie ich, sich so kleiden wie ich, dieselben Gewohnheiten pflegen, legt das nahe, dass sich auch meinen Normen verpflichtet fühlen. Ich kann ihnen vertrauen, weil ich abschätzen kann, wie sie reagieren werden.

Konformität und soziale Imitation sorgen für Zusammenhalt, der nicht mehr auf persönliche Beziehungen angewiesen ist.

Dabei ist die Fähigkeit zur Imitation bei Menschen sehr viel stärker ausgeprägt als bei anderen Affen.

Je deutlicher kulturelle Signaturen Eigen- und Fremdgruppe kenntlich machen, desto grösser ist die Gefahr, die anderen nicht mehr als Äquivalent zu sehen. So kann die Vielfalt der Kulturen unter Umständen das Prinzip Fairness aushebeln. Die Folgen sind bekannt.

Wie „funktioniert“ die Evolution?

Einem Ausserirdischen wäre kaum zu erklären, warum manche Menschen vor Ostern fasten, andere während des Ramadans, wieder andere ständig und viele nie.

Mancherorts ist es Sünde, am Freitag zu arbeiten.

Der Vergleich von Kulturen macht deutlich, dass viele Normen keinen moralischen Kern haben.

Die moralische Dimension liegt im formalen Akt der Anerkennung der geltenden Konvention.

Sich einem Kollektiv zugehörig zu fühlen, ist ein ur-menschliches Bedürfnis. Die Macht dieser Sehnsucht wirkt bis heute.

Wir begegnen dies in den Fussballstadien. Die Sehnsucht nach dem Kollektiv hat aber auch ernstere Facetten. So empfinden Menschen kollektiven Stolz und kollektive Schuld, zum Beispiel wenn es um die eigene Nation geht.

Die Gemengelage ist kompliziert.

Als die zweite Evolution, die Evolution der Kultur, noch in ihren Kinderschuhen steckte, hatte die biologische Evolution nicht nur Egoismus, sondern auch Kooperativität, Altruismus und Empathie genetisch in uns verankert.

Im Unterschied zu anderen Primaten hat sie uns sogar mit einem zusätzliche Moralmodul ausgestattet, mit dem Gefühl für die prinzipielle Gleichwertigkeit von Ich und Du. Aus diesem Gefühl erwuchs die zweitpersonale Moral der Fairness, eine Perspektive, der wir nicht entgehen, nur zuwiderhandeln können.

Bei gruppenjagenden Tieren regeln Rangordnungen die Verteilung der Beute. Das schont Ressourcen, weil die Verteilung nicht jedes Mal neu ausgekämpft werden muss.

In den frühen menschlichen Stadtkulturen wurde die Verteilung von Ressourcen qua Hierarchie ergänzt durch das Konzept des Eigentums.

Diebstahl ist etwas, das in nahezu allen Kulturen sanktioniert wird.

Eine weitere soziale Universale ist die Familie.

Es gibt wohl kaum eine Kultur, die nicht das Konzept der Familie in irgendeiner Form institutionalisiert und gegen Aussenstehende abgrenzt und unter Schutz gestellt hat. In diesen Rahmen fallen auch die soziale Regulation und Legitimation sexueller Beziehungen.

Der Erfolg und die Verbreitung entsprechender Regeln beruhen nicht darauf, dass sie sich selbst auf eine moralische Maxime zurückführen lassen.

Vielmehr handelt es sich um kulturelle Praktiken, die sich durchsetzen, weil sie der Gruppe in einer konkreten historischen Situation Vorteile verschafft haben.

Ohne dass es dem Menschen bewusst ist, setzen sich Kulturpraktiken durch, die adaptiven Charaktere haben.

Wie „funktioniert“ die Evolution?

Konkret geht es um folgende Erkenntnisse:

Mutationen führen zu veränderten Merkmalen

Die **Erbsubstanz** aller Lebewesen ist **kontinuierlich kleinen Veränderungen unterworfen**. Wenn sie sich, z.B. vor der Teilung von Zellen, vervielfältigt, **wird sie nicht immer völlig identisch reproduziert, sondern es treten zuweilen Abweichungen (Synthesefehler) auf**, die prinzipiell nicht vermieden werden können. **Man bezeichnet diese als Mutationen**.

Diese Abweichungen bewirken, wenn sie an die Nachkommen weitergegeben werden, meistens keinen Unterschied. Manchmal verursachen sie aber auch kleine oder grössere Veränderungen, z.B. im Stoffwechsel, im Aussehen oder im Verhalten.

Merkmale unterliegen einer Selektion

Diese Veränderungen können dem Lebewesen einen Vorteil bieten, sie können aber **auch neutral sein oder sogar Nachteile bringen**.

In den letzten beiden Fällen ist die Chance, dass sie sich verbreiten, also auf eine Vielzahl an Nachkommen vererbt werden, gering.

Insbesondere wenn die Veränderung mit Nachteilen einhergeht, werden die betroffenen Individuen sich gegenüber den Wettbewerbern in ihrer ökologischen Umgebung weniger gut durchsetzen können und zugrunde gehen oder zumindest einen geringeren Fortpflanzungserfolg haben.

Sind die negativen Auswirkungen sehr gravierend, führt das zum Aussterben der Träger dieser Mutation. Bis zur Einführung der modernen Medizin galt das auch für nachteilige Mutationseignisse beim Menschen.

Wenn die durch die Mutation bewirkten Veränderungen „neutral“ sind, werden sie **im Rahmen der Vermehrung des Individuums ganz normal weitervererbt**.

Wenn sie sogar **Vorteile bringen**, hat das betroffene Lebewesen **eine höhere Wahrscheinlichkeit, sich zu vermehren** und viele Nachkommen zu zeugen.

Damit wird **auch die Mutation auf viele Nachkommen übertragen**.

Naturgemäss sind Mutationen, die positive Auswirkungen haben, sehr viel seltener als die mit Negativen.

Die Veränderungen vollziehen sich also keineswegs gezielt, sondern ganz **zufällig** und völlig **ungerichtet**. Allerdings werden sie im Genbestand einer Population stabilisiert, wenn sie unter den gegebenen Umweltbedingungen einen Vorteil, zumindest aber keinen Nachteil bringen. Dies bezeichnet man als **Selektion**.

Beispiel 1: Evolution der Eisbären

Nach heutigem Wissensstand führte eine Mutation in der Eizelle einer (im seinerzeit von Schnee und Eis bedeckten Irland lebenden) Braunbärin vor ca. 400'000 bis 900'000 Jahren dazu, dass sie einen Nachkommen mit weissem Fell hervorbrachte.

Dieser vererbte die Mutation an einige seiner Nachkommen, diese wiederum an einige der ihren und so weiter. dazu, dass sie einen Nachkommen mit weissem Fell hervorbrachte.

Die weissen Bären hatten gegenüber den braunen Bären deutliche Vorteile beim Beutefang, da sie besser getarnt waren und sich besser anschleichen konnten.

Dadurch waren sie besser genährt und insgesamt gesünder, so dass sie häufiger das fortpflanzungsfähige Alter erreichten und mehr Nachkommen zeugen konnten als braune

Wie „funktioniert“ die Evolution?

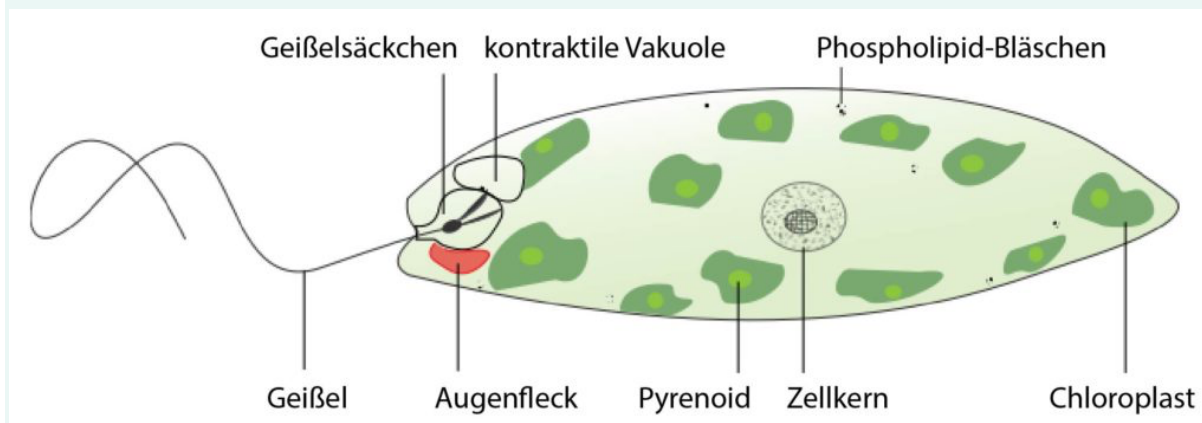
Bären. Der durch die Umweltbedingungen der Bären gegebene Selektionsdruck förderte also die Verbreitung der Mutation, die weiße Fellfarbe verursachte. Bald lebten in den nördlichen Regionen nur noch weiße Bären. (Achtung: Die weiße Fellfarbe ist keine Auswirkung eines Albinismus, was an der fast schwarzen Hautfarbe der Eisbären gut zu erkennen ist.)

Beispiel 2: Entwicklung des Auges

Die ersten Lebewesen und Einzeller (sie lebten im Wasser der Ozeane) hatten noch nicht die Möglichkeit, hell und dunkel zu unterscheiden. Irgendwann entwickelten sich in ihrer Zellmembran Proteine, die sich bei Lichteinstrahlung verändern

(sogenannte **Photopigmente** oder Opsine). Mit ihrer Hilfe konnten die Einzeller Helligkeit wahrnehmen und sich, wenn die Sonneneinstrahlung stark war, in tiefere Wasserschichten oder schattige Regionen zurückziehen. Auf diese Weise schützten sie ihre Erbsubstanz vor der schädlichen UV-Strahlung, was ihnen einen Selektionsvorteil brachte.

Im weiteren Verlauf der Evolution sammelten sich die lichtempfindlichen Proteine an einer Stelle der Zellmembran. Eine solche Konstruktion mit **Augenfleck** ist bei den einzelligen Augentierchen (Euglena) heute noch zu beobachten. Im Gegensatz zur zufälligen Bewegung, die die oben erwähnten Einzeller in dunklere Gefilde brachte, ermöglicht die Konzentration der **Photopigmente** an einem Pol der Zelle eine *gezieltere* Bewegung weg vom Licht – oder auch hin zum Licht, also in Gebiete, wo Plankton und Algen gedeihen, die dem Tierchen als Nahrung dienen.



Euglena (Augentierchen).

Der Augenfleck liegt am vorderen Zellpol neben dem Geißelapparat. Während sich das Tierchen bewegt, rotiert es ständig um seine Längsachse. Dabei beschattet der Augenfleck periodisch den neben dem Geißelsäckchen liegenden Lichtrezeptor. Auf diese Weise kann das Tierchen die Richtung des Lichteinfalls ermitteln.

Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5e/Euglena_gracilis.svg; By Benutzer:SuckXez in der Wikipedia; Bild wurde später (als SVG, am 31.10.2008, 22:32 MEZ) erneut hochgeladen [Public domain], via Wikimedia Commons.>/p>

Viele mehrzelligen Organismen, darunter Quallen, Seesterne und einige Wurmarten, besitzen **Flachaugen** – eine Anzahl flach angeordneter Lichtsinneszellen, die von einer Seite durch Pigmentzellen **vor Lichteinfall geschützt sind**.

Wie „funktioniert“ die Evolution?

Eine Vertiefung der Zelloberfläche im Bereich der Photopigmente, das sogenannte **Becherauge**, ermöglichte durch den Schattenwurf des Randes eine noch bessere Wahrnehmung der Richtung, aus der Licht auf das Auge trifft.

Wenn nun plötzlich ein Schatten, den eben noch beleuchteten Bereich des Pigmentbeckers traf, empfahl sich die gezielte Flucht weg von dem Verursacher des Schattens, der möglicherweise ein Räuber war.

Eine solche Konstruktion ist heute noch bei vielen wasserlebenden Organismen vorhanden, z.B. bei Strudelwürmern und Napfschnecken.

Im Lauf der weiteren Entwicklung stülpte sich der Pigmentbecher immer weiter ein, es entstand ein **Lochkameraauge**, das zwar sehr lichtschwach war, dafür aber **Helligkeitsunterschiede umso schärfer wahrnehmen konnte**.

Die Entwicklung einer **gelatinösen Linse im Innern des Auges**, die eine Brechung des Lichts beim Eintritt in den Augapfel bewirkte, ermöglichte es, auch bei etwas weiterer Öffnung noch scharf zu sehen – mit dem Vorteil eines insgesamt deutlich helleren Bildes.

Augen dieses Bauplans sind heute sehr weit verbreitet – unter anderem erfreuen wir Menschen uns daran.

Auf jeder Stufe der Entwicklung brachte das „Auge“ seinem Besitzer also Vorteile, die zu höherem Fortpflanzungserfolg und damit zur Stabilisierung des jeweiligen Status quo in der Population führten.

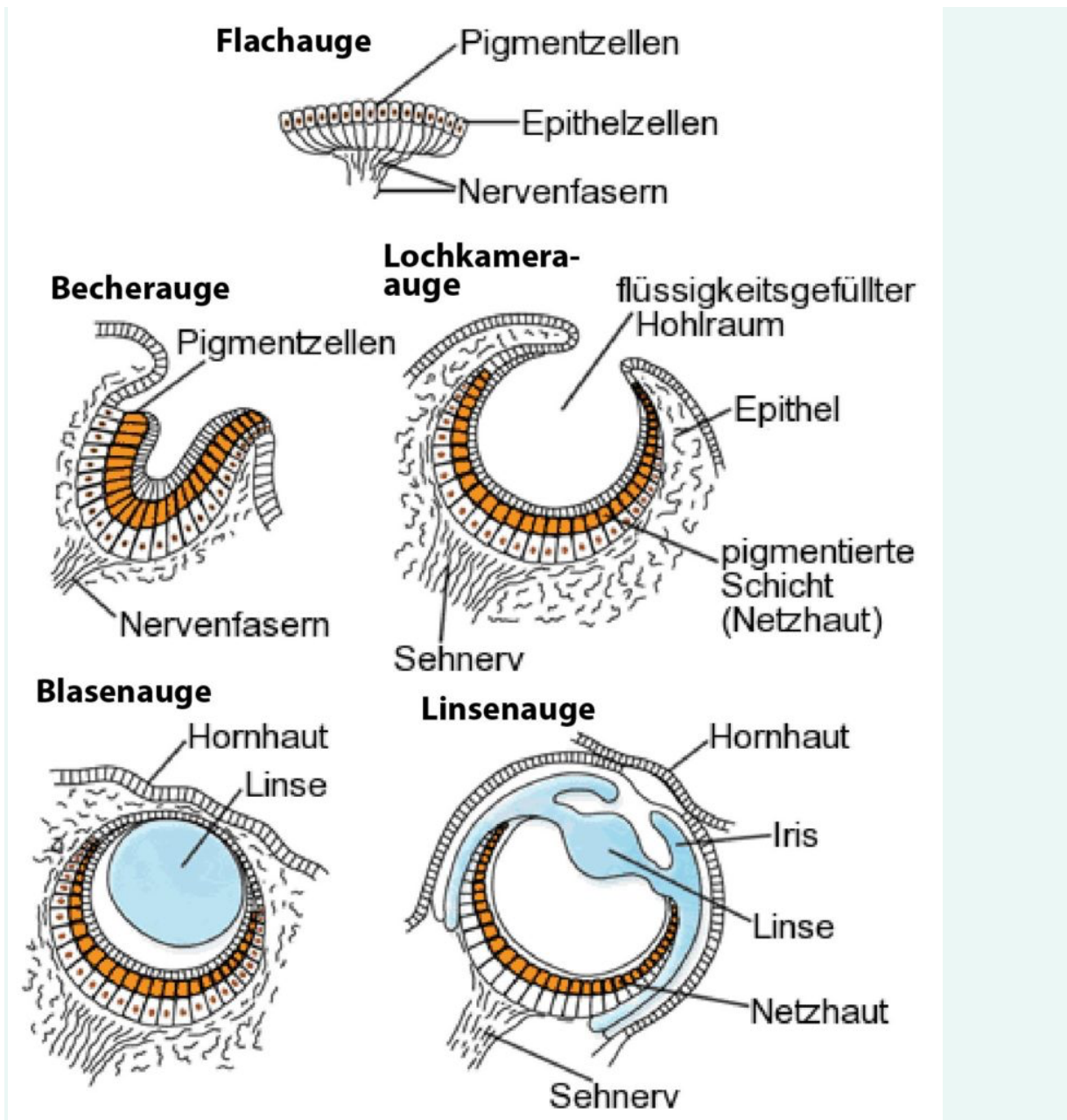
Dieser wiederum bildete die Basis für neue, fortschrittlichere Entwicklungen.

Allerdings war die Augenentwicklung kein linearer Prozess, sodass verschiedene Tiergruppen unterschiedliche Augen entwickelt haben, die zwar prinzipiell ähnlich funktionieren, aber nicht exakt gleich aufgebaut sind oder aus den gleichen Embryonalgeweben hervorgehen.

So ist das Kopffüsslerauge (Kraken, Polypen) dem Säugetierauge deutlich überlegen, obwohl es entwicklungsgeschichtlich älter ist.

Man spricht in solchen Fällen von „**konvergenter Evolution**“.

Wie „funktioniert“ die Evolution?



Augentypen bei Weichtieren. Sie repräsentieren verschiedene evolutionäre Stufen der Augenentwicklung.

Quelle: [https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Stages in the evolution of the eye \(d e\).png&filetimestamp=20080518115135#filelinks](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Stages in the evolution of the eye (d e).png&filetimestamp=20080518115135#filelinks)

Veränderungen der Erbsubstanz finden also ständig und überall statt, und daraus entstehende Merkmale unterliegen einer Selektion. Insbesondere veränderte Umweltbedingungen erhöhen den Selektionsdruck auf Organismen.

Beispiele sind **Klimaveränderungen** (infolge von Eiszeiten, Vulkanausbrüchen, Meteoriteneinschläge), aber auch Veränderungen der anderen, im selben Lebensraum vorkommenden Lebewesen, die im Wettbewerb um dieselben Ressourcen stehen oder zu deren Nahrung ein Organismus gehört.

Wie „funktioniert“ die Evolution?

Entstehung neuer Arten

Zunächst entstehen durch solche Veränderungen jedoch noch keine neuen Arten, sondern lediglich Varietäten.

Zur Entstehung einer **neuen Art** kommt es erst, wenn die Individuen verschiedener Varietäten sich nicht mehr miteinander fortpflanzen können (Inkompatibilität).

Dies kann auf sehr verschiedenen Mechanismen beruhen, die prinzipiell zu einer der beiden folgenden Situationen führen:

- Eine Eizelle der einen Varietät kann nicht von einer Samenzelle der anderen Varietät befruchtet werden – **es entsteht also keine Zygote.**
- Eine Befruchtung ist zwar möglich, aber aus der Zygote entsteht **entweder kein lebensfähiger Organismus, oder der Organismus lebt zwar, ist aber seinerseits nicht zur Fortpflanzung fähig.**

Der erste Fall ist zum Beispiel gegeben, wenn sich bei zwei Varietäten einer Pflanzenart der Zeitpunkt der Blüte so stark verschoben hat, dass die weiblichen Blüten der einen Varietät bereits verblühen, bevor die Pollen der anderen reif sind.

Beispiele aus dem Tierreich sind Veränderungen im Balzverhalten oder der Fortpflanzungsorgane, die dazu führen, dass Tiere sich nicht mehr miteinander paaren wollen oder können.

Ein bekanntes Beispiel für den zweiten Fall ist das Maultier (es entsteht bei der Kreuzung eines männlichen Esels mit einem weiblichen Pferd) oder der Maulesel (weiblicher Esel und männliches Pferd) – beide können (meist) selbst keine Nachkommen mehr zeugen.

In den meisten Fällen gehen die aus inkompatiblen Ei- und Samenzellen hervorgegangenen Organismen aber sehr frühzeitig zugrunde, beispielsweise infolge von Störungen der Chromosomenverteilung bei den ersten Zellteilungen.

Solange sexuelle Interaktionen zwischen den neuen potenziellen Arten bestehen, kommt es nur in Ausnahmefällen zur Bildung neuer Arten.

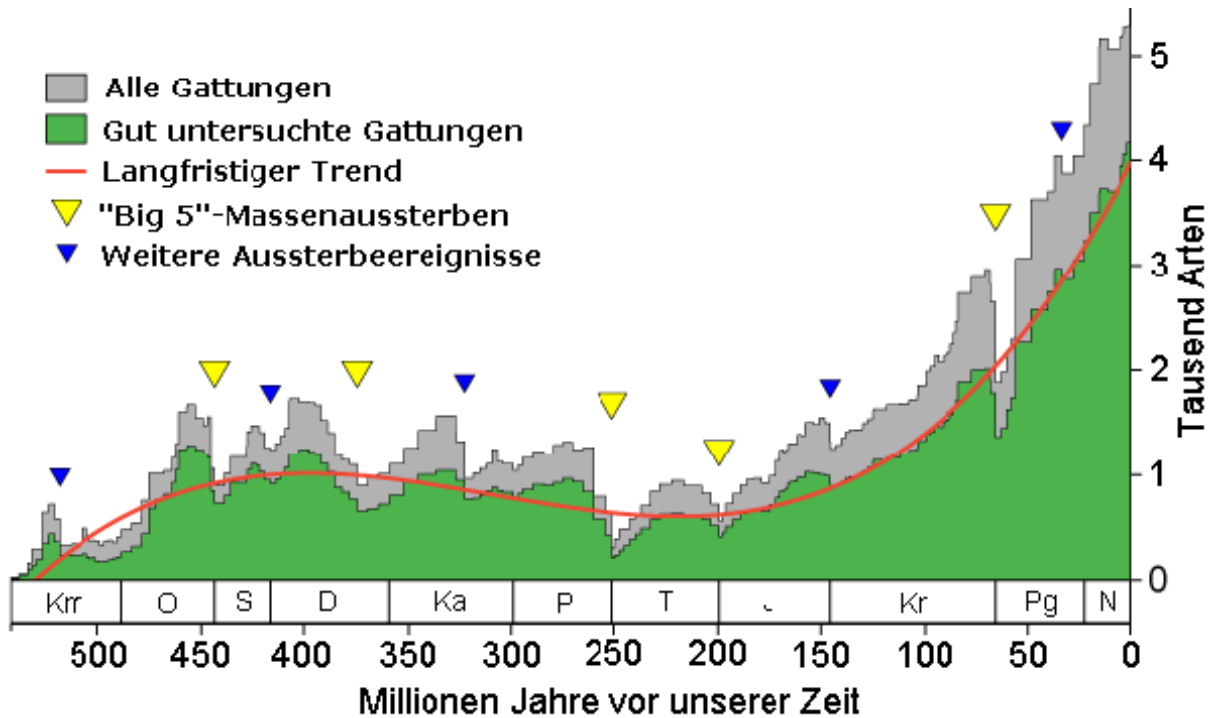
Geographische Isolation fördert diesen Prozess.

Dies ist z.B. der Fall, wenn Landbrücken zwischen Inseln oder gar Erdteilen überflutet werden (bei Landlebewesen) oder umgekehrt, wenn flache Meeresabschnitte verlanden (bei Fischen und anderen Meeresbewohnern).

Besonders in der Folge der grossen Massenaussterben in der Erdgeschichte kam es zur massiven Bildung neuer Arten:

Diese waren besser an die veränderten Bedingungen, die das Aussterben auslösten, angepasst – und sie konnten die freiwerdenden Lebensräume und ökologischen Nischen besetzen.

Wie „funktioniert“ die Evolution?



Entwicklung der Artenvielfalt in den letzten 600 Millionen Jahren auf Basis der Untersuchung fossiler Meeresorganismen.

Nach jedem Massenaussterben stieg die Artenzahl vergleichsweise rasch an.

Quelle: <http://www.oekosystem-erde.de/html/massenaussterben.html>. Die Darstellung ist verändert nach der englischen Wikipedia (<http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiversity>, eingesehen am 2.3.2007) und beruht auf Daten von Rohde, R.A. & Muller, R.A. (2005): „Cycles in fossil diversity“. *Nature* 434: 209–210. Lizenz: **GFDL**.

Solche Artbildungsprozesse vollziehen sich übrigens sehr langsam. So geht man davon aus, dass zwischen der **Entstehung einer Varietät bis zur tatsächlichen Abspaltung einer neuen Art mehrere Jahrzehnte bis zu Millionen Jahre vergehen** – je nach dem, wie rasch die Generationen aufeinander folgen und wie die Wechselwirkungen im Organismus und mit der Umgebung sind.

Zusammenfassung

Evolution ist **kein zielgerichteter Prozess, sondern Variationen entstehen** durch **zufällige Veränderungen** im Genom von Individuen.

Durch Umweltbedingungen werden vorteilhafte Veränderungen begünstigt (Selektion) und vermehren sich, in dem sie an viele Nachkommen vererbt werden.

Führen die Veränderungen dazu, dass Individuen einer Varietät sich nur noch untereinander, aber nicht mehr mit anderen Varietäten fortpflanzen können, ist eine **neue Art** entstanden. [MM]

Wie „funktioniert“ die Evolution?

Menschenartige (Hominiden)

18 Millionen Jahre vor heute - Zeitalter: Känozoikum / Neogen-Miozän



Eine Gruppe von Säugetieren entwickelt sich in Afrika zu tagaktiven, menschenartigen Affen.

Sie sind die Vorfahren aller heute lebenden Gibbons und Menschenaffen und damit auch die Urahnen aller Menschen.

Sie haben eine nur schwach pigmentierte Haut und ein relativ dünnes Fell. **Der gegen die anderen Finger bewegliche Daumen ermöglicht den Gebrauch von Werkzeugen. Die nach vorn gerichteten Augen erlauben ein gutes räumliches Sehvermögen.**



Durch den Zusammenstoss verschiedener Kontinentalplatten entstehen grosse Gebirge: Die indische Platte drückt gegen die Eurasische Platte und führt zur Himalaya-Auffaltung. Auch die Afrikanische Platte drückt gegen die Eurasische Platte, es entstehen das Zagrosgebirge (Iran) und die Alpen.

Wie erwähnt entwickelt sich in Afrika vor ca. 16–18 Millionen Jahren eine Gruppe von Säugetieren zu tagaktiven, menschenartigen Affen (Hominoidea).

Neben einem recht dünnen Fell über schwach pigmentierter Haut ist der opponierbare, **d.h. gegen die anderen Finger bewegliche Daumen, kennzeichnend.**

Wie „funktioniert“ die Evolution?

Er ermöglicht bereits den **Gebrauch von Werkzeugen** in einer sehr viel präziseren Art und Weise, als dies z. B. Vögel vermögen. Die Finger tragen nur flache Fingernägel. Wie andere Primaten verfügen **die Menschenaffen über einen relativ schwach spezialisierten Geruchssinn**. Die durch das flache Gesichtsfeld nach vorn gerichteten Augen erlauben ein gutes **räumliches Sehvermögen** – allerdings auf Kosten eines **eingeschränkten Sehfeldes**.

Zur Systematik der Affen

Alle Affen zählen zur **Gruppe der Trockennasenprimaten** und werden wiederum unterteilt in **Altweltaffen** und **Neuweltaffen**.

- 1. Altweltaffen (Schmalnasenaffen)** umfassen alle Affen der sogenannten Alten Welt, also der Kontinente, **die vor der Entdeckung Amerikas bekannt waren (Europa, Asien und Afrika)**.

Sie unterteilen sich in die Geschwänzten Altweltaffen (**Meerkatzenartige**) und die **Menschenartigen (Hominoidea)**.

Letztere wiederum spalten sich auf **in Gibbons und Menschenaffen (Hominidae)**. **Mit Ausnahme des Menschen, der weltweit verbreitet ist, sind die Altweltaffen auf tropische und subtropische Regionen Afrikas und Asiens beschränkt.**

Altweltaffen haben eine schmale Nasenscheidewand mit parallel nach vorn oder unten zeigenden Nasenlöchern und **maximal 32 Zähne**.

Alle Hominiden weisen ein spezifisches Zahnschema (2–1–2–3) auf (also 2 Schneidezähne, 1 Eckzahn, 2 Prämolaren und 3 Molaren pro Quadrant).

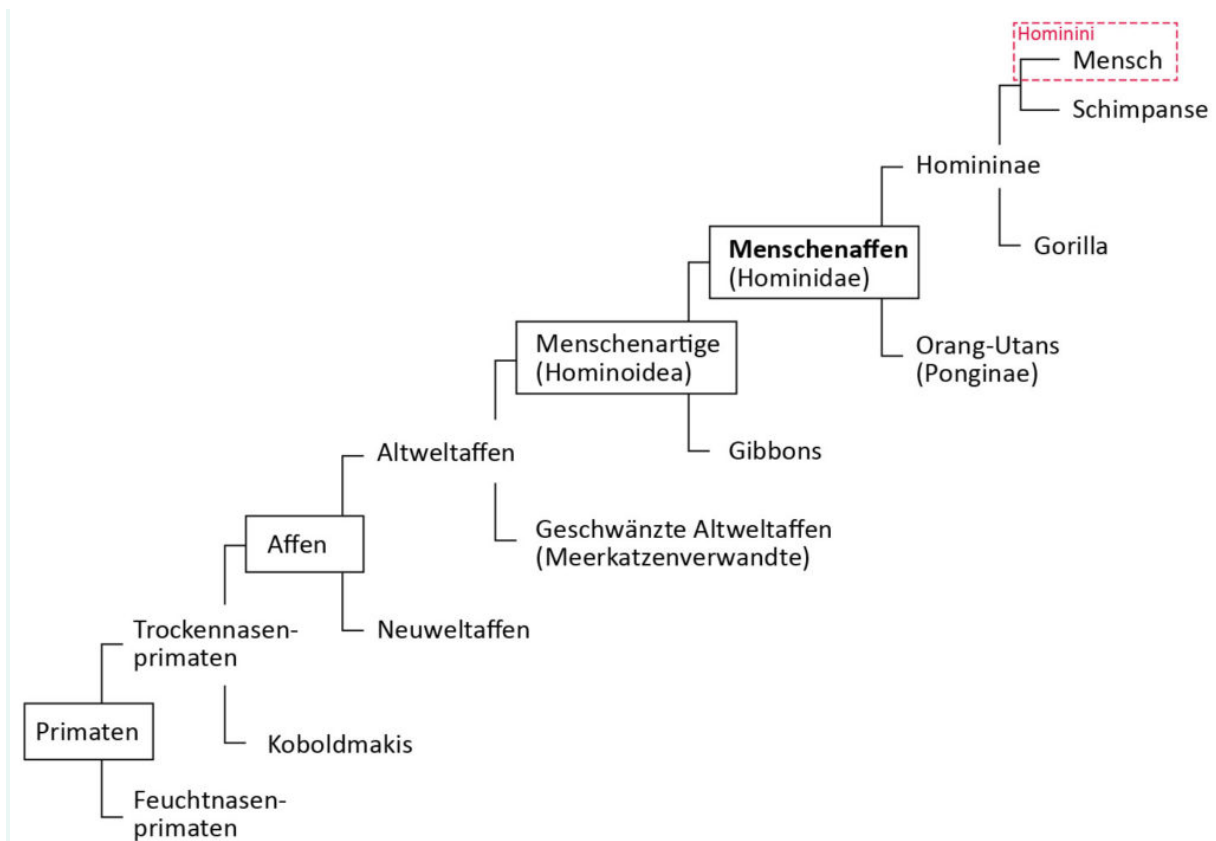
- 2. Neuweltaffen (Breitnasenaffen)** fassen alle ursprünglichen Primaten des **amerikanischen Kontinents** zusammen. Sie haben keinen knöchernen Gehörgang, eine breite Nase, **deren Löcher nach aussen gerichtet sind**, und noch 3 Prämolaren (also 9 Zähne pro Quadrant und somit **insgesamt 36 Zähne**).

Alle Neuweltaffen sind Waldbewohner und leben **überwiegend auf Bäumen**.

Beispiele sind:

- Krallenaaffen,
- Kapuzineraffen,
- Brüllaffen,
- Klammerschwanzaffen.

Wie „funktioniert“ die Evolution?



Entwicklung der Menschenaffen (Hominidae) innerhalb der Primaten.

Im allgemeinen Sprachgebrauch wird **der Begriff „Menschenaffen“ als Bezeichnung für alle nichtmenschlichen Hominiden verwendet.**

Die Hominiden sind anfänglich vorwiegend vierfüssig und gut an das **Leben auf Bäumen** angepasst, auch wenn spätere Arten vermutlich zumindest teilweise den zweibeinigen Gang beherrschen.

Mit Ausnahme der Menschen sind bei allen Hominiden die vorderen Gliedmassen länger als die hinteren.

Die langen Arme stellen Anpassungen an die „hangelnde“ Fortbewegungsweise der nichtmenschlichen Menschenaffen dar.

Ein **aufrechter Gang** wird durch den im Zuge der Evolution nach hinten wanderndem Schultergürtel und ein verlängertes Schlüsselbein begünstigt.

Die beim Menschen als einziger Hominiden-Art längere untere Extremität stellt eine **Anpassung an den aufrechten Gang dar.**

Alles zusammen führt zu einer

beträchtlichen Ausweitung ihrer ökologischen Nische.

Ähnlich vielfältige Lebensräume wie Menschenartige besetzen unter den grösseren Lebewesen nur Bären und Vögel.

Die **Nahrung** der **frühen Hominiden** war **überwiegend pflanzlicher Natur.**

Wie „funktioniert“ die Evolution?

Es ist anzunehmen, dass die Hominiden noch für sehr lange Zeit untereinander Nachkommen erzeugten, bis räumliche Trennung zur Aufspaltung in verschiedene Arten führte.

Man kennt heute **vier Gattungen (Orang-Utans, Gorillas, Schimpansen, Mensch)** mit 8 rezenten Arten. **Schwestergruppe sind die Gibbons.**

Für die Schimpansen ist belegt, dass sie sich vor ca. 5 Mio. Jahren vom Menschen abspalteten, die Gorillas wahrscheinlich vor ca. 7–8 Mio. Jahren.

Die Abtrennung der Orang-Utans, die sich als einzige Hominidenart ausserhalb Afrikas (nämlich in Asien) entwickelten, **geschah vermutlich schon vor über 12 Mio. Jahren.** Die übrigen Menschenaffen sind deshalb mit ihnen weniger eng verwandt als mit dem Menschen.

Zu den ausgestorbenen Hominiden, die wahrscheinlich Vorläufer der Orang-Utans sind, gehören Sivapithecus / Ramapithecus, Khoratpithecus, Ankarapithecus, Lufengpithecus sowie vermutlich auch Meganthropus und Gigantopithecus. [KHB]

Menschen (Hominine)

7 Millionen Jahre vor heute - Zeitalter: Känozoikum / Neogen-Miozän

Die Vorfahren der heutigen Menschen und alle ihre ausgestorbenen Verwandten, die ebenfalls Menschen waren, trennen sich in Afrika aus der Linie der Menschenartigen ab.

Bis hierher zurück lässt sich ein gemeinsamer Stammbaum aller Menschen verfolgen. Zu diesen zählen z.B.

- Australopithecus afarensis (Lucy),
- Homo rudolfensis,
- Homo habilis,
- **Homo erectus,**
- **Homo neanderthalensis und viele mehr.**

Die Entwicklung des heutigen Menschen beginnt in Afrika.

In mehreren Wellen breitet er sich nach Asien und Europa aus.

Dabei kommt es immer wieder zur Durchmischung der Populationen.



Wie „funktioniert“ die Evolution?

Die Lage der Kontinente zueinander entspricht im Wesentlichen der heutigen Situation. Auch die klimatischen Verhältnisse haben sich lediglich lokal verändert.

Diese Infos in einfacher Sprache auf evokids.de.

Im Hörspiel sind die letzten 3 Stationen zusammengefasst. Du findest die Sequenz [hier](#).

Vor ca. 7 Mio. Jahren, nach neueren Untersuchungen vielleicht sogar erst vor ca. 5 Mio. Jahren, trennten sich die Vorfahren der heutigen Menschen und alle ihre ausgestorbenen Verwandten, die ebenfalls Menschen waren, in Afrika aus der Linie der Menschenartigen und Menschenaffen ab.

Begriffsklärung

Innerhalb der Menschenaffen (Hominidae) fasst man heute die Gorillas, Schimpansen und den Menschen mit seinen menschlichen Vorfahren zur Gruppe der **Homininae** zusammen. Als **Hominini** im engeren Sinne werden alle Arten der Gattung *Homo* und deren menschliche Vorläufer zusammengefasst – also der heute lebende Mensch sowie seine (allesamt ausgestorbenen) Vorfahren, nicht jedoch die gemeinsamen Vorfahren von Schimpansen und Menschen. Zu den Hominini zählt man heute die Gattungen *Homo*, *Paranthropus*, *Australopithecus* und einige weitere.

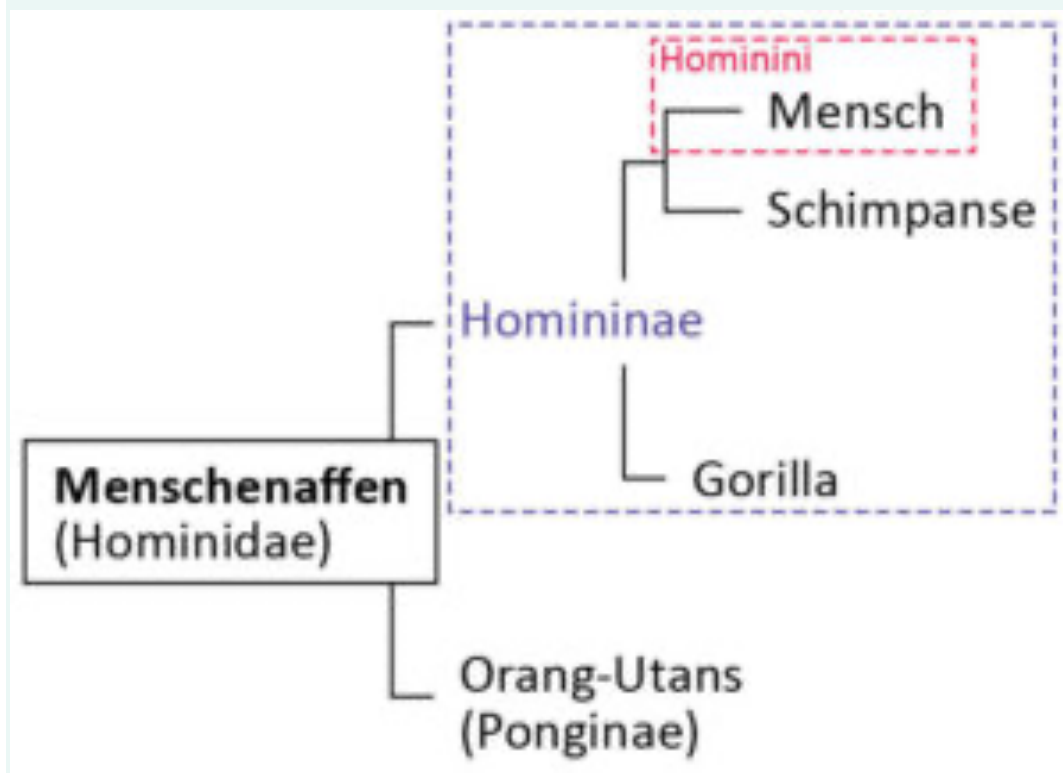


Illustration der Begriffe **Homininae** (umfasst Menschen, Schimpansen und Gorillas) und **Hominini** (auch Hominine, umfasst nur Menschen).

Bis zur Abspaltung von der Linie der Schimpansen zurück lässt sich **ein gemeinsamer Stammbaum aller Menschen verfolgen**.

Recht bekannt sind z.B. *Australopithecus afarensis* (Lucy), *Homo ergaster*, *Homo rudolfensis*, *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo neanderthalensis* und viele mehr.

Wie „funktioniert“ die Evolution?

Andere Hominiden, wie z.B.. *Ramapithecus* oder *Gigantopithecus* (beide gefunden in Indien oder *Meganthropus* aus Java, sind höchstwahrscheinlich Vorfahren des Orang-Utan.

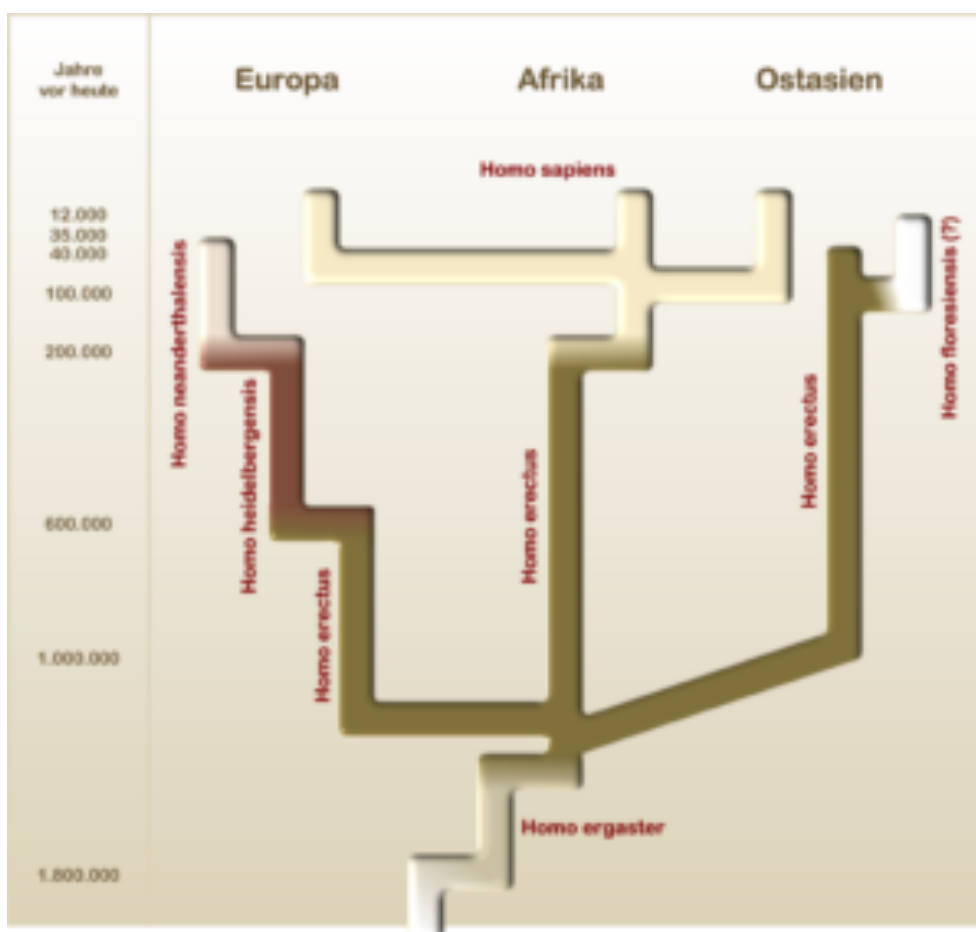
Die Entwicklung des heutigen Menschen begann in Afrika.

In mehreren Wellen breitete er sich nach Asien und Europa aus.

Dies konnte jedoch **nicht vor der Nutzung und Beherrschung des Feuers** geschehen, die nach neueren Funden erst im **Altpleistozän (vor 0,8–1,8 Mio. Jahren)** erfolgte. **Die ältesten gesicherten Feuerstellen, die zweifelsfrei durch Menschen angelegt wurden, stammen aus der Wonderwerk-Höhle in Südafrika und sind rund eine Million Jahre alt.**

Vor ca. 800'000–700'000 Jahren besiedelte *Homo erectus* Mittel- und Ostasien und etwas später, vor ca. 650'000 Jahren, Europa, wo er als *Homo heidelbergensis* (später *Homo erectus*) auftaucht.

Der Weg, den *Homo erectus* auf seinem Weg nach Europa nahm, ist bis heute ungeklärt. Alle entsprechenden bisherigen Funde zwischen Afrika und Europa sind deutlich jünger als der in Mauer bei Heidelberg aufgefundene Unterkiefer. [KHB]



Wie „funktioniert“ die Evolution?

Moderne Menschen (*Homo sapiens*)

0,2 Millionen Jahre vor heute - Zeitalter: Känozoikum / Quartär

Eine der Vorgängerarten des Menschen (*Homo erectus*) wandert vor 200'000 Jahren nach Europa aus, wo sie sich zum Neandertaler entwickelt.

In Afrika geht aus ihr der moderne Mensch (*Homo sapiens*) hervor, der vor 40 000 Jahren nach Europa kommt. Dieser erobert mit seinen Werkzeugen und seiner Fähigkeit, das Feuer zu beherrschen, die Erde und wird zum heutigen Menschen.

Er verändert die Umwelt stark und wird vermutlich zum siebten grossen Massenaussterben der Erdgeschichte beitragen.



Niedrige Meeresspiegel erlaubten vor ca. 65 000 Jahren die Besiedlung Australiens von Papua-Neuguinea aus.

Vor ca. 15 000 Jahren erlaubte der Eisrückgang auf dem amerikanischen Kontinent dessen Besiedlung über die Beringstrasse.

Heute verbreitet der globale Verkehr Tiere und Pflanzen über die ganze Welt.

Diese Infos in einfacher Sprache auf evokids.de.

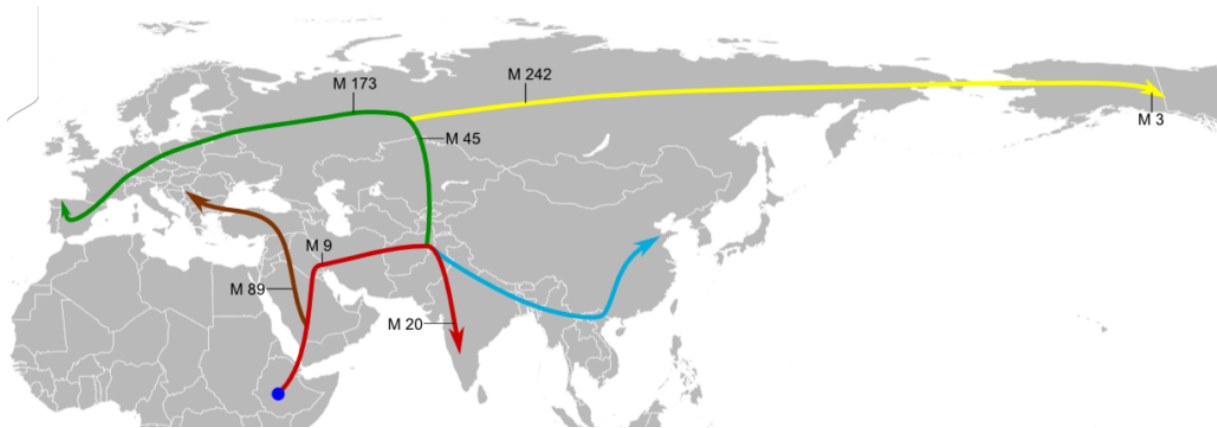
Im Hörspiel sind die letzten 3 Stationen zusammengefasst. Du findest die Sequenz [hier](#).

Die Besiedelung Mittel- und Ostasiens durch *Homo erectus* erfolgte wahrscheinlich bereits am Übergang des Altpleistozäns (Calabrium) zum Mittelpleistozän (Ionium) vor ca. 700 000 Jahren (1. Siedlungswelle).

Hierzu passt auch der Fund des *Homo heidelbergensis* in Mauer bei Heidelberg, dessen Alter auf ca. 600 000 Jahre geschätzt wird und aus dem sich vor etwa 200 000 Jahren der Neandertaler entwickelt hat (der Stammbaum der Hominini ist [hier](#) im Bild zu sehen).

In Afrika entwickelte sich aus *Homo erectus* der moderne Mensch (*Homo sapiens*), der im Zuge einer 2. Siedlungswelle vor 40–45 000 Jahren nach Europa kam.

Wie „funktioniert“ die Evolution?



Zweite Siedlungswelle. Ab etwa 40 000 Jahren vor heute gelangte *Homo sapiens*, vermutlich über Asien, nach Europa.

Quelle: Bwd. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ausbreitung_des_Menschen_nach_Amerika.png

Bis zu 5 000 Jahre lang existierten die beiden Menschenarten

Homo neanderthalensis* und *Homo sapiens parallel in Europa, bis der Neandertaler vor ca. 35 000 Jahren ausstarb. Über die Gründe dafür gibt es zahlreiche Vermutungen, die von kriegerischen Auseinandersetzungen, über Klimaeinflüsse bis zu ungünstigen Reproduktionsraten oder von *Homo sapiens* mitgebrachten Krankheitskeimen reichen. Belege hierfür fehlen jedoch.

Für die Reproduktionsratenvermutung spricht, dass die Neandertalerpopulation in Europa in den ca. 100 000 Jahren, die vor dem Eintreffen der modernen Menschen lagen, vermutlich nie mehr als 10 000 Individuen umfasste, während *Homo sapiens* sich deutlich schneller vermehrte, was sich aus dem Verhältnis der Fossilfunde schliessen lässt.

Gesichert ist, dass es gelegentlich zu Paarungen zwischen Neandertaler und den modernen Menschen gekommen sein muss, da unser Genom bis heute ca. 2–4 % Neandertaler-Gene enthält.

Das herausragende Merkmal des modernen Menschen ist sein leistungsfähiges Gehirn.

Egal, ob der Mensch dabei abstrakte oder handwerkliche Tätigkeiten ausführt, **immer ist das Gehirn das wesentliche Werkzeug, um diese Tätigkeit auszuführen.**

Die wesentliche Vergrößerung des Hirnvolumens, über das Mass hinaus, das einem grösseren Körper entspricht, findet sich beim modernen Menschen im Vorderhirn

(Präfrontaler Cortex). Dieses Hirnteil ist weniger fein durchfurcht als andere Hirnteile. Dies kann daran liegen, dass er evolutionär neuer ist und in seiner Ausgestaltung während des Wachstums kaum genetisch detailliert ist.

Die fein eingefurchten Stammhirn und Kleinhirn (Cerebellum) hingegen sind uralte Hirnteile, die es bereits seit ca. 400 Mio. Jahren gibt und die sehr grundlegende, lebensnotwendige Funktionen hervorbringen und aufrechterhalten.

Wie „funktioniert“ die Evolution?

Im Grosshirn haben hingegen unter anderem die Hirnleistungen der Selbstkontrolle, des Abwägens von kurzfristigen gegen langfristige Vorteile ihren Ursprung.

Auch ist dieser flexible Hirnbereich wohl notwendig für die beliebigen und **bis ins hohe Alter möglichen Lernleistungen der meisten Menschen.**

Zur Ausbildung eines so grossen und leistungsfähigen Denkorgans sind mehrere Voraussetzungen unabdingbar:

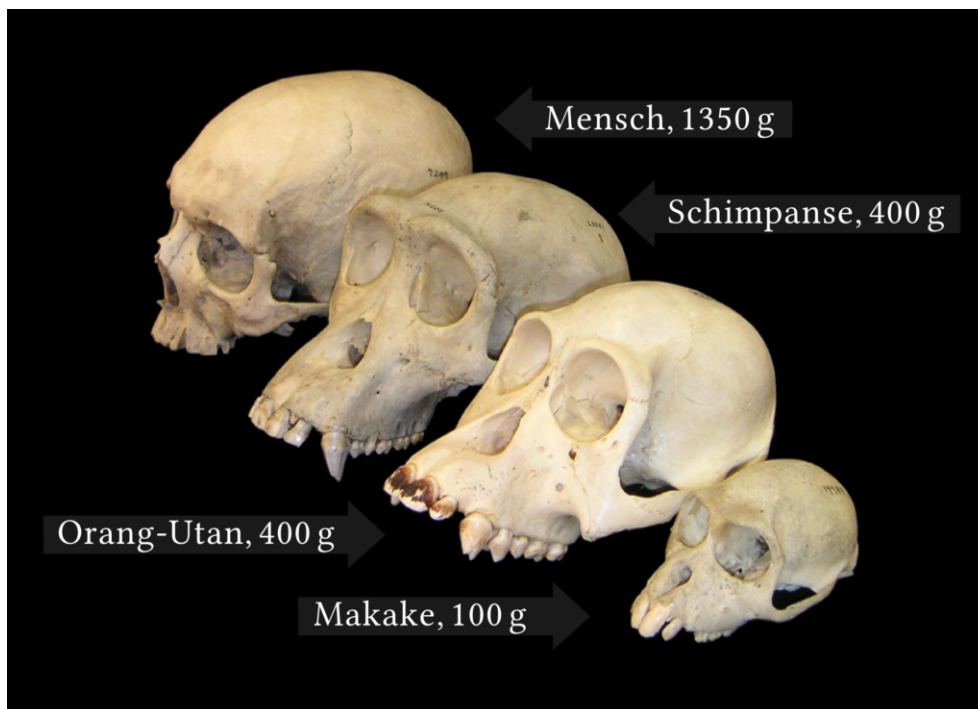
Bei Schimpansen ist das Hirnwachstum mit 3 Lebensjahren beendet.

Dann wachsen die Schädelplatten fest zusammen, so dass ihre grossen, zusätzlichen Beissmuskeln einen festen Ansatz an den Kopfseiten haben können, ohne dass der Schädel beim festen Biss auseinandergezogen wird.

Beim Menschen dagegen kann das Gehirn bis über das 18. Lebensjahr hinaus wachsen, da die Schädelplatten weiterwachsende Knorpelränder haben und die Nähte zwischen den Platten überwiegend erst im Erwachsenenalter fest verknöchern.

Dies kann gefahrlos geschehen, da uns der bei den Schimpansen ausgebildete starke **Beissmuskel** fehlt. Die für die Ausbildung dieses Muskels notwendige genetische Information ist zwar noch vorhanden, wird aber nicht mehr exprimiert.

Diese Besonderheit wird auch bei den Neandertalern angenommen, da sie sogar über noch grössere Schädelinhalte verfügten.



Primatenschädel im Vergleich mit durchschnittlichem Gehirngewicht. Man beachte die grossen Ansatzflächen für die Kaumuskulatur seitlich am Schädel. Quelle: Christopher Walsh, Harvard Medical School, mit freundlicher Genehmigung des Museum of Comparative Zoology, Harvard University. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Primate_skull_series_de.png

Wie „funktioniert“ die Evolution?

Sieht man einen jugendlichen Schimpansen von der Seite und vergleicht seine Kopfform mit einem erwachsenen modernen Menschen, so fällt die Ähnlichkeit des eher flachen Gesichtes auf: Die Kopfform des Menschen ist der eines jungen Schimpansen sehr ähnlich. Eine nach vorn ausgestülpter Schnauze ist nur noch bei wenigen Menschen in geringer Ausprägung zu finden.

Möglicherweise hängt der Wegfall des kräftigen Kaumuskels mit der jugendlichen Kopfform zusammen, die gleichzeitig auch eine Hirnvergrößerung gestattet.

Ein wesentlicher Faktor für die Reduktion der Kaumuskulatur dürfte die Vorbereitung der Nahrung durch Erhitzen/Kochen gewesen sein, die durch die Beherrschung des Feuers möglich geworden war.

Die **Sprachentwicklung setzte vor etwa 300 000 Jahren** mit zwei Mutationen im FOXP2-Gen **ein**.

Über diese Mutationen verfügen sowohl *Homo sapiens* als auch die **Neandertaler**.

Massgeblich für die Sprachentwicklung war weiterhin das Regulatorgen HAR-1, in dem sich Mutationen an 18 Stellen gegenüber den Schimpansen finden, die ebenfalls ca. 300 000 Jahre alt sind.

Die Frage, wie es zur parallelen Mutation von FOXP2 bei Neandertaler und Homo sapiens kam, ist ungeklärt.

Es kann jedoch als gesichert gelten, dass die früheren Homininen nicht über eine Sprachfähigkeit verfügten.

Die Fähigkeit zur (teils auch sehr ausdauernden) Nachahmung ist beim Menschen deutlich ausgeprägter als bei den verwandten Affenarten.

Auf diese Weise können **sehr ausgefeilte Lautbildungen (Sprache!)** und sehr **feingesteuerter Werkzeuggebrauch (u.a. Schrift)** erlernt werden.

Gepaart mit der dem menschlichen Gehirn

- **eigenen grossen Neugier,**
- **der Fähigkeit zur Abstraktion** und
- **einem spielerisch-kreativen Umgang** mit übernommenen und
- **selbstgebildeten Gedanken Konstrukten**

sind dies wichtige Voraussetzungen der **soziokulturellen Evolution**, **die zwischenzeitlich für die Weiterentwicklung der Menschheit weit bedeutsamer geworden ist als die hier ganz überwiegend dargestellte biologische Evolution.**

Der Mensch ist nicht nur das einzige Lebewesen auf der Erde, das Pyramiden bauen und zum Mond fliegen kann –

im Menschen ist sich auch die Evolution ihrer selbst bewusst geworden. [KHB]
(aber leider nicht bei religiös indoktrinierten Personen!)