

## Schritte durch die Zeit – vom Sternenstaub zu uns

In dieser Ausstellung machst du eine Wanderung durch die Zeit vom Anfang der Erde bis heute.

Bei deiner Reise bringt dich jeder Schritt etwa zwei Millionen Jahre weiter.

Deine Zeitreise beginnt vor **4200 Millionen Jahren** bei der Tafel Nr. 6 zur Ursuppe. Welche Gase „tanzen“ in der heißen Atmosphäre der Frühzeit? Es sind *Kohlenstoffdioxid, Stickstoff, H<sub>2</sub>O* sowie geringe Mengen von *Methan und Ammoniak*. Zur Entstehung biologisch wichtiger Moleküle führten die intensiven Energiequellen *UV-Strahlung und Radioaktivität*. Glutflüssige Erdmassen speien *Vulkane* aus.

Rechts im Bogen erreichst du Tafel 7 mit den Extremisten vor **4000 Millionen Jahren**. Die ersten Lebensformen der Erde nennen wir *Bakterien (Prokaryoten)*. Wir unterteilen sie in die *Eubakterien (echte Bakterien)* und *Arche-Bakterien (Urbakterien)*. Vorteil der zuletzt genannten Bakterien ist, dass sie unter *extremsten Umweltbedingungen* gedeihen. Wir finden solche Extremisten in einem *schwefelsäurereichen Fluß* – dem Rio Tinto in Huelva, Spanien.

Nun biegen wir links ab und finden die Tafel 8 – vor **3800 Millionen Jahren**. Bei der „Horizontalen Evolution“ findet ein Bakterien-Gen austausch über *Artgrenzen* hinweg statt. So entsteht eine neue *Art*.

Die ersten Lebewesen gewannen ihre Energie durch *Gärung (Anaerobier)* und verursachten eine erste *Nahrungskrise*. Manche ihrer Nachkommen produzierten dann Nahrung aus *CO<sub>2</sub>* mit Chemikalien als Energiequelle.

Bei der ersten *Photosynthese* (eine Innovation!) produzierten die grünen oder purpurnen Mikroben *Schwefel* anstatt Sauerstoff. Dabei kombinieren sie *Schwefelwasserstoff* mit *CO<sub>2</sub>* um ihren eigenen Körper aufzubauen. In der Baja California klonen sich Milliarden phototropher Bakterien und betreiben Tauschhandel und ein anmutiges Rosa ist im *Ciso-See* Spaniens durch Purpurbakterien zu finden.

Als der Wasserstoff auf der Erde vor **3500 Millionen Jahren** knapp wird, sind blaugrüne *Cyanobakterien* die Pioniere mit der Erzeugung von *O<sub>2</sub>*. Damit vergiften sie *anaerobe* Mikroben. Diese entdecken dann die Vorteile des Lebens in einer *Gemeinschaft*. So entstehen Nahrungs-Ketten und flexibler Gen-Austausch wird möglich. *Myxobakterien* retten sich mit ihrer Baumtechnik über Perioden des *Nahrungsmangels* und der *Wasserknappheit* hinweg. Sonnenbadende *Microcoleus* sind mit Schutzhüllen gegen ultraviolette Strahlung ausgestattet.

Auf Tafel 11 mit Zeitangabe vor **3300 Millionen Jahren** findest du die Zusammensetzung der Atmosphären von Erde, Mars und Venus im Vergleich. Dabei finden wir den höchsten *O<sub>2</sub>*-Gehalt auf dem Planeten *Erde*, den höchsten *CO<sub>2</sub>*-Gehalt

auf dem Planeten *Venus* und den kleinsten Stickstoffgehalt auf dem Planeten *Mars*.

An der Ecke gegenüber von Tafel 7 findest du Tafel 12 (vor **3100 Millionen Jahren**) und wir sehen eine Feigenbaumformation - ein geschichtetes Kieselsäuregestein Südafrikas mit fossilen *Bakterien* - darunter auch *Cyanobakterien*. Vor drei Milliarden Jahren existierten bereits alle der Wissenschaft heute bekannten Stoffwechsellmethoden.

Vor **2900 Millionen Jahren** beeinflussen Bakterien den globalen *Mineralienkreislauf* indem sie *Mineralien* in ihrem Inneren erzeugen. Damit tragen Bakterien in Südafrika zur Ausfällung großen *Goldvorkommens* bei. Forschungsergebnisse zeigen, dass Bakterien mehr als 27 Arten von Mineralien induzieren.

Vor **2800 Millionen Jahren** verteilen sich die Rollen der spielerisch herum schwimmenden bakteriellen Kooperativen (*Gemeinschaften in Zusammenarbeit*) neu. Einige werden zum Räuber, viele werden zur Beute.

In der Zeit vor **2700 Millionen Jahren** entstehen besonders brillante Partnerschaften. So erfreuen sich festsitzende Spirochäten an den *Nebenprodukten* größerer Mikroben während sie diesen als *Gegenleistung* beim *Transport zur nächsten Futterquelle* behilflich sind.

Vor **2500 Millionen Jahren** verändern Mineralienerzeugende Organismen chemische Eigenschaften und mit Bakterien kommt es zur Bildung gigantischer *Karbonatplateaus*, riesiger *Riffe* und *untermeerischer Erhebungen*. Die Kontinente werden grösser, dicker und stärker, eine *Erdkruste* wird gebildet.

Die Symbiogenese auf **Tafel 17** beschreibt die Entstehung eines völlig neuen Lebewesen durch *Verschmelzung* unabhängiger Organismen.

Vor **2300 Millionen Jahren** stehen wir am Anfang aeroben Atmung, wobei eine gesteuerte Verbrennung organische Moleküle in *Energie* umwandelt. Dabei werden *CO<sub>2</sub>* und *H<sub>2</sub>O* abgespalten.

Durch die Zunahme des von Cyanobakterien erzeugten Sauerstoffs vor **2100 Millionen Jahren** bildet sich die in der höheren Atmosphäre eine schützende *Ozonschicht*.

Lange Zeit davor haben die Bakterien selbst schon *Schutzmechanismen* gegen UV-Licht entwickelt und können sogar vom UV-Licht geschädigte Zellen reparieren.

Vor **1900 Millionen Jahren** bricht für viele *anaerobe* Lebewesen die Sauerstoffkatastrophe mit 20 % herein und 90 % von ihnen gehen zugrunde. Zuflucht finden noch heute einige von ihnen in *Wattenmeeren*, in luftlosen Nischen wie nach

Schwefel riechende Meeresufer, Sümpfe oder die Körper von *Insekten* und *Menschen*.

Als sich vor **1700 Millionen Jahren** neue Allianzen unter Mikroben bilden, entstehen aus freilebenden Bakterien, die Sauerstoff zur Energieproduktion verwenden, durch den Einbau in Zellkörper mit mehreren Funktionen Mitochondrien. Diese bezeichnen wir auch als Kraftwerk der Zelle.

Sex als Überlebensstrategie existiert bei unseren einzelligen Vorfahren vor **1500 Millionen Jahren** getrennt von Vermehrung. Während Vermehrung die Erzeugung *gleichartiger* Individuen bedeutet, dient Sex der Fusion genetischen Materials von mindestens zwei Individuen der gleichen Art, wodurch schneller genetische *Vielfalt* möglich ist.

Vor **1300 Millionen Jahren** hat die Endosymbiose von bestimmten Cyanobakterien dann Einzelgänger zu Teamarbeitern gemacht indem aus ihnen in den ursprünglichen Eukaryonten (hier Protoktisten genannt) als „Herberge“ Zellorganellen - Plastide genannt- wurden.

Vor **1000 Millionen Jahren** kommt es zur Entwicklung von Organismen bei denen einige Zellen abfallen und zu neuen, vollständigen Organismen heranwachsen. Andere können dies nicht weil sich ihre Zellen bereits *differenzieren* wie unsere - es kommt zur Zellspezialisierung.

Vor **800 Millionen Jahren** beginnt eine Eiszeitperiode wobei ein Zusammenhang mit dem Kohlenstoffdioxidgehalt der Atmosphäre besteht. So fällt eine Eiszeit immer mit einem *niedrigen* Kohlenstoffdioxidgehalt der Atmosphäre zusammen.

Vor **700 Millionen Jahren** existiert ein Entwicklungsexperiment von Lebewesen, den wir heute in den Edicara-Fossilien widerspiegeln. Diese gallertartigen Kreaturen haben keine *harten* Körperteile und keine *Feinde*.

Die ersten Tiere finden wir vor **600 Millionen Jahren** wobei ein Spermium - angetrieben von seinem sich wellenförmig bewegenden Spirochätenschwanz zu einem großen Ei gelangt. Befruchtet teilt es sich nun und bildet das Anfangsstadium der Embryo-Entwicklung. Diese hohle Zellkugel - die *Blastula* ist dann das kennzeichnende Merkmal eines Tieres.

Vor **580 Millionen Jahren** lebende Foraminiferen zeigt uns heute wo einmal ein Meer existiert hat. So bildeten die die vor 50 Millionen Jahren herabgesunkenen Foraminiferenschalen den Baustein, aus dem die großen ägyptischen *Pyramiden* gebaut wurden.

Vor **540 Millionen Jahren** entstanden während der Kambrischen Explosion alle heute

bekannten *Stämme* (Phyla) der Tiere.

An der Tafel 32 vor **520 Millionen Jahren** werden die Chordatiere vorgestellt. Dieser Stamm (nicht Familie) zeichnet sich durch einen flexiblen *Knorpelstrang* in der Mitte des Rückens aus. Dazu gehören alle Wirbeltiere wie Säugetiere, Vögel, Amphibien, Reptilien und Fische.

Vor **500 Millionen Jahren** siedeln Algen um auf das Land und entgehen so den *hungrigen Feinden* im Meer. *Gliederfüßer* (Arthropoden), die als nächstes an Land kamen, machen heute mit den Insekten über 80 % des Tierreiches aus.

Vor 455 Millionen Jahren entwickelten sich die Pflanzen und die Pilze an Land beinahe zeitgleich. Der Hauptteil des *Pilz*-Körpers befindet sich in Form von fädigen Hyphen unter der Erdoberfläche. Ihre Fortpflanzungskörper - Sporen genannt - sind sehr resistent gegen Umwelteinflüsse.

Globale Umweltveränderungen vor **440 Millionen Jahren** verursachen ein Massensterben, das alle *Meerestiere* betrifft. Es vergehen etwa 25 Millionen Jahre bis die *Artenvielfalt* wiederhergestellt ist.

Flechten als echte Landpioniere breiten sich vor **430 Millionen Jahren** aus. Hierbei verschmelzen *Algen* und *Pilze* zu einem komplett neuen Lebewesen, das sich photosynthetisch ernähren kann und durch Wasserspeicherungsvermögen vor Naturelementen geschützt ist. Es kommt auch zu besonderen ökologischen Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und Pilzen wie bei Mykorrhiza-Pilzen, die in besonderen *Wurzelkammern* der Pflanzenpartner leben. Dabei machen die Pilze wertvolle *Nährstoffe* für die Pflanzen verfügbar und die Pflanzen versorgen die Pilze mit *Zucker*.

Der Landgang der Fische zeigt vor **400 Millionen Jahren** mit Fossilien die gelappten „Quastenflossen“ und damit - welche Anpassungen notwendig waren um den ursprünglich vom *Wasser* getragenen Körper an Land fortbewegen zu können. Amphibien benötigen noch heute das Wasser um sich *fortzupflanzen*, weil sich ihre Larven im Wasser entwickeln. Im Devon kommt es noch einmal zum Massensterben und es verschwinden weltweit 50 % aller Gattungen mit den schwersten Verlusten bei den *Meereslebewesen*. Erst nach *30 Millionen Jahren* ist die Artenvielfalt wiederhergestellt.

Die vor **360 Millionen Jahren** abgestorbene Vegetation *verwest* nicht vollständig sondern wird in der Steinkohlezeit abgelagert und seit dem 18. Jahrhundert zunehmend als *Brennstoff* ausgebeutet.

Die großartige Neuerung der Befruchtung im *Körperinneren* vor **340 Millionen**

**Jahren** führt zum geschlossenen Ei und verwandelt Amphibien zu Sauropsiden. Damit entsteht die neue Wirbeltierklasse der Reptilien. Mit dieser neuen Art der Reproduktion können Reptilien weiter landeinwärts in trockenere Gebiete wandern.

Vor **280 Millionen Jahren** breiten sich Nadelbäume, Ginkgos und Palmfarne aus, deren Pollen vom *Wind* von einem Baum zum anderen übertragen werden.

Die Bildung von Wolkendecken vor **230 Millionen Jahren** verdanken wir der photosynthetisierenden Alge *Emiliana Huxleyi*. Weil diese der Atmosphäre *CO<sub>2</sub>* entnimmt und daraus *Kalziumcarbonat* zum Aufbau ihrer Hülle herstellt, entstanden hochragende Kreidefelsen wie die vor Dover und Rügen.

In der Zeit vor **208 Millionen Jahren** und heute kommt es zu weiteren fünf *Massensterben*, wonach jedoch immer gewaltige Wellen der Lebensexpansion und *Artenvielfalt* auftraten.

Die meisten Dinosaurier vor **190 Millionen Jahren** fressen nur Pflanzen und benötigen ebenso wie unsere Kühe Milliarden *anaerober* Verdauungsbakterien um die *Zellulose* zu verdauen. Erste *Säugetiere* - kleine Nachttiere - klettern, schwimmen und schwingen sich durch die Dinosaurierwelt.

Mit *Archaeopterix* entwickelte sich vor **145 Millionen Jahren** Dinosaurier, die durch Fliegen dem Dinosauriersterben der Kreidezeit entkamen. Sie lernten Zeichen zu lesen, die ihnen *Sternenhimmel*, *Magnetfeld der Erde*, *Wetterlage* und *Landschaft* vermitteln, wenn sie als Zugvögel unterwegs sind. Auch entwickeln sich die ersten Blüten tragenden Pflanzen (*Angiospermen*). Nahezu alle für den Menschen essbare Pflanzen sind *Bedecktsamer*.

Vor **65 Millionen Jahren** kommt es zum Einschlag eines *Asteroiden* mit einem Durchmesser von 10 km, wodurch Staub das Sonnenlicht blockiert und die Temperaturen sinken. Die *Photosynthese* kommt weitgehend zum Stillstand. Auch gehäufte Vulkanausbrüche werden dafür verantwortlich gemacht, dass alle Tiere über *25 kg* verschwinden sowie *85 %* der Meereslebewesen.

Unbeachtet im Verborgenen lebende *Säugetiere* besetzen nun vor **50 Millionen Jahren** neue ökologische Nischen. Dazu gehören auch Primaten sowie unsere Vorfahren, die sich vor *30 Millionen Jahren* zu Waldbewohnern entwickelt hatten. Ihre Merkmale sind die Fähigkeiten durch Zeigefinger und entgegengesetzte Daumen etwas festhalten zu können, flache Nägel statt Krallen, besondere Zähne und Schädel mit großem Gehirn sowie eine lange Schwangerschaftsperiode und binokulares Sehen. Eine Gruppe Küstenbewohnender Landsäugetiere folgt dem Nahrungsangebot zurück ins Meer und es entwickeln sich *Wale* aus ihnen.