

Kapitel 11 Geobiologie / Exobiologie

(einige Themen werden in der biogenen Sedimentation genauer beleuchtet!)

1) Nennen Sie Beispiele für enge Wechselwirkungen zwischen Geologie (Gesteinen), Organismen und Umwelt!

Organismen beeinflussen die Umwelt:

- Organismen können unter Ausscheidung von Säuren und Gasen die chem. Verwitterung von Gesteinen beeinflussen. Dadurch erhalten die Organismen wichtige Minerale, die sie zum Leben benötigen.
 - Erst durch sauerstoffproduzierende Organismen über viele Millionen Jahre, konnte sich unsere Atmosphäre aufbauen, die Leben ermöglicht und sich stark von anderen Planeten unterscheidet – als ein Ergebnis der Evolutionsgeschichte.
- Geologische Prozesse können das Leben aber auch vernichten: Meteoriten, Massensterben ...

2) Biosphäre als System - Beschreiben Sie das Prinzip eines Ökosystems!

In der Biosphäre leben nahezu alle Tiere und Pflanzen. Da sich die Biosphäre mit der Lithosphäre, Hydrosphäre und Atmosphäre überschneidet und in einem engen Zusammenhang zu den anderen Sphären steht, kann sie grundlegende geologische und klimatologische Prozesse beeinflussen:

- die B. hält die sauerstoffreiche Atmosphäre über ein Gleichgewicht der Photosynthese stabil
- sie produziert und verbraucht CO₂ und beeinflusst so die globalen Stoffkreisläufe
- Grünpflanzen regeln den Abfluss des Niederschlags, modifizieren und mildern das lokale und regionale Klima.
- usw.

→ Organismen stehen dabei mit ihrer physischen Umwelt in Wechselwirkung, die als Ökosysteme bezeichnet werden.

Das Prinzip eines Ökosystems (Ökosystem als Kreislauf)

Sonnenlicht wird von den Pflanzen (Produzenten) genutzt, die danach von Fischen und anderen Tieren gefressen werden (Konsumenten). Tiere und Pflanzen sterben ab und werden durch Mikroorganismen (Destruenten) abgebaut. Danach gelangen die Abbauprodukte wieder in den Lebensraum zurück und dienen als Nährstoffe oder Energielieferanten. So entsteht ein Kreislauf zwischen Materie und Energie.

3) Was ist unter Gruppenaktivität der Organismen zu verstehen?

vom Kleinen zum Großen und vom Großen zum Kleinen...

→ Einzelne Individuen können im Gruppenverband erheblich komplexere Aufgaben lösen. Daher treten Organismen organisiert auf, bei dem jedes einzelne Tierchen seine Aufgabe hat. Auch profitieren die einzelnen Tierchen wieder von der Errungenschaft der Gruppe.

Beim Menschen ist es die bewusste Entscheidung zur Gruppe, bei Organismen beruht dies eher auf Ausprobieren und umfasst Rückkopplungsprozesse zwischen beiden Komponenten im System Gruppe-Individuum. Diese Rückkopplungen offenbaren, welches Verhalten zum besten Resultat für die Gruppe führt.

4) Wodurch können Ökosysteme getrennt werden?

Ökosysteme treten in den verschiedensten Größenordnungen auf und werden durch geologische Barrieren wie Gebirge, Ozeane, unterschiedliche Temperaturen, ja auch von unterschiedlichen Planeten, voneinander getrennt. Z.B. Fluss: Er gibt vor, wo sich bestimmte Organismen aufhalten. Organismen wiederum minimieren durch Bäume und Gräser die Hochwasserschäden.

5) Was passiert, wenn der Mensch in ein Ökosystem eingreift?

Vorweg: Auch der Mensch ist Teil eines Ökosystems und kann sich nicht isoliert davon betrachten.

Greift der Mensch in ein Ökosystem ein, kann es dennoch zu erheblichen Ungleichgewichten kommen:

- Der Mensch importiert aus diversen Gründen fremde Pflanzen und Tiere. Da der Konkurrenzkampf dieser Exoten aus ihrem Heimatgebiet wesentlich größer ist, gewinnen sie in vielen Fällen hierzulande, zulasten der einheimischen Flora und Fauna, den Kampf um Nahrung und Raum. Es kommt zur Verdrängung der einheimischen Tier- und Pflanzenarten.

- Z.B.: Flügelknöterich in Europa oder die Wandermuschel von Russland nach Nordamerika, welche dort schlagartig Rohre von Wasserleitungen besiedeln konnte, die für 5 Milliarden Dollar gereinigt werden mussten.

6) Was ist Autotrophie / Heterotrophie?

Unter Autotrophie wird in der Biologie die Fähigkeit von Lebewesen verstanden, ihre Baustoffe (und organischen Reservestoffe) ausschließlich aus anorganischen Stoffen aufzubauen. Dies trifft vor allem auf Photosynthese betreibende Primärproduzenten (insbesondere Pflanzen) zu. Der Gegensatz zur Autotrophie ist die Heterotrophie, bei der organische Verbindungen zum Aufbau der Baustoffe verwendet werden. Tiere, Pilze und die meisten Bakterien und Archaea sind heterotroph. Sie werden den Konsumenten, spezieller den Pflanzenfressern, Fleischfressern und Allesfressern sowie den Destruenten zugeordnet.

7) Wie werden 1 Produzenten und 2 Konsumenten noch bezeichnet?

1. Autotrophe Organismen
2. Heterotrophe Organismen

8) Aus welcher Substanz besteht unsere Nahrung grundlegend?

Moleküle, die aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Phosphor und Schwefel bestehen. Daher ist es egal, ob sich ein Organismus heterotroph oder autotroph ernährt, er nimmt überwiegend die gleichen 6 Elemente auf. Wichtigster Unterschied wäre nur der Aufbau der Moleküle.

9) Was ist das Ausgangsmaterial von Leben?

1. Kohlenstoff

- Grundbaustein aller, zumindest irdischer, Lebensformen
- bildet die Basis aller organischen Moleküle wie Kohlenhydrate oder Proteine
- Kohlenstoffverbindungen versorgen Organismen mit Energie und bestimmen ihr Wachstum
- Kohlenstoff kann 4 kovalente Bindungen eingehen und eine Vielzahl von Strukturen ermöglichen

Kohlenstoffkreislauf:

Der Materialfluss von Kohlenstoff wird im Wesentlichen von der Biosphäre bestimmt:

Marine Organismen entziehen dem Meerwasser Kohlenstoff in Form von CO_2 und produzieren daraus karbonatische Gehäuse, ua. aus Kohlenstoff: CaCO_3 (Kalziumcarbonat). Sterben diese Organismen ab, sinken ihre Gehäuse zum Meeresboden, wo sie sich in Form von Karbonatsedimenten ansiedeln und so dem System Kohlenstoff entziehen (**Kohlenstoffsenke**). Im Laufe der Zeit wurde durch die Akkumulation von organischem Material in Sümpfen und auf dem Meeresboden dem System ebenfalls Kohlenstoff entzogen. Es entstanden Erdöl, Erdgas, und diverse Kohlenlagerstätten. Wenn wir heute diese Lagerstätten ausbeuten und die Energierohstoffe verbrennen, gelangt dieser Kohlenstoff in Form von CO_2 wieder in das Ausgangssystem zurück.

2. Nährstoffe

- ch. Elemente oder Verbindungen, die den Stoffwechsel der Organismen in Gang halten.
- Mikroorganismen besitzen die Fähigkeit, durch das Auflösen von Mineralen an ihre Elemente (Nährstoffe) zu kommen.
- Wichtige Nährstoffe: Phosphor, Stickstoff, Kalium, Eisen und Calcium.

3. Wasser

- Wasser ist lebensnotwendig. Viele Organismen bestehen zu 70% aus Wasser. Reißt die Wasserversorgung ab, sterben die Organismen
- Nicht überall ist das so: Es gibt Organismen, die nur mit minimalen Wassermengen überleben. Schon 1 Tropfen, würde den Tod des Organismus bedeuten.
- ideales Medium für biologische Aktivitäten
- der Zellinhalt aller Organismen besteht aus einer wässrigen Lösung, welche ch. Reaktionen unterstützt und Wachstum sowie Fortpflanzung der Zellen ermöglicht
- Wasser wirkt ausgleichend aufs Klima
- Dient als Indikator für extraterrestrisches Leben. Seit dem Wasser auf dem Mars nachgewiesen wurde, wird eine weitere Mission zur Erforschung von fremden Lebensformen geplant

4. Energie

- primitive Organismen wie Diatomeen oder Algen, beziehen Energie aus Sonnenlicht
- andere Organismen beziehen Energie durch den Abbau von Mineralen und nutzen die gelösten chemischen Substanzen
- die meisten Organismen erhalten dadurch Energie, dass sie andere Lebewesen fressen (heterotroph)
- durch Energie können einfach gebaute Moleküle wie Kohlendioxid und Wasser, zu komplexeren, größere Molekülen wie Kohlenhydrate und Proteine synthetisiert werden
- kleine Moleküle können durch Energie zu komplexen Molekülen umgebaut werden!

10) Was versteht man unter Stoffwechsel? Nennen Sie 2 Beispiele für Stoffwechselprozesse!

Stoffwechsel ist ein Prozess, um Ausgangssubstanzen in Endprodukte zu überführen. Organismen nehmen kleine Moleküle wie CO_2 , H_2O , CH_4 auf, und bauen mit Hilfe von Energie größere Moleküle wie Kohlenhydrate auf, welche diesen Organismen ihre Lebensfunktionen, ihr Wachstum, und ihre Vermehrung ermöglichen. Andere Kohlenhydrate (wie Glukose), werden später als Energiequelle, dh. als Nahrung verwendet.

1 Photosynthese als Stoffwechselprozess

- grüne Organismen verwenden die Energie der Sonne, um aus Wasser und Kohlendioxid der Luft, Kohlenhydrate, z. Bsp. in Form von Zucker und Sauerstoff zu erzeugen.
- auch eine wichtige Gruppe von Bakterien betreibt Photosynthese: Cyanobakterien

2 Dissimilation / Atmung als Stoffwechselprozess

Aus Sauerstoff aus der Luft und Zucker, erzeugen atmende Lebewesen durch Atmung Wasser, CO_2 (sicht- und messbar beim Ausatmen), und Energie. Die Atmung kann als inverse Photosynthese gesehen werden.

Andere Organismen, die nur schwer an Sauerstoff herankommen, z. B. Lebewesen in den Meeren, müssen die im Wasser gelösten sauerstoffhaltigen Verbindungen abbauen (SiO_2), um an Sauerstoff zu kommen. Dabei entstehen einige Gase wie Methan, Wasserstoff oder Schwefelwasserstoff

→ Somit ist das ein weiteres Beispiel dafür, wie selbst kleinste Lebewesen, durch O_2 Ausscheidung bei der Atmung, die Oxidationsverwitterung in Gesteinen beschleunigen, oder durch Methanausscheidung das globale Klima beeinflussen können (Vgl. Frage 1/2).

11) Was sind biogeochemische Kreisläufe?

- ein biogeochemischer Stoffkreislauf beschreibt den Weg, den ein chemisches Element oder eine Verbindung, durch die biologischen und umweltbedingten Komponenten eines Ökosystems, nimmt.
- Organismen tauschen im kleinen und globalen Rahmen ständig Materie und Energie mit Ihrer Umwelt aus.
- Sind für das Verständnis von Mechanismen wichtig, die mit den evolutionären Ereignissen im Verlauf der Erdgeschichte verbunden sind.
- Sind für unsere Kenntnisse entscheidend, wie durch die Aktivität der Menschen Elemente und Verbindungen in die Atmosphäre und Ozeane gelangen.

12) Was wissen Sie über Mikroorganismen?

- Einzeller, Bakterien, einige Pilze und Algen sowie die Protozoen gehören zu der Gruppe der Mikroorganismen.
 - Man findet sie überall dort, wo es Wasser gibt, zudem bis in Höhen von 10.000 Meter und bis in Tiefen von 5.000 Meter
 - Sie sind nur 1/1000 mm groß
 - Sie besiedeln nahezu alle Bereiche, selbst siedend heiße Quellen oder in der tiefsten Gefrornis
 - Mensch nutzt ihre Aktivität zur Brot, Wein, Käse, Antibiotika- und Arzneimittelherstellung
 - Mikroorganismen sind die wahren Herrscher der Erde
 - Ihr Vorkommen schwankt zwischen 1000 und 1.000.000.000 / Kubikzentimeter
 - genetisch vielseitigste Gruppe der Erde
 - genetische Unterschiede der Mikroorganismen sind größer, als die zwischen Tieren und Pflanzen
 - die Diversität ist wichtig, da sie den Mikroorganismen Lebensräume eröffnet, die für andere tödlich wären.
- Selbst der Transport durch den Weltraum ist für Mikroorganismen überlebar. (Siehe biogene Sedimentation – Panspermie – Leben aus dem Kosmos)

13) Was sind Gene?

Gene sind große Moleküle, die in Zellen aller Organismen vorhanden sind und sämtliche Informationen über den Organismus wie Aussehen, Lebensweise, Fortpflanzung, bestimmen. Gene enthalten die grundlegenden Erbinformationen, die von Generation zu Generation weitergegeben werden.

14) Was versteht man unter dem Stammbaum des Lebens?

Biologen vergleichen die Gene der verschiedenen Organismen innerhalb einer spezifischen Gruppe, um auf diese Weise eine hierarische Abfolge von Vorfahren und Nachkommen aufzuzeigen und um daraus den allgemeinen Stammbaum des Lebens zu erstellen. Bis heute hat man so 3 Gruppen von Organismen definiert.

15) Welche 3 Gruppen von Organismen gibt es?

Die ersten Gruppen waren die Bakterien und die Archaea. Es sind einzellige Mikroorganismen. Die Eukarioten, zu denen auch alle Tiere und der Mensch zählen, entstanden wesentlich später und unterscheiden sich durch einen wesentlich komplexeren Zellaufbau inkl. Zellkern. Sie ermöglichen es, größere, vielzellige Organismen zu bilden – ein wesentlicher Schritt der Evolution von Tieren und Pflanzen.

16) Was sind Extremophile? Welche Arten kennen Sie?

Organismen, die in extremen Lebensräumen leben, wo andere sterben würden. Sie atmen teilweise giftige Stoffe wie Salpetersäure, Schwefel, Arsen oder Uran. Sie ernähren sich ua. auch von Erdöl und toxischen Abfällen:

Acidophile:

Leben in stark säurehaltigen Milieus. Sie haben eine Möglichkeit entwickelt, in die Anreicherung von Säuren in ihren Zellen zu verhindern.

Thermophile:

Leben in extrem heißen Bereichen. Ideal bei 50 bis 70 Grad. Unter 20 Grad ist das Wachstum nicht möglich. Ihre Lebensräume sind heiße Quellen wie auch der mittelatlantische Rücken. Leben sie bei über 80 Grad, spricht man von hyperthermophilen Organismen.

Halophile

Leben in salzhaltigem Milieu mit Salzgehalten über dem 10-fachen des normalen Salzes. Sie gedeihen in großen Salzseen, im Toten Meer, oder in Salzgärten, in denen Meerwasser zur Salzgewinnung verdunstet. Sie können den Salzgehalt in den Zellen konstant halten. Ein typisches Pigment der Tiere färbt diese Bereiche rosa.

Anaerobe Organismen

Leben im Milieu ohne Sauerstoff am Grund von Teichen, Seen, Sümpfen oder dem Meer. Aerobe Organismen leben meist direkt an der Grenzschicht Sediment-Wasser, und verbrauchen dort den Sauerstoff zur Atmung, was dazu führt, dass nur wenige cm darunter anaerobe Bedingungen und Organismen zu finden sind. Die Grenze ist meistens sehr scharf (millimetergenau) begrenzt.

17) Interaktion zwischen Mikroorganismen, Mineralen und Gesteinen – beschreiben Sie die Ausfällung von Mineralen (mikrobielle Biomineralisation) aus Lösungen!

Mikroorganismen spielen eine wichtige Rolle innerhalb der Geologie, z. B. beim Ausfällen und Auflösen von

Mineralen sowie beim Materiefluss wichtiger Elemente innerhalb der Erdkruste.

Es gibt eine

- direkte Ausfällung als Folge des Stoffwechsels und eine
- indirekte Ausfällung als Folge des Wachstums

Zur direkten Ausfällung (Stoffwechsel)

kommt es innerhalb der Zelle, wenn durch Enzyme Minerale direkt zur Energiegewinnung ausgefällt werden (Eisen oder Manganoxide)

Zur indirekten Ausfällung

kommt es, wenn auf der Oberfläche von Organismen während ihres Wachstums, gelöste Minerale aus einer übersättigten Lösung ausgefällt werden. Dazu kommt es, da es auf Oberflächen von Organismen Bereiche gibt, an denen gelöste Minerale gebunden werden können. Viele Mikroorganismen werden durch diesen Vorgang lebendig begraben.

→ Unter anaeroben Bedingungen ist es den Organismen NICHT möglich, Atmung zu betreiben, da kein Sauerstoff vorhanden ist. Daher müssen sie den gebundenen Sauerstoff der Sulfationen im Porenwasser freisetzen. Erst dann können sie durch diesen Umweg Energie gewinnen. Dabei entsteht das nach faulen Eiern riechende Gas Schwefelwasserstoff.

Im letzten Stadium reagiert dabei Schwefelwasserstoff mit Eisenoxid in Form von Pyrit. Pyrit ist in Sedimenten, die wie beispielsweise Schwarzschiefer große Mengen organisches Material enthalten, sehr häufig. Viele Schwarzschiefer werden in große Tiefen versenkt und die darin enthaltenen organischen Substanzen gehen in Erdöl und Erdgas über.

18) Welchen Vorteil hat die direkte Ausfällung von Magnetitmineralen im inneren der Organismen?

- sorgt für bessere Orientierung der Organismen und vieler anderer Lebewesen wie auch die Honigbienen über das Magnetfeld der Erde. (Auch der Geodynamo beeinflusst somit die Biosphäre).

19) Auflösung von Mineralen durch Mikroorganismen – nennen Sie 2 Beispiele!

- Phosphor (wichtig zum Aufbau biologisch wichtiger Moleküle) – verfügbar durch das Auflösen von Mineralen wie Apatit

- Eisen – muss durch das Lösen der Minerale in unmittelbarer Nähe der Organismen gewonnen werden

→ Die Auflösung ist generell ein langsamer Prozess

20) Was kann die Auflösung von Mineralen beschleunigen?

Biofilme: Anreicherungen von Organismen um das Mineral bzw. um die Grenzflächen von Aggregatzuständen und auch innerhalb dieser (Wasser-Öl).

21) Welche Funktionen haben Mikroorganismen für globale biogeochemische Kreisläufe?

Die mikrobielle Fällung ist ein Beispiel für einen globalen biogeochemischen Vorgang: Eisen und Sulfitionen werden als Pyrit ausgefällt, der in Sedimenten häufig auftritt. Später wird Pyrit als Sedimentgestein eingeschlossen. Wenn die Sedimentgesteine wieder an die Oberfläche gelangen, beginnen sie zu verwittern. Dabei gehen Eisen und Sulfitionen wieder in Lösung oder werden in neue Minerale eingebaut. So gehen sie einen weiteren biogeochemischen Kreislauf ein.

-> Mikroorganismen lassen die Böden zunehmend versauern und heizen so die Verwitterung an

-> Fällung von Carbonatmineralen: wichtig für globale CO₂-Speicherung und Kationenspeicherung wie CA+MG²⁺.

22) Was sind Mikrobienmatten?

- sind schichtförmig aufgebaute Gemeinschaften von Mikroorganismen. Sie treten in Wattgebieten, hypersalinen Lagunen und in Thermalquellen auf sowie nur da, wo Tiere und Pflanzen ihr Wachstum nicht stören.

Aufbau von Mikrobienmatten

- Oberste grüne Schicht: aerobe Zone: In ihr leben sauerstoffproduzierende Cyanobakterien. Sie gewinnen ihre Energie durch Photosynthese und sind auch deshalb grün.

- Untere Schichten: anaerobe Bereich: meist gräuliche Schichten bis dunkelgrau. Diese Schichten enthalten keinen Sauerstoff mehr, sind biologisch aber sehr aktiv. Anaerobe Organismen sind heterotroph, da sie ihre Energie durch den Abbau organischer Substanzen erhalten, die von den Cyanobakterien in der oberen Schicht produziert wurden.

Zum besseren Verständnis von Mikrobienmatten:

Mikrobienmatten sind kleine biogeochemische Kreisläufe. Diese können auch im großen Maßstab genauso ablaufen:

In einer Mikrobienmatte gewinnen Photosynthese betreibende autotrophe Orgas ihre Energie aus Sonnenlicht und verwandeln den im Kohlendioxid vorhandenen Kohlenstoff der Atmosphäre in größere Moleküle, wie etwa in Kohlenwasserstoffe zwecks Wachstums, um. Nach dem Absterben dieser Orgas, verwenden tiefer lebende Orgas der anaeroben Zone den Kohlenstoff der abgestorbenen Orgas als Energiequelle. Diese verwandeln dann einen Teil dieses Kohlenstoffs in CO₂, das wieder der Atmosphäre zugefügt wird und von der nächsten Generation Orgas zwecks Photosynthese verwendet wird usw...

Im Regenwald ist es auch so:

Der gesamte Regenwald, lässt sich als Photosynthesefabrik beschreiben, die der Atmosphäre CO₂ entzieht und

riesige Mengen Kohlenhydrate produziert. Stirbt der Wald ab, verarbeiten am Boden lebende heterotrophe Organismen die abgestorbene Substanz unter Freisetzung von CO₂ in die Atmosphäre.

23) Was sind Stromatolithen?

- Sedimente mit einer Feinschichtung als mögliches Produkt fossiler Mikrobenmatten
- älteste Fossilien der Welt - zeigen Einblick auf eine Welt, die von ihnen beherrscht wurde
- jede Stromatolithlage zeigt eine Sedimentationsschicht
- können aber auch Produkt der Ausfällung selbst sein, also selbstsedimentbildend

24) Wonach richtet sich die Periodenabgrenzung in der geologischen Zeitskala?

- nach Veränderungen der Umwelteinflüsse sowie in der Folge nach großen Massensterben oder dem Auftreten von neuen Arten:

Archaikum (Äon): Durch Anreicherung von Sauerstoff gab es erste Photosynthese betreibende Organismen

Hadaikum (Äon): Begrünung durch erste Landpflanzen

25) Warum und wie ist das Leben entstanden?

Hier finden Sie mehr unter der "Biogenen Sedimentation"

- Wie das Leben aus **unbelebter Materie** entstanden ist, ist in letzter Konsequenz **nicht bekannt**. Über Fossilabfolgen kann man höchstens Hypothesen über das Wie überprüfen:
- Die Frage nach der Entstehung des Lebens muss nicht primär auf der Erde geklärt werden, da es durchaus möglich ist, dass das Leben durch Bakterien oder feinste Sporen aus dem All auf die Erde kam und es sich hier weiterentwickeln konnte, ähnlich wie ein Baumsamen durch die Luft verbreitet wird in einer geeigneten Nische gute Lebensbedingungen findet.
- Warum das Leben faktisch aus unbelebter Materie entstanden ist, ist mit Wissenschaft auch nicht zu erklären. Das Wunder des Lebens scheint weiter ein Wunder zu bleiben.

26) Was ist der Ursprung allen Lebens?

Mikroorganismen. Sie gab es schon längst bevor sich überhaupt mehrzelliges Leben auf der Erde entwickeln konnte.

27) Ab wann sind erste Mikroorganismen, Spuren des Lebens, in Gesteinen überliefert?

Ab 3,5 Milliarden Jahren

28) Ab wann sind erste Fossilien über mehrzelliges Leben in Gesteinen überliefert?

Ab 1 Milliarden Jahre

29) Was ist eine Urzelle?

- Baustoffe der Urzelle waren Aminosäuren, die aus der Ursuppe des Lebens entstanden waren
- Urzelle hatte die Möglichkeit zum Wachstum und zur Fortpflanzung
- Urzelle konnte genetische Infos weitergeben und enthielt genetisches Material, das aus Aminosäuren Proteine entwickeln konnte, die für die Selbsterhaltung nötig waren.
- bestand aus kohlenstoffreichen Verbindungen
- Gesteine liefern bei der Frage über die Entstehung der Urzelle keine Antwort, weil es zu lange her ist. Ein Erklärungsansatz bieten die Chemiker mit der **präkambrischen Ursuppe** des Lebens
- Alle Mikroorganismen sind aus einer Urzelle hervorgegangen

30) Was besagt der legendäre Miller-Versuch über die Entstehung von Leben aus unbelebter Materie?

Evolutionisten sind der Meinung, dieser Versuch sei ein Meilenstein auf der Suche nach dem Ursprung des Lebens. Miller hatte sich in den 50er Jahren eine einfache apparative Anordnung ausgedacht, mit welcher er versuchte, die reduzierende Uratmosphäre, die zu Beginn der Erdentwicklung vorgelegen haben soll, zu simulieren. Miller war der Meinung, die Uratmosphäre wäre reduzierend gewesen mit einem großen Anteil an Methan. In seinem Versuchsaufbau gab er daher ein Gemisch aus u.a. Methan, Ammoniak, Wasserstoff (zur Simulation der Uratmosphäre) und Wasserdampf (zur Simulation des Meeres) in eine Kammer, in welcher er elektrische Entladungen erzeugte, die eine Energiequelle der Uratmosphäre neben der Sonne, z.B. Blitze, darstellen sollte. Unterhalb der Kammer befand sich ein wassergekühlter Kondensator, an welchem das Gemisch kondensierte und anschließend aufgefangen wurde.

→ In verschiedenen Schritten (Kühlung, Destillation,..) entstanden unter der Wirkung von Energie in mehreren Stufen **abiotische Makromoleküle**, d.h. Moleküle, die NICHT durch biologische, sondern rein durch chemisch-physikalische Prozesse entstanden sind. Der Versuch beweist, wie der **Weg zum Leben**, (nicht das Leben selbst) aus der Uratmosphäre wahrscheinlich abiotisch, dh. ohne biologische Produktion, gegebnet wurde.

31) Was sind Aminosäuren?

Grundbestandteile aller Proteine, einschließlich derjenigen, die für die Entwicklung, das Überleben und die Fortpflanzung von Organismen erforderlich sind.

Diese Entdeckung zeigte, dass in der Ursuppe des Lebens Aminosäuren häufig gewesen sein mussten. Die

Urzelle musste also genetisches Material enthalten haben, das aus Aminosäuren Proteine entwickeln konnte, die für die Selbsterhaltung nötig waren.

32) Entstehung des Lebens auf Exoplaneten durch Aminosäuren - welche Beweise gibt es dafür?

Als Beweis für die Entstehung von Leben auf Exoplaneten durch Aminosäuren, nahm man den Murchison-Meteoriten, der in Murchison in Australien einschlug. Er enthielt etwa 20 der im Labor erzeugten Aminosäuren, sogar im erwarteten Mengenverhältnis! Es ist also sehr wahrscheinlich, dass außerirdisches Leben auf vielen Exoplaneten durch ähnliche Prozesse entstanden sein könnte, wie auf der Erde, auch wenn man irdisches Leben hierbei nicht als Maß aller Dinge, sondern nur als ein Produkt von Leben, unter vielen im Kosmos, betrachten sollte. Ein Planet ohne Sauerstoff ist in der Lage, Aminosäuren zu produzieren. Daher nimmt man an, dass eine sauerstofffreie Atmosphäre auf der Erde kein Hindernis für die initiale Entstehung von Leben war.

33) Wann entstand das Leben?

Das Leben entstand vor ca. 3,5 Milliarden Jahren: Kleine Stromatolithen (siehe Mikrobenmatten) liefern die besten Hinweise auf die Lebensformen der damaligen Zeit. Da sie so klein sind, werden sie auch als Mikrofossilien beschrieben. Sie wurden in Kieselschiefern überliefert. Unsicherheiten bestehen darin, wie diese ersten Mikroorganismen ihre Energie und ihre Nährstoffe gewonnen haben. Einige Forscher gehen davon aus, dass die ersten Organismen des Stammbaums chemoautotrophe hyperthermophile Organismen waren, und ihre Energie aus der Oxidation anorganischer Stoffe gewonnen haben und an heißen Quellen (z. Bsp. wie im mittelozeanischen Rücken) lebten. Hier gab es zwar kein Sonnenlicht, chemische Substanzen aber im Überfluss.

34) Chemofossilien und Eukaryoten - was sind erste Hinweise auf Eukaryoten?

Die Form und Größe der Mikroorganismen lassen aufgrund ihrer Größe nur sehr eng begrenzte Infos zu.

Chemofossilien bringen hier Klarheit:

Chemofossilien sind Reste organischer Verbindungen, die zu Lebzeiten der Organismen produziert worden sind, sich aber nach ihrem Tod nur sehr schwer abbauen lassen, wie z. Bsp. die **Cholesterin**. Cholesterin ist als **Biomarker** ab 2,7 Milliarden Jahren kennzeichnend für erste Eukaryoten, eine höher entwickelte Organismengruppe. Vielzellige Eukaryoten, einschließlich der Tiere, entwickelten sich jedoch erst viel später bei beginnender Sauerstoffanreicherung in der Atmosphäre.

35) Beschreiben Sie die Entstehung des atmosphärischen Sauerstoffs!

Nachdem erste Eukaryoten entwickelt waren, fehlte noch der Sauerstoff für erste mehrzellige Tiere. Interessanterweise führte die Entwicklung der Bakterien (innerhalb dieser die Cyanobakterien), also eine völlig andere Organismengruppe, dazu, dass Organismen Photosynthese betrieben haben, die so den ersten nötigen Sauerstoff vor ca. **2,7 Milliarden Jahren** herstellten. Erst durch diese außerordentliche Veränderung der Umwelt durch Cyanobakterien und die Veränderung der Atmosphäre zu einer sauerstoffreichen Atmosphäre, konnten sich die Eukaryoten schließlich zu Tieren weiterentwickeln. Das zeigt, wie schon in der frühesten Zeit der Evolution Wechselwirkungen zwischen 2 völlig getrennten Organismengruppen zum Fortschritt der Evolution maßgeblich beigetragen haben.

Die Phase der Sauerstoffanreicherung in der Atmosphäre lässt sich in 2 Phasen gliedern, die durch eine Stagnation von etwas mehr als 1 Milliarde Jahren getrennt waren:

1. Phase:

Die 1. Phase der Sauerstoffproduktion setzte vor **2,7 Milliarden** Jahren mit der Entwicklung der Cyanobakterien ein. Zu einer ersten Anreicherung des produzierten Sauerstoffs kam es ab ca. **2,4 Milliarden** Jahren. Der Grund, warum sich der Sauerstoff nicht sofort anreichern konnte ist, dass der produzierte Sauerstoff zuerst mit dem Eisen im Meerwasser reagierte, und sich als Bändereisenerzlagen am Meeresboden absetzte und so der Atmosphäre nicht zur Verfügung stand. Dieser Vorgang dürfte so lange angehalten haben, bis alles Eisen aus den Ozeanen verbraucht war. Erst dann konnte sich der Sauerstoff in der Atmosphäre anreichern. Eisen ist nur dann im Wasser löslich, wenn der Sauerstoffgehalt in der Atmosphäre sehr gering ist, was er zu dieser Zeit noch war. Am Ende der ersten Phase vor 2,1 bis 1,8 Milliarden Jahren, kam es zur Bildung von Rotsedimenten. Die meisten dieser **Rotsedimente** sind fluviatile Ablagerungen im terrestrischen Milieu und zeigen, dass es in der Atmosphäre ausreichend Sauerstoff gegeben haben muss, so dass es zur Ausfällung von Eisenoxidzementen kommen konnte.

Eine Phase der Stagnation: Die Phase der Stagnation dauerte ca. 1 Milliarden an, in der es zu keinen Bedeutenden Veränderungen kam.

2. Phase: Zum Ende der Stagnation, treten vor etwa 590 Millionen Jahren zum Ende des Präkambriums und kurz vor dem Beginn des Kambriums (System im Äonthem des Phanerozoikums), plötzlich die ersten wirklich großen Tiere auf. Zudem zeigen Schichtfolgen, dass der Sauerstoffgehalt erheblich zugenommen, und sein heutiges Niveau erreicht haben muss.

Die Ursache der 2. Phase der Sauerstoffanreicherung ist unbekannt, jedoch ist sicher, dass die Evolution kurz darauf alle modernen Tiergruppen hervorbrachte und das **Phanerozoikum – das Äonthem des sichtbaren Lebens** einleitete - eine Welt voller großer, komplexer und vielzelliger Organismengruppen bis heute.

36) Was beweist die erste Sauerstoffanreicherung von 2,4 Milliarden Jahren, die zwischen 2,1 und 1,8 Milliarden Jahren ein erstes Maximum erreichte?

Das erste Maximum der Sauerstoffanreicherung, steht zeitgleich mit Hinweisen auf erste Eukaryoten, die im Gegensatz zu den bis dahin existierenden, um den Faktor 10 größer waren und als direkte Folge des zunehmenden Sauerstoffs gesehen wird.

37) Was versteht man unter Radiation?

- vergleichsweise rasche Entwicklung neuer Organismen aus einem gemeinsamen Vorfahren

38) Was versteht man unter der kambrischen Radiation / Explosion des Lebens?

Ab der Grenze Präkambrium / Kambrium und im Kambrium müssen sich plötzlich Hartteile produzierende Organismen entwickelt haben.

- durch die kambrische Radiation / Explosion des Lebens sind viele Stämme des heutigen Tierreiches entstanden
- der Stammbaum der Tiere ist zwar ein eigenständiger Stammbaum, er ist jedoch auch nur ein Ast der 3 Hauptstammbäume, die das Leben beschreiben: Bakteria, Archaea und die Eukarya, zu denen auch alle Tiere und der Mensch zählen.

--> Alle Organismen werden nach ihren Merkmalen klassifiziert, wie z. B. ihrer Form. Was den Tieren ermöglicht hat, plötzlich derart komplexe Formen zu entwickeln, ist unbekannt. Die Evolution zeigt, dass sich Organismen allmählich durch den **Prozess der natürlichen Auslese** den sich verändernden Umweltbedingungen anpassen und so die Biodiversität ansteigt. Eine Hypothese geht davon aus, dass es durch Veränderungen der Gene möglich war, eine artevolutionäre Barriere zu überwinden, mit nachfolgend neuen zahlreichen Möglichkeiten und Funktionen wie der Skelettbildung, so dass es durch den Konkurrenzdruck auch andere Tiere machen mussten.

39) War die kambrische Explosion des Lebens ein Trugschluss?

Es musste bereits vor dem Kambrium Bindeglieder zwischen Mikroorganismen und dem komplexen Leben gegeben haben. Man vermutet sedimentäre Diskordanzen, die diese Bindeglieder "verstecken" bzw. uns nicht zugänglich machten. Diese **"Missing Links"** wurden später aber neu entdeckt und daher wird die kambrische Radiation nicht mehr als eine Art plötzliche Explosion des Lebens verstanden!

- ein weiterer Grund für den Trugschluss war die geringe Größe der Bindegliederorganismen, welche sich zunächst zwischen Sandkörnern in Flachwassermeeren aufhielten.

- zusammenfassend nimmt man an, dass die kambrische Evolution ein Zusammenspiel von genetischen und umweltbedingten Faktoren war.

40) Ein Massensterben in der Erdgeschichte brachte das Ende der Dinosaurier. Was war die Ursache? Wie gravierend war es?

- Massensterben an der K/T-Grenze (Kreide/Tertiär) vor 65 Millionen Jahren

- es löschte ca. 75% aller lebenden Arten an Land und im Meer aus. Neben den Dinosauriern, starben auch viele im Wasser lebende Reptilien oder Pflanzenarten wie auch das Plankton aus.

Ursache:

- Kometeneinschlag mit 10 km Durchmesser, der durch dünne Iridium-Sedimentschichten weltweit vor ca. 65 Millionen Jahren nachgewiesen wurde, (Sedimentschichten aus Iridium z. B. auch in Italien)

- extraterrestrischer Staub in Sedimenten vor 65 Millionen Jahren als Beweis für einen kosmischen Einschlag

- der Einschlag bildete den Chicxulub-Krater mit 200 km Durchmesser und 1,5 km Tiefe. In der Nähe des Einschlags erreichten die Trümmer bis zu 100 Meter hohe Ablagerungen, in 2000 km Entfernung noch bis zu 1 cm.

Folgen: Tsunamis mit einer Höhe von 1000 Meter (Vgl. Köln liegt auf 55 Meter Höhe, München auf 513 Meter); Orkane, durch Impaktstaub verdunkelte sich die gesamte Atmosphäre, brennende Trümmer hinterließen weltweit Großbrände und erhitzen die Atmosphäre in der Folge

- der Einschlag des Asteroiden passierte unter einem Winkel von 20 bis 30 Grad mit einer Geschwindigkeit von 49.392 km/h, was der 40-fachen Schallgeschwindigkeit entspricht.

- glühend heiße Gesteine schossen mit 40.000 km/h aus dem Krater heraus in die Atmosphäre

- Dann war keine Photosynthese mehr möglich: Autotrophe Pflanzen und Mikroorganismen starben, dann auch die Dinosaurier und andere Tiere mangels fehlender Nahrung.

- dieser kosmische "Zwischenfall" ebnete aber auch den zukünftigen Weg für die weitere Entwicklung der Säugetiere und letztlich für die Existenz der Menschen.

41) Was war das größte Massenaussterben in der Erdgeschichte?

- Massensterben am Ende des Perms vor exakt 251 Millionen Jahren; nahezu 95 % aller Arten verschwanden.

Es gibt aber keine eindeutige Erklärung, wie es dazu kam. Es gibt nur verschiedene Hypothesen wie:

- Aufschlag eines Kometen bzw. Zunahme des Sonnenwindes

- Zunahme der Vulkanaktivität, Abnahme des Sauerstoffs in den Ozeanen

- Plötzliche Freisetzung von CO₂ oder Methan aus den Ozeanen (extreme Klimaerwärmung)

--> Möglicherweise ist es kein Zufall, dass das Alter mancher Flutbasalte in Sibirien ebenso 251 Millionen Jahre zeigt. Solche Flutbasalte bestehen aus riesigen Lavaergüssen, die innerhalb eines vergleichsweise kurzen Zeitraumes an der Erdoberfläche ausgeflossen sind. Bei der Eruption der sibirischen Basalte, wurden nach radiometrischen Altersbestimmungen ca. 2 Millionen m³ Lava gefördert, die eine Fläche der Größe Europas überfluteten. Mit diesem Ausbruch war eine gigantische Menge an CO₂ und Schwefeldioxid in die Atmosphäre abgegeben worden.

- andere große Eruptionen, hatten jedoch kein Massenaussterben zur Folge. Daher kann der Vulkanausbruch, muss aber nicht Grund für das Massensterben gewesen sein

- wichtig ist es, dass es bei allem Massensterben zum Kollaps der Ökosysteme gekommen ist, was sich durch den Einfluss des Menschen in rel. naher Zukunft wiederholen kann.

42) Eine globale Erwärmung durch die Freisetzung von Methan bei der Paleozän / Eozän- Grenze, brachte ein weiteres Massensterben. Was war die primäre Ursache und welche (positiven) Folgen hatte die Klimaschwankung?

Ein weiteres Massensterben an der Grenze Paleozän / Eozän vor 55 Millionen Jahren, hatte keine extraterrestrische Ursache, sondern wird auf ein primäres Ungleichgewicht der Ökosysteme durch eine Anreicherung von Klimagasen (v.a. Methan) in der Atmosphäre und eine darauf einsetzende, massive globale Erwärmung zurückgeführt. Selbst wenn wärmere Klimaphasen günstig für das Leben auf der Erde waren, war die Schnelligkeit der Erwärmung eher kontraproduktiv.

Wie winzige Mikroorganismen die Saat der Katastrophe sähen:

Durch die Atmung von Mikroorganismen, kommt es zur Anreicherung von festen Methan in Sedimentporen, die als Gashydrate bezeichnet werden. Das sog. Methaneis reichert sich so lange an, bis die Temperatur in der Tiefsee nicht über 3 Grad steigt. Wird es wärmer, kommt es zur Freisetzung des Methans und zu einer positiven Klima-Rückkopplung.

Nachdem sich das Meerwasser um 6 Grad erwärmte, kam es zum Abtauen des Methaneises und zur Entgasung in die Atmosphäre. Bis zu 2 Billionen Tonnen Methan wurden so in nur 10.000 Jahren freigegeben. Ebenso kam es ferner zum tödlichen Rückgang des Sauerstoffs in der Atmosphäre, da Methan mit Sauerstoff CO_2 reagiert, ua. mit verheerenden Auswirkungen auf die Ozeane.

Rückkehr zu Normalverhältnissen:

Nach der Katastrophe dauerte es 100.000 Jahre, bis die Erde wieder einen Normalzustand erreichte. Das warme Klima verursachte Palmenwuchs in Südengland und Laubwälder bis auf 80° n.Br. Dank dem warmen Klima, sind die Säugetiere weiter aufgestiegen, das gilt auch für die Primaten – die Vorfahren der Menschen.

43) Wie groß sind die heutigen Methanlagerstätten?

- heute gibt es bis zu 1 Billion Tonnen Methan in Permafrost- und Subpolargebieten, in den Weltmeeren finden sich noch deutlich größere Mengen. Insgesamt wird das Methanvorkommen auf 10 bis 20 Billionen Tonnen geschätzt.

44) Exobiologie – Suche und Wissenschaft nach außerirdischen Leben – gibt es Leben auf anderen Planeten?

Nach irdischen Maßstäben, könnte Leben überall entstanden sein, wo Wasser und Kohlenstoff erste Aminosäuren gebildet haben.

Kein anderes Element kann so viele komplexe Verbindungen eingehen, wie Kohlenstoff. Flüssiges Wasser stellt ebenso ein stabiles Reaktionsmittel dar, in der kohlenstoffhaltige Moleküle der frühen Erde – und auch anderen Planeten im Kosmos – miteinander reagieren und größere organische Moleküle wie etwas Aminosäuren bilden können. Darüber hinaus sind Kohlenstoffverbindungen im Weltraum weit verbreitet. Auch die habitable Zone(n) (bewohnbare Zone(n) um eine Sonne bzw. um das Zentrum einer Galaxie) ist ein wichtiges Kriterium für exoplanetares Leben, zumindest so wie wir es kennen(!). Damit ist der Abstand des Planeten zum Zentralgestirn gemeint, der günstige Klimabedingungen, wie z. Bsp. flüssiges Wasser, bestimmt. Unsere Erde befindet sich genau in diesem Abstand zur Sonne. Ebenso gibt es eine habitable Zone um das Zentrum unserer Galaxie: In der Nähe des Galaxiezentrums, ist das Sternenrecycling (Supernova) zu hoch, und die Strahlung zu stark für Leben. Auf anderen Planeten könnten aber ganz andere chemische Zustände und physikalische Parameter (auch wenn – zumindest in unserem Universum - die ch. und phy. Gesetze überall gleich sein dürften) zu einem völlig fremden Leben geführt haben, das nicht unbedingt auf Kohlenstoff basieren muss. Schon befinden wir uns in einer völlig neuen Dimension bei der Betrachtung von Leben- und Lebensmöglichkeiten im Kosmos. Die Exobiologie, also die Wissenschaft über exoplanetare Lebensformen, wird in Zukunft einen rasant wachsenden Forschungsschwerpunkt in der Naturwissenschaften und der Weltraumforschung erleben. Das wird noch einige Überraschungen für uns bereithalten, nicht nur, weil täglich neue Exoplaneten entdeckt werden. Die Exobiologie wird eines der anspruchsvollsten Forschungsgebiete der Zukunft überhaupt und unser naives Verständnis von irdischem und kosmischem Leben revolutionieren.

45) Ist Leben auf dem Mars möglich?

Der Marsroboter Opportunity, entdeckte Sedimente mit großen Mengen an Sulfatmineralen, darunter auch das ungewöhnliche Eisensulfat Jarosit. Jarosit entsteht bei der Umwandlung von Sulfatmineralen unter der Bildung von Schwefelsäure, aus der Jarosit dann ausfällt. Es scheint daher, dass das Wasser auf dem Mars sauer gewesen sein müsste, das die Vorstellungen von irdischem Leben auf dem Mars zwar erschwert, aber nicht ausschließt. Ferner könnte sich durchaus Leben im Eis der Eiskappen des Marses noch bis heute befinden. Ebenso wird Leben unter dem Eis des Jupitermonds Europa in den bis zu 100 km tiefen Meeren aus flüssigem Wasser „befürchtet“ so dass dort einige Expeditionen bereits in Planung sind. Das größte Problem wird neben dem technischen Aufwand sein, zu versuchen, dass man das Meer nicht mit irdischen Bakterien kontaminiert.