

Textgrundlage für eine

Große Erzählung von der Entwicklung des Universums II

zweite Stufe – konzipiert für das Entwicklungsalter von 11-, 12-jährigen Kindern

Vorbemerkung

Diese Erzählung ist die anspruchsvollste und komplexeste der großen Erzählungen, die wir in unserer Praxis benutzen. Sie bringt viele Themenbereiche in einen noch größeren Zusammenhang. Weil die Inhalte der Erzählung zum Teil sehr abstrakt sind und nicht auf Erfahrung basieren können, erzählen wir die Geschichte – ausnahmsweise – von der Gegenwart in die Vergangenheit. So können die beteiligten Kinder beim Bekannten anknüpfen und ins Unbekannte vordringen. (Am Schluss der Erzählung gehen wir in der anderen Richtung vom Urknall bis heute und lesen die Zeitalter-Karten als kurze Wiederholung.)

Wir benutzen als visuelle Unterstützung ein 13,8 Meter langes Stoffband, auf dem bei jedem Meter eine Milliarde Jahre markiert ist und auf das wir im Verlauf der Erzählung Abbildungen und Gegenstände legen – zunächst eine verkleinerte Zeitleiste »Linien des Lebens«, dann Dinge, die die Kinder vom Erzählband zur Entwicklung des Sonnensystems kennen, Abbildungen von Galaxien, Sternen, das Atommodell, usw.

Was die Frühzeit des Universums angeht, ist die wichtigste Quelle für die aktuelle Fassung dieser Erzählung das Geo-Kompakt -Heft Nr. 51 »Die Geburt des Universums« vom Mai 2017. Besonders die Darstellungen zum Urknall sind gut vereinfacht und wunderschön. Vor allem benutzen wir die Illustrationen für den ersten quintilliardstel Teil einer Sekunde, das erste hunderttausendstel einer Sekunde, die ersten 5 Minuten und die ersten 100 Millionen Jahre – sozusagen als vier miteinander verbundene »Lupen« (sie sind weder linear noch maßstabsgerecht). Weil wir für die Geo-Kompakt-Illustrationen von Tim Wehrmann die Bildrechte nicht bekommen, können sie nicht veröffentlicht werden. Jede/r Kolleg/in kann das Heft aber selbst erwerben und die Illustrationen in der eigenen Klasse benutzen. Hilfe kann man bekommen, wenn man eine Mail an thomas.helmle@freenet.de schreibt.

Im folgenden Text sind Handlungsanweisungen in Kursivschrift eingefügt – auf zusätzliche Erklärungen oder Fachbegriffe für Erwachsene oder für Kinder, die über eine hohe Auffassungsgabe verfügen, verweisen Fußnoten.

Wir haben die Erzählung so knapp gehalten wie möglich. Weil es aber viele komplexe Themenbereiche zu erzählen gibt, ist sie vergleichsweise lang und beinhaltet viele Informationen, die für die meisten Kinder neu sind. Weil die Erzählung für entwicklungs-ältere Kinder ab 10 Jahren konzipiert ist, kann man sie nach unserer Erfahrung gut unterbrechen und in zwei oder drei Teilen an aufeinanderfolgenden Tagen erzählen.

Im Anschluss an die Erzählung gibt es vier weiterführende Fragestellungen. Die Frage nach dem Warum? und »Was war vor dem Urknall?« ist die wichtigste.

Einleitung

Wir leben – wie ihr natürlich alle wisst – auf der Erde. (*Land-Wasser-Globus an den Anfang des Bandes legen – Gegenwart*) Die Erde ist ein Planet in einem Universum voll leuchtender Himmelskörper. In klaren Nächten können wir mit bloßem Auge Tausende von Sternen sehen. Sie alle gehören zu einem Ausschnitt der Milchstraße, unserer Heimat-Galaxie.

Wenn wir Ferngläser, Fernrohre oder Fotoapparate benutzen, sind noch weit mehr Sterne sichtbar. Wir entdecken dann, dass es sogar Millionen und Milliarden von Sternen sind, aus der unsere Milchstraße besteht.

(*Die folgenden Fotografien und die die Karte mit der Spiralgalaxie an den Anfang des Bandes legen – Gegenwart.*)



Abb. 1: Das Zentrum der Milchstraße – verdeckt von kosmischen Gas- und Staubwolken
Fotografie von Gerhard Liebel, <http://blog.liebel.info/wp-content/uploads/milchstrasse2.jpg>

Nur an einer einzigen Stelle – im Sternbild Andromeda – können wir mit bloßem Auge

eine andere Galaxie sehen – die Andromeda-Galaxie. Sie ist unsere direkte Nachbar-Galaxie. Die Andromeda-Galaxie ist $2 \frac{1}{2}$ Millionen Lichtjahre von uns entfernt und besteht wahrscheinlich aus 1000 Milliarden Sternen! Man könnte jetzt meinen, dass so viele Sterne ausreichen für unser Universum. Aber weit gefehlt: Mit

dem Hubble-Teleskop, das außerhalb der Erdatmosphäre um die Erde kreist, wurde dieses Foto gemacht:

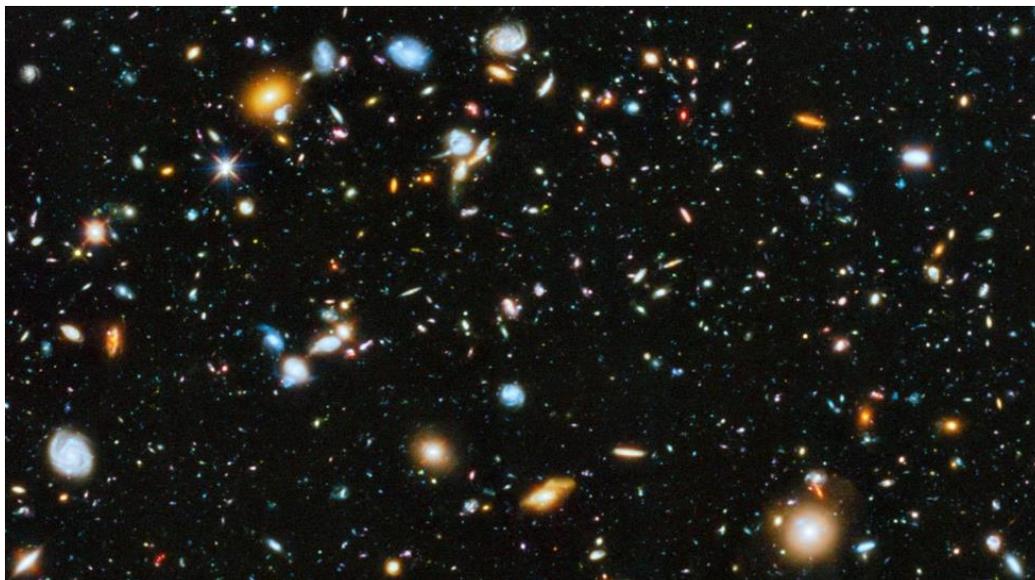


Abb. 2: Aufnahme mit dem Hubble Space-Teleskop von 1997

Schon auf dem Bildausschnitt kann man Hunderte von Galaxien sehen. Aber die Astronominen und Astronomen haben bisher im ganzen Weltall schon 200 Milliarden Galaxien gezählt – jede von ihnen mit Milliarden von Sternen – unglaublich!

So sieht das Weltall also heute aus: unzählige Galaxien mit jeweils Abermillionen von Sternen, Planeten, Monden usw. Die Galaxien sind meistens weit voneinander entfernt. Das Universum ist riesig!

Das war aber nicht immer so.

Wir machen eine Reise zum Anfang der Zeit. Kommt ihr mit?

Höher entwickeltes Leben

Zeitalter des höher entwickelten Lebens auf der Erde

von 700 Millionen Jahren bis heute

oder

13,7 Milliarden Jahre nach dem Urknall

Zeitalterkarte 1

Beginnen wir unsere Reise zum Anfang der Zeit mit der Zeitleiste »Linien des Lebens« (*die auf 70 cm Länge verkleinerte Zeitleiste legen*). Hier seht ihr, wie sich das höher entwickelte Leben auf der Erde entwickelt hat: Sehr jung sind die Gänseblümchen und die Menschen. Davor entwickelten sich alle sechs Reiche des Lebens: Tiere, Pflanzen und Pilze, Einzeller, Bakterien und Archaeen (*mit dem Finger auf die jeweiligen Reiche zeigen*). Tiere, Pflanzen und Pilze entstanden vor etwa 700 Millionen Jahren.

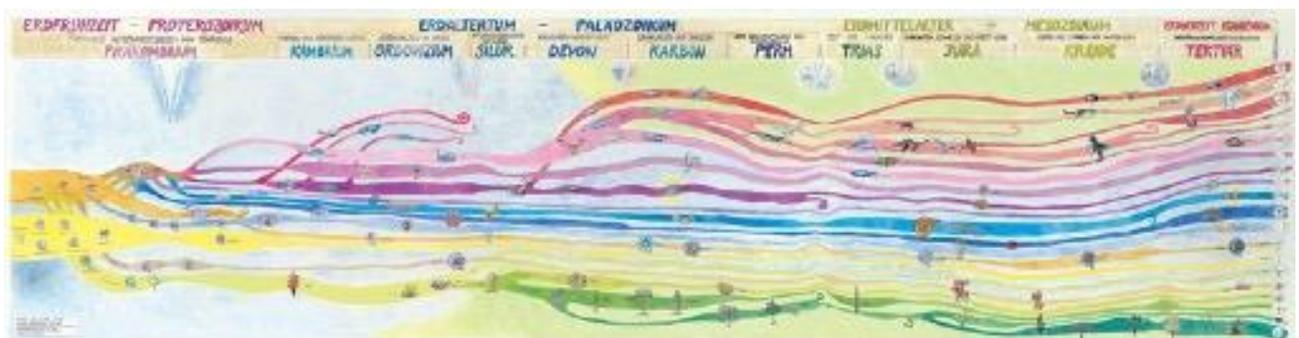
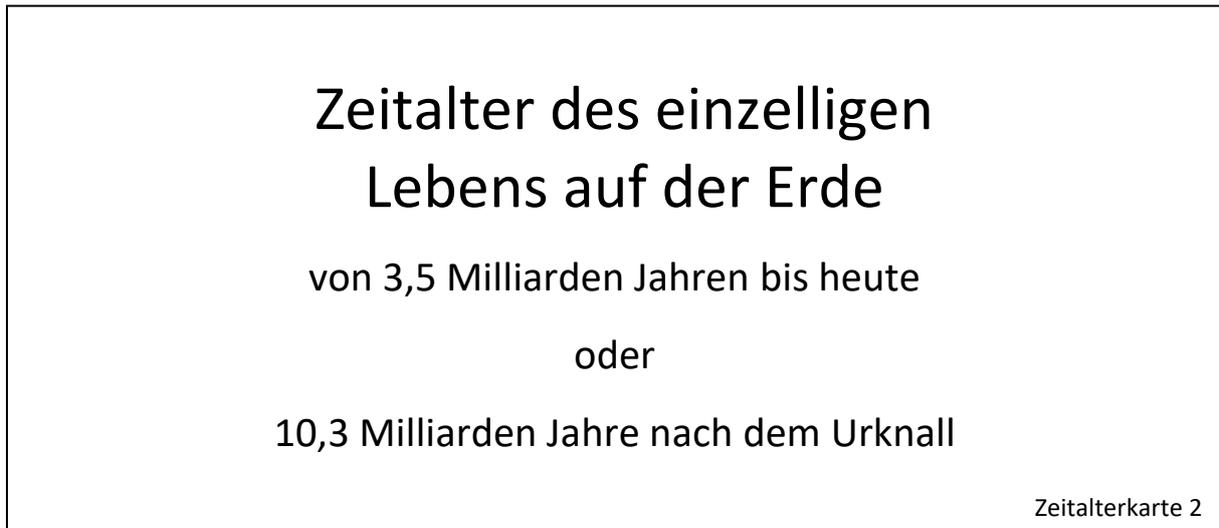


Abb. 3: Zeitleiste Linien des Lebens

Einzelliges Leben



Die eukaryotischen Einzeller – Einzeller mit einem Zellkern – entwickelten sich vor 1,5 Milliarden Jahren (*Abbildung Einzeller hinlegen*) – und davor die Archaeen und Bakterien vor etwa 3,5 Milliarden Jahren (*Abbildungen Bakterien und Archaea hinlegen*).

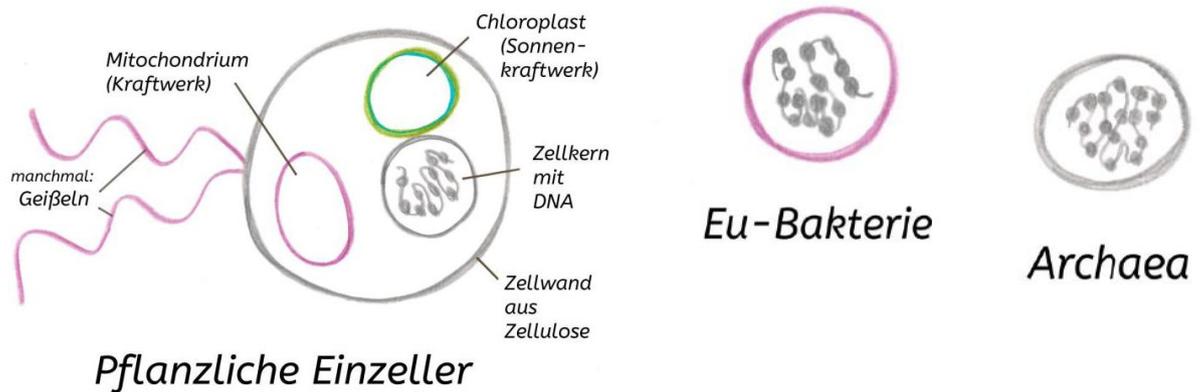
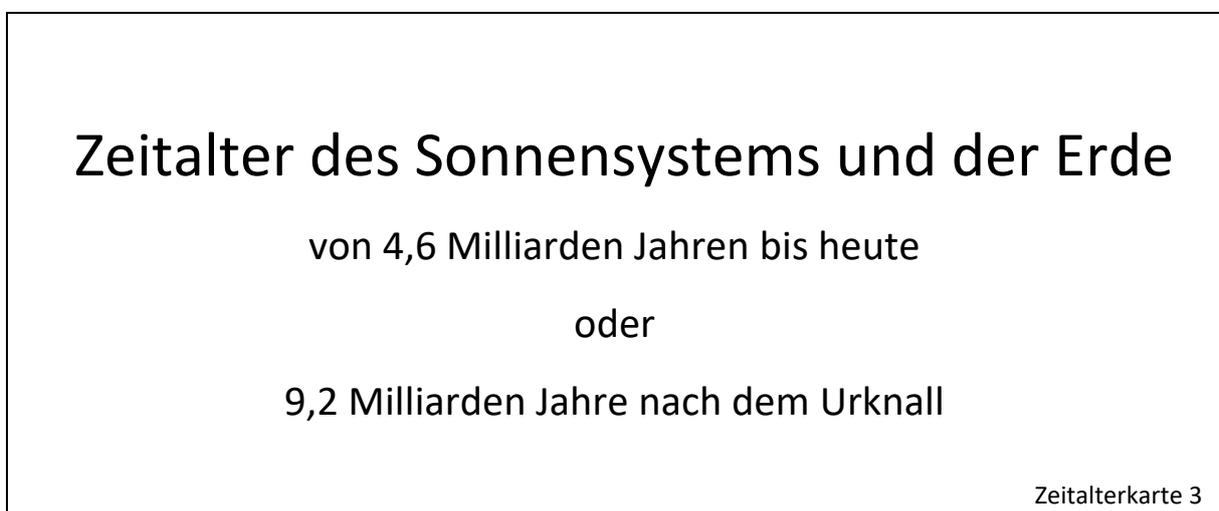


Abb. 4, 5 und 6

Die Entstehung unseres Sonnensystems und der Erde



Vor 4 600 Millionen ist in unserer Gegend des Weltalls ein riesiger Stern explodiert – in einer Supernova. Er hat eine gewaltige Gas- und Staubwolke übrig gelassen. Diese Wolke enthielt Wasserstoff, Helium, Lithium und auch schon große Mengen von schwereren Elementen: Kohlenstoff, Sauerstoff, Eisen, Silber, Gold, ... Aus dieser Wolke ist unsere Sonne mit ihren acht Planeten entstanden.



Abb. 7

Abb. 8

Zunächst begann sich die Wolke zu drehen und zusammenzuziehen. Die Schwerkraft hat bewirkt, dass sich die kleinen Teilchen im Zentrum der Wolke zusammengezogen und verdichtet haben – bis ein neuer Stern, unsere Sonne »gezündet« hat.

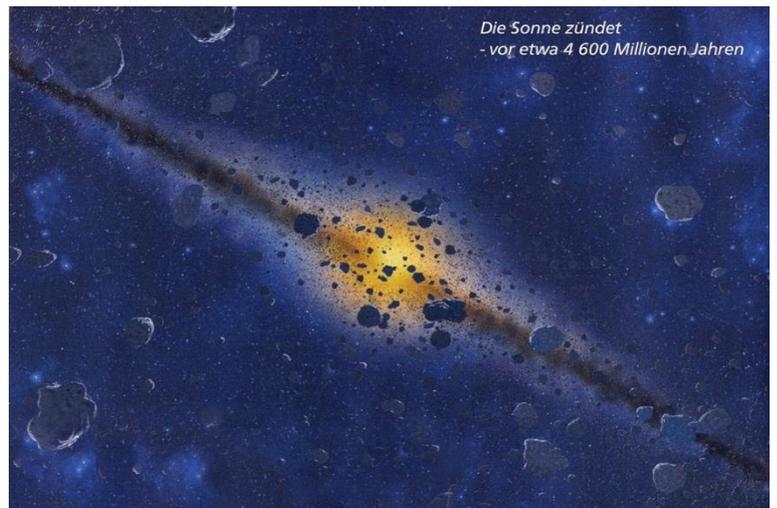


Abb. 9



Auch In den äußeren Bereichen der Scheibe bewirkte die Schwerkraft, dass sich kleine Teilchen gegenseitig angezogen haben – zunächst klebten die kleineren zusammen, später sind die größeren Teile aufeinandergeprallt und miteinander verschmolzen. Die um die Sonne kreisenden Himmelskörper wurden so immer größer, bis schließlich die acht kugelförmigen Planeten, viele Kleinplaneten und tausende unregelmäßig ge-

formte Himmelskörper des Asteroiden-Gürtels entstanden waren. (*Planetenmodell und Sonnenscheibe auf das Band stellen/legen*)



Abb. 10

Einer der acht Planeten war die Erde, unser Heimatplanet. Die frühe Erde sah ganz anders aus als die heutige.

Unsere Sonne: ein kleiner Stern in der dritten Sternen-Generation

Zeitalter der jungen, metallreichen Sterne (Sterne der dritten Generation)

von etwa 6 Milliarden Jahren bis heute

oder

7,8 Milliarden Jahre nach dem Urknall

Zeitalterkarte 4

Unsere Sonne ist schon 4 600 Millionen Jahre alt. Sie gehört zu den vergleichsweise jüngeren Sternen, die es derzeit im Universum gibt. Sie ist ein kleiner Stern, obwohl sie doch im Vergleich zur Erde riesengroß ist¹. Kleinere Sterne wie unsere Sonne haben den Vorteil, dass sie länger »leben« als größere.

Man kann Sterne in Generationen einteilen: Die Großeltern waren die Sterne der ersten Generation, die Eltern-Sterne gehören zur zweiten. Die Kinder der Eltern/die Enkel der Großeltern sind die dritte Sternen-Generation. Dazu gehört unsere Sonne.

Alle Sterne bestehen im Wesentlichen aus den leichten Elementen Wasserstoff und Helium. In den Sternen der dritten Generation kommen viele verschiedene, auch sehr schwe-

¹ 1,4 Millionen Kilometer im Durchmesser

re Elemente vor: die Metalle und Schwermetalle.

Die Sonne und alle Sterne des Universums »brennen« zunächst aus dem leichtesten Element Wasserstoff das viermal so schwere Element Helium. Alle Sterne bauen aus leichteren schwerere Elemente zusammen. Man nennt das »Kernfusion«.

Bei einer Kernfusion wird unglaublich viel Energie frei. Wir können diese Energie als Licht-, Wärme- und andere Strahlung im Weltraum wahrnehmen. Ihr wisst ja: Ohne die Strahlen unserer Sonne könnte kein Lebewesen auf der Erde leben.

Die jungen, metallreichen Sterne entstanden vor allem in den Scheiben und Spiralarmen der Galaxien, als diese schon so groß und geordnet waren, wie sie es heute noch sind².



Abb. 11: Teil des Sternenhimmels (~280°) bei Brandenburg an der Havel um Mitternacht. Panoramabild aus 14 Einzelbildern. <https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Leviathan1983>

Die zweite Sternen-Generation

Zeitalter der vielen kleineren Sterne

(Sterne der zweiten Generation)

von etwa 11,8 Milliarden Jahren bis heute

oder

2 Milliarden Jahre nach dem Urknall

Zeitalterkarte 5

Aus den Staub- und Gaswolken, die die ersten Sterne nach ihrem »Tod« übriggelassen hatten, waren neue Sterne entstanden: Eltern-Sterne³.

² ... seit etwa 6 Milliarden Jahren.

³ ... die »Population II-Sterne«



Abb. 12: Der Kugelsternhaufen M13 im Sternbild Herkules besteht aus vielen Eltern-Sternen.

(Bildquelle: Wikipedia M 13, Guisepe Donatiello CCO 1.0 – gemeinfrei)

Die größeren dieser Eltern-Sterne haben – wie alle großen und schweren Sterne – in Kernfusionen alle Elemente bis zum Eisen gebrannt⁴.

Sie sind am Ende ihres *Lebens* in Supernovae explodiert. Dabei entstanden noch schwerere Elemente als das Eisen – z. B: Silber, Gold, Blei und Uran – und wurden in den Weltraum geschleudert.

So haben Sterne die 94 verschiedenen Elemente – also alle natürlichen Bausteine/Atome der Welt – hergestellt, aus denen alles besteht: die Luft, die wir atmen, das Wasser, das wir trinken, der Boden, auf dem wir stehen und auch alle Lebewesen – die Pilze, Pflanzen, Tiere und wir selbst, jede einzelne Zelle unseres Körpers.

Weil die Eltern-Sterne aus mehr Metallen bestanden und diese stärker kühlten – Metalle leiten Wärme und Kälte gut, entstanden bis um die zwei Milliarden Jahre nach dem Urknall vor allem kleinere Sterne – aber dafür unzählbar viele! Diese Eltern-Sterne ließen das Universum heller werden.

Zeitalter der ersten Sterne und Galaxien

Zeitalter der ersten Sterne und Galaxien

(Sterne der ersten Generation)

von etwa 13,7 Milliarden Jahre bis heute

oder

100 bis 200 Millionen Jahre nach dem Urknall

Zeitalterkarte 6

Die ersten Sterne im Universum waren ungemein groß und reich an Masse, sehr heiß und leuchtkräftig – viel größer als die Sonne. (*Bild legen*).

⁴ z. B. 2 Wasserstoffe zu Helium, 2 Helium-Atome zu Beryllium, Helium und Beryllium zu Kohlenstoff, Kohlenstoff und Helium zu Sauerstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff zu Silizium, 2 Silizium-Atome zu Eisen.

Abb. 13: Diese künstlerische Darstellung zeigt CR7, eine sehr alte und weit entfernte unregelmäßige Galaxie, die mit dem Very Large Telescope der ESO entdeckt wurde.

Herkunftsnachweis: ESO/M. Kornmesser



Die Lebensdauer der Sterne der ersten Generation⁵ war vergleichsweise gering: Nur zwei oder drei Millionen Jahre konnten sie ihre Strahlung und ihr Licht aussenden – das ist wenig für einen Stern. In dieser Zeit haben sie – wie alle sehr großen Sterne – in andauernden

Kernfusionen Wasserstoffe zu Helium gebrannt, später dann Beryllium, Kohlenstoff, Neon, Sauerstoff, Silizium und Eisen. Auch die kleineren Großeltern-Sterne wurden am Ende ihres »Lebens« in Supernovae auseinandergerissen und haben dabei die in ihrem Inneren entstandenen Elemente in den Weltraum geschleudert und dabei noch schwerere Elemente hergestellt. (*Elemente-Kasten hinstellen*)

Bei den Großeltern-Sternen gab es wahrscheinlich auch viele, die viel viel größer waren als unsere heutige Sonne⁶. Solch ein riesiger Stern konnte in seiner Supernova keine Elemente in den Raum hinausschleudern. Die Schwerkraft war zu stark. Sie bewirkte, dass alle Teilchen festgehalten wurden. Der Riesenstern fiel also in sich zusammen und wurde zu einem Super-Schwarzen Loch. Diese gewaltigen Schwarzen Löcher wurden später zu den Mittelpunkten der Galaxien. Bis heute entstehen Schwarze Löcher bei einer Supernova von sehr massereichen Sternen.

Vor etwa 13 Milliarden Jahren ordneten sich Sterne nach und nach in jeweils einer Scheibe. Sie bewegten sich um das Zentrum mit einem gigantischen schwarzen Loch. Vorher hatten sich diese Sterne kreuz und quer auf ihren Bahnen durch den Raum bewegt. Diese frühen Galaxien waren noch wenig geordnet. Man nennt sie deshalb »unregelmäßige Galaxien«, man kann auch von »Vor-Galaxien« sprechen⁷. (*auf Bild von oben rückverweisen oder genähte Karte legen.*)

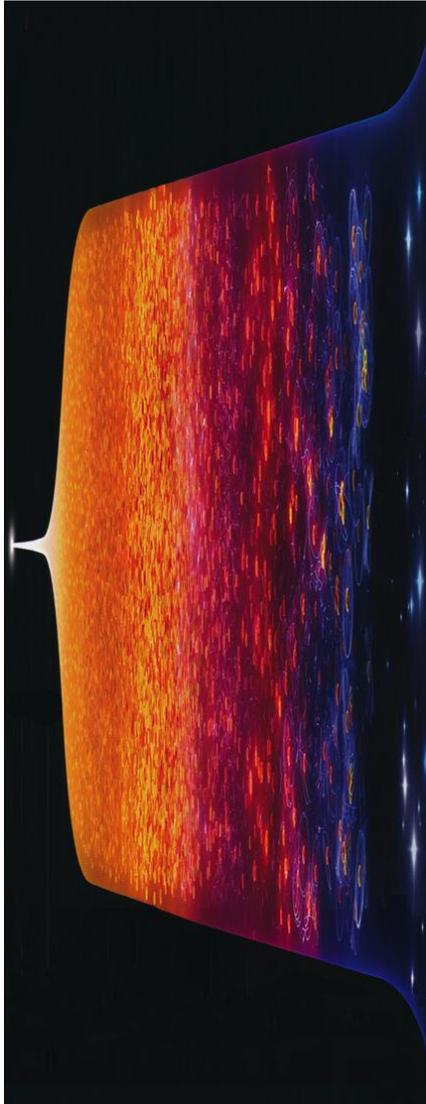
Seit diesen ersten Sternen – den Großeltern-Sternen – vor 13 700 Millionen Jahren, fehlen uns nur noch 100 Millionen Jahre der Geschichte des Universums – 10 Zentimeter an diesem Band.

(*Bild »Urknall in 4 Lupen gestaucht an den Anfang des Stoffbandes legen.*)

⁵ »Population-III-Sterne

⁶ 250 mal größer!

⁷ »Proto-Galaxien« ist der Fachausdruck



Für diese 10 Zentimeter machen wir einen Richtungswechsel, ich erzähle ab jetzt von der Vergangenheit aus in Richtung Gegenwart.

Wir springen direkt zum Anfang, dem »Urknall«. Und weil am Anfang alles nur sehr sehr kurz gedauert hat und unglaublich schnell ging, brauchen wir 4 »Lupen«, die die 10 Zentimeter vergrößern

(»Urknall – 4 Lupen – Arbeitskarte« ausrollen und die Bildkarten aus GEOkompakt jeweils dazulegen.)

Abb. 14: Urknall gestaucht

Fangen wir am Anfang an, bei Null. Das zeigt uns die erste Lupe:

0. Urknall (Zeitleiste und 1. Lupe)

Der Urknall – Beginn von Raum und Zeit und Urkraft

Urknall

vor 13,8 Milliarden Jahren

oder

0 Sekunden (s) nach dem Urknall

Zwischenbemerkung: Ich erzähle die ersten Sekunden, Minuten und Jahre unseres Universums stark zusammengefasst. Falls ihr euch genauer damit befassen wollt, könnt ihr mit den Bändern zu den 4 Lupen und der Kartei genauer untersuchen, was damals passiert ist.

Unser Weltall entstand aus einem winzigen Punkt – scheinbar aus dem Nichts in einer Art Explosion, dem »Urknall«.

Alles war in diesem winzigen Punkt ganz, ganz dicht beieinander; es war sehr sehr heiß.

Mit dem Urknall entstanden die Zeit (jetzt – früher – später) und der Raum (alle vorstellbaren Orte). Dieser klitzekleine Punkt enthielt die Voraussetzungen für alles, was du heute auf der Erde und im ganzen Weltall findest. Unglaublich! (*Bild 0.0 legen*)

1. Entfaltung (Zeitleiste und 1. Lupe)

Entfaltung

von 13,8 Milliarden Jahren bis 10^{-33} (quintilliardstel) Sekunden

oder

0,000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 001 s

nach dem Urknall

Zeitalterkarte 8

Wie es im winzig kleinen Universum ausgesehen hat, können Wissenschaftler nicht berechnen. Sie können darüber auch nichts Gesichertes sagen⁸. Man kann nur vermuten: Im Inneren des winzigen Punktes müssen unvorstellbar hohe Temperaturen geherrscht haben. Wahrscheinlich sind seltsame Teilchen in einem »Urbrei« umhergeschwirrt, die von einer rätselhaften »Urkraft« gelenkt wurden. (*Bild 1.0, 1.1 und 1.2 legen*)

Weil sich das winzig kleine Universum weiter ausgedehnt hat, kühlte der »Teilchenbrei« ab. Obwohl es noch unvorstellbar heiß war, trennte sich ganz am Anfang der ersten Sekunde eine der vier Naturkräfte von der Urkraft ab: die »Schwerkraft« (rosafarbene Spiralen) Dabei entstanden riesige Mengen an Energie.

Die Teilchen zogen sich gegenseitig an und das Universum wurde in seiner Ausdehnung etwas gebremst. Am Ende der Schwerkraftzeit war das Weltall aber immer noch unfassbar klein: viel kleiner als ein Atomkern.

Ein mächtiges Energie-Feld erfüllte anschließend das winzig kleine Weltall. Das Feld wurde von Teilchen gebildet: den Inflatonen (gelb). Sie wirkten der Schwerkraft entgegen und

⁸ Man nennt diese sehr kurze Zeit das »Planck-Zeitalter«. Diese dauerte wahrscheinlich 10^{-43} Sekunden, das sind 10 Septilliardstel einer Sekunde!

beschleunigten die Ausdehnung des Weltalls: Das winzig kleine All blähte sich plötzlich unglaublich auf – im Bruchteil einer Sekunde, einem Wimpernschlag.

(Manche Kinder verwirrt der Vergleich (deshalb eher weglassen), manchen hilft er aber auch: Ein falscher Vergleich: von der Größe eines Stecknadelkopfes vergrößerte sich das Universum auf die tausendfache Größe des heutigen Universums, am Ende dieser Zeit war das Universum »nur« so groß wie ein Medizinball, also war es zu Beginn viel vile viel kleiner als ein Stecknadelkopf!)

2. Teilchengeburt (Zeitleiste und 2. Lupe)

Teilchengeburt

von 13,8 Milliarden Jahren bis 10^{-5} (hunderttausendstel) Sekunden

oder

0,000 01 s nach dem Urknall

Zeitalterkarte 9

Im folgenden Bruchteil einer Sekunde zerfielen die Inflatonen. Es entstanden zwei Gruppen von **Elementarteilchen**: Kraft-Teilchen, die in den Naturkräften wirken, und Materie-Teilchen⁹. Die Materieteilchen hatten echte Gegner, die »Anti-Materieteilchen«.

All diese Teilchen waren auf kleinstem Raum zusammengepackt – so unglaublich eng und dicht, dass dieser noch kleine Weltraum unglaublich schwer war (viel, viel schwerer als das Schwerste, das wir uns denken können). Und er war unglaublich heiß (viel, viel heißer als das Heißeste, das wir uns vorstellen können).

Auf die neuen Teilchen wirkte die Schwerkraft anziehender als auf die früheren Inflatonen. Diese Anziehung wirkte der Ausdehnung entgegen. Deshalb dehnte sich das Weltall jetzt wieder langsamer aus. (*Bild 2.0 und 2.1 legen*)

Das Weltall war inzwischen ungefähr so groß geworden wie unser Sonnensystem heute.

Die Schwerkraft gab es ja schon. Aber jetzt spalteten sich drei weitere Naturkräfte aus den Resten der »Urkraft« ab:

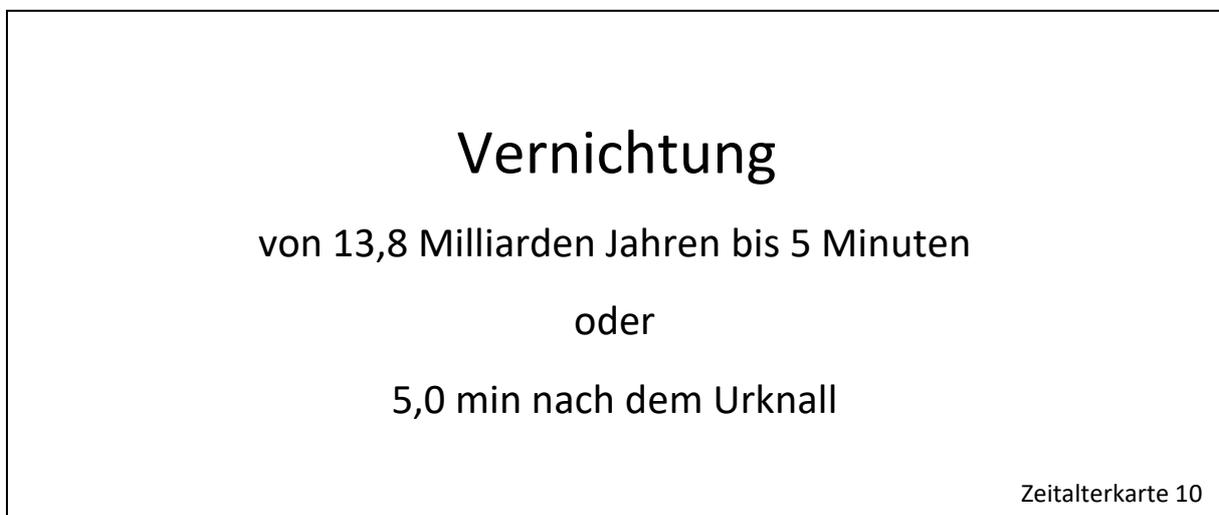
- die »Starke Kernkraft«
- die »Schwache Kernkraft« und
- die »Elektromagnetische Kraft«

⁹ Sie bestimmen die Massen.

So sind bereits nach einer hunderttausendstel Sekunde alle vier Kräfte, die heute noch die Naturgesetze bestimmen, vorhanden:

1. Schwerkraft – alle Massen im Universum ziehen sich gegenseitig an, zum Beispiel Sonne und Erde
2. Starke Kernkraft – sie hält die Bausteine der Atomkerne zusammen
3. Schwache Kernkraft – sie ist für die Kernfusionen in den Sternen und auf der Erde für die Radioaktivität wichtig
4. Elektromagnetische Kraft – sie kann anziehen und abstoßen und ist zum Beispiel für Magnetismus, Licht, Elektrizität und chemische Bindungen verantwortlich

3. Vernichtung (Zeitleiste und 3. Lupe)



Langsam dehnte sich das Universum weiter aus, bis es eine Größe von mehreren Milliarden Kilometern erreicht hatte. Das All kühlte weiter ab, sodass sich stabilere und **größere Teilchen** bilden konnten: Protonen und Neutronen entstanden aus jeweils drei Elementarteilchen, die untereinander über Kraftteilchen verbunden sind. Anti-Protonen und Anti-Neutronen bildeten sich aus jeweils drei Anti-Materieteilchen – genau spiegelverkehrt! *(Bilder 3.0 bis 3.4 legen)*

Die neuen Teilchen waren aber nicht von Dauer. Wenn die winzigen Materie- und Antimaterie-Teilchen aufeinander trafen, **vernichteten sie sich gegenseitig** und zerstrahlten zu Lichtteilchen, die man »Photonen« nennt. Die Zahl der Protonen und Neutronen nahm sehr stark ab.

Erst als alle Antiteilchen aufgebraucht waren, stoppte die Vernichtung. Es waren glücklicherweise noch Protonen und Neutronen übriggeblieben.

Stellt euch vor, wir Menschen hätten solche Gegner: Wenn ich als Thomas auf einen Anti-Thomas treffe, dann zerstrahlen wir beide sofort zu Licht - schrecklich!

Dass Protonen und Neutronen übriggeblieben sind, war sehr sehr gut. Denn sonst gäbe es heute keine Galaxien, keine Himmelskörper, keine Erde mit ihren Lebewesen und auch uns nicht, denn alles besteht aus diesen Teilchen!

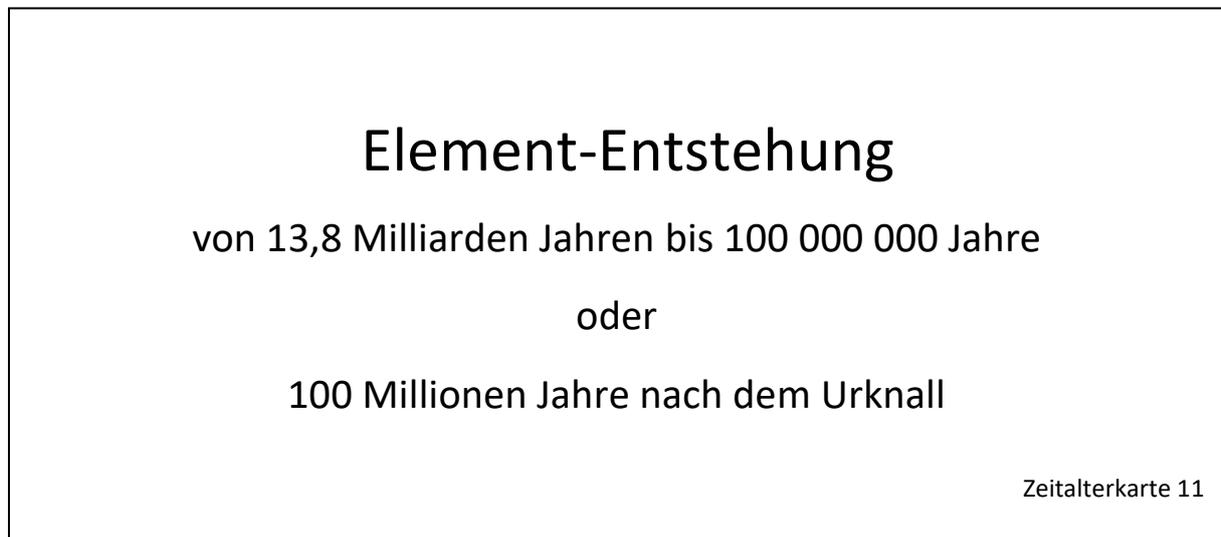
Das Weltall war inzwischen riesig groß geworden¹⁰. Und weil das All immer weiter abgekühlte, blieben ab etwa 2 Minuten nach dem Urknall Protonen und Neutronen aneinander haften und formten etwas Neues: **Atomkerne** von 4 Elementen:

- ein Proton allein (oder auch zusammen mit einem Neutron) ergab einen Wasserstoff-Kern
- zwei Protonen und ein oder zwei Neutronen bildeten einen Helium-Kern
- Lithium-Kerne
- Beryllium-Kerne

Dieses Zeitalter dauerte bis etwa fünf Minuten nach der Geburt unserer Welt.

*(Kinder oder Erzähler*in bauen Wasserstoff und Helium-Kerne mit Atommodell)*

4. Element-Entstehung – Zeitleiste und 4. Lupe



Nachdem viele Neutronen und Protonen zu Atomkernen verschmolzen waren, begann eine lange Phase der Abkühlung. Die nächsten Minuten, Tage, Jahre und Jahrtausende gab es keine großen Veränderungen im Universum.

Nur hin und wieder begannen negativ geladene Elektronen positiv geladene Atomkerne zu umkreisen. Doch sie wurden immer von umherfliegenden Photonen aus dieser Bahn geworfen.¹¹ *(Bild 4.0 und 4.1 legen)*

Dann aber, 380 000 Jahre nach dem Urknall, war das Universum auf *nur noch* etwa 2700 Grad abgekühlt¹². Alle Teilchen wurden langsamer. Die Photonen flogen zwischen den Atomen hindurch und trafen nur selten auf die Elektronen.

Die Elektronen blieben nun auf ihren Umlaufbahnen um den Atomkern. **Erste stabile**

¹⁰ Es hatte einen Durchmesser von 500 Billionen Kilometern erreicht.

¹¹ Weil auch die Lichtteilchen immer wieder an andere Teilchen stoßen, wechseln sie ständig ihre Richtung – so wie das Licht einer Taschenlampe im Nebel nicht weit kommt. Das Universum gleicht einem milchig trüben heißen Brei.

¹² Das ist immer noch heißer als das heißeste Feuer, das ein Schmied machen kann, unser Gasbrenner ist im Mantel der Flamme etwa 1000 Grad Celsius heiß.

Atome waren entstanden! So entstanden die ersten Elemente: Wasserstoff, Helium, Lithium und Beryllium. Diese vier Elemente bildeten später die Bausteine der Sterne und Galaxien.

(Kinder ergänzen beim Conatex-Atommodell den Wasserstoff- und Helium-Kern um die Elektronen, so dass richtige Atome entstehen: »Elemente«)

Weil die Elektronen jetzt nicht mehr von ihren Bahnen abgelenkt wurden, wurde das Universum durchsichtig.¹³ Zunächst leuchtete es in einem rötlichen Licht.¹⁴

In den folgenden Jahrtausenden wurde es immer kälter, weil sich der Raum immer weiter auseinander bewegte.¹⁵ Die Lichtstrahlen wurden immer dunkler und schwächer. Es war **finster und kalt** geworden im All.¹⁶ *(Bild 4.2 legen)*

Die Gasnebel im Universum, die vor allem aus Wasserstoff und Helium bestanden, waren nicht ganz gleichmäßig verteilt. Es gab Orte im All – Nebel –, in denen sich etwas mehr Atome befanden als im umgebenden Raum.

Die Schwerkraft bewirkte, dass diese Nebel im Lauf der Zeit immer mehr Atome anzogen und immer dichter wurden. Je dichter die Teilchen im Gasnebel beieinander waren, desto heißer wurden sie – bis schließlich, etwa 100 Millionen Jahre nach dem Urknall, **die ersten Sterne** im bis dahin dunklen All zündeten. Das Licht kam in die Welt! *(Bild 4.3 legen)* ... und wie es mit dem Weltall weiterging, wisst ihr schon.

Jetzt können wir gemeinsam am Erzählband den fast 15 Meter langen Weg vom Urknall bis heute noch einmal gehen und dabei jeweils die Zeitalter-Karten lesen, bzw. wiederholen – aber nur die unteren Zeitangaben.

Schlussbemerkung

Ich habe euch im großen Überblick erzählt, was die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler heute über die Geschichte des Universums und des Urknalls wissen. Das ist viel! Trotzdem kennt man viele Dinge noch nicht¹⁷. Vielleicht werden einige von euch Wissenschaftlerinnen oder Wissenschaftler, die über das Universum forschen, so dass man diese Geschichte in 10 oder 20 Jahren etwas anders und besser erzählen kann. *(Hoffentlich lebe ich dann noch und erfahre die Neuigkeiten von euch!)*

¹³ Es war, als hätten sich in einem hell leuchtenden Nebel die Wassertröpfchen aufgelöst.

¹⁴ Dieses uralte Licht von damals kann man heute noch als »Kosmische Hintergrundstrahlung« mit speziellen Antennen messen. Es ist -270° C (3° Kelvin) kalt und kommt aus allen Richtungen.

¹⁵ Nach 12 Millionen Jahren war die Temperatur auf minus 273 Grad Celsius gesunken. Das ist der absolute Kältepunkt.

¹⁶ Dieses dunkle Zeitalter können die Astronominnen und Astronomen heute nicht beobachten. Weil es kein »altes Licht« aus dieser Zeit gibt, können sie auch keines auffangen.

¹⁷ Zum Beispiel über »dunkle Materie« und »dunkle Energie«, die man noch nicht nachweisen kann.

Nachbetrachtungen (für die teilnehmenden Kinder an den folgenden Tagen)

1. Vom Alter des Lichts (auch geeignet als kleine Erzählung zum Galaxien-Material)

Vielleicht wisst ihr schon, dass die Lichtgeschwindigkeit wahrscheinlich die höchste Geschwindigkeit ist, die es überhaupt geben kann: 300 000 Kilometer in der Sekunde. Wenn Lichtstrahlen im Bogen um die Erde herum fliegen könnten, hätte Licht in einer Sekunde (*»einundzwanzig« sprechen*), schon siebeneinhalbmal die ganze Erde umrundet.

Das von der Sonne geliehene Licht, das der Mond zu uns schickt ist etwas älter als eine Sekunde. Schon Sonnenstrahlen, die wir am Tag bei schönem Wetter auf der Haut spüren können, waren immerhin acht Minuten von der Sonne zur Erde unterwegs¹⁸.

Und wenn wir in der Nacht den Sternenhimmel anschauen, kommen Lichtstrahlen zu uns, die zum großen Teil sehr alt sind. Wenn wir den Nachthimmel betrachten, schauen wir immer in die Vergangenheit des Weltalls.

8 ½ Jahre lang war das Licht des sehr nahen Nachbarsterns »Sirius« unterwegs, den wir im Winter am Nachthimmel links vom Sternbild Orion, entdecken können.

Abb. 15: Die Gürtelsterne des Orion weisen nach links – ungefähr in Richtung auf Sirius.

(<https://pixels.com/featured/orion-and-sirius-babaktafreshiscience-photo-library.html>)

Andere Milchstraßen-Sterne, die wir mit bloßem Auge sehen können, sind viel weiter weg, ihr Licht ist hunderte oder tausende von Jahren alt.¹⁹



Die Andromeda-Galaxie, unsere direkte Nachbar-Galaxie, ist 2 ½ Millionen Lichtjahre von uns entfernt. Die Lichtstrahlen, die auf unser Auge treffen, sind also seit zweieinhalb Millionen Jahren zu uns unterwegs! Das ist so lange, wie es auf der Erde Menschen gibt – der Homo Habilis hatte gerade in Afrika die ersten Steinwerkzeuge erfunden, als sich die Andromeda-Galaxie-Lichtstrahlen auf die Reise machten ... !

¹⁸ Sie haben 150 Millionen Kilometer zurückgelegt.

¹⁹ Unser Sonnensystem ist 27 000 Lichtjahre vom Mittelpunkt unserer Galaxie, der Milchstraße, entfernt und rast mit 800 000 Kilometern pro Stunde (!) auf seiner Bahn um das Zentrum herum ... und wir merken nichts davon!

Abb. 16: Die Andromeda-Galaxie (M 31) ist eine Spiral-Galaxie, Bild von Adam Evans
http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sirius_Ori-on.jpg&filetimestamp=20080226193633



Ihr kennt ja aus der Erzählung das Bild mit den vielen Galaxien, das mit dem Hubble-Weltraum-Teleskop aufgenommen wurde.

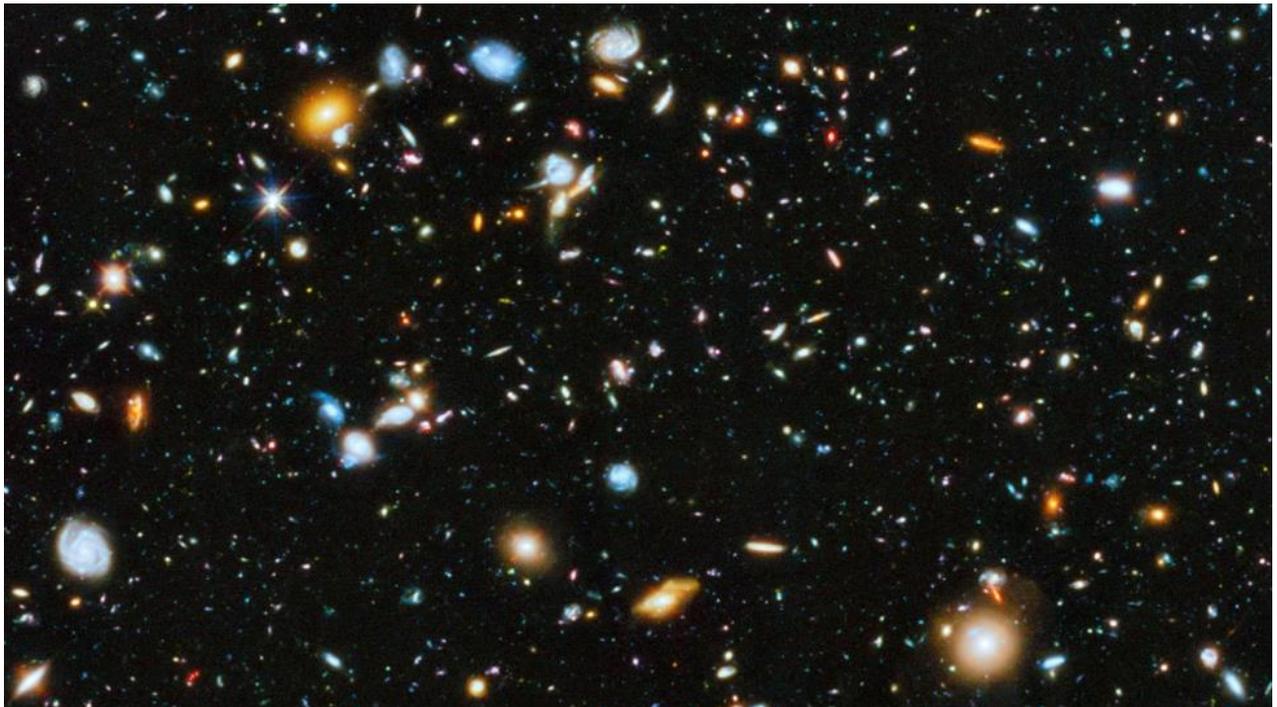


Abb. 2: Aufnahme mit dem Hubble-Space-Teleskop von 1996

Zu sehen sind im hoch aufgelösten Foto etwa 5000 Galaxien, die unterschiedlich alt sind: Die jüngeren der Galaxien sind weiß-gelblich oder bläulich. Ihre Sterne sind gut geordnet, die Galaxien bilden wunderschöne Formen: Spiralen oder Balken mit Spiralarmen.



Abb. 17: Balken-Spiralgalaxie NGC 1300 vom Hubble-Teleskop aufgenommen ©NASA/ESA/STSCI

Mittelalt oder sehr alt sind Elliptische Galaxien – ihr Licht ist gelblich oder rötlich. Sie können bis zu 12 Milliarden Jahren alt sein.

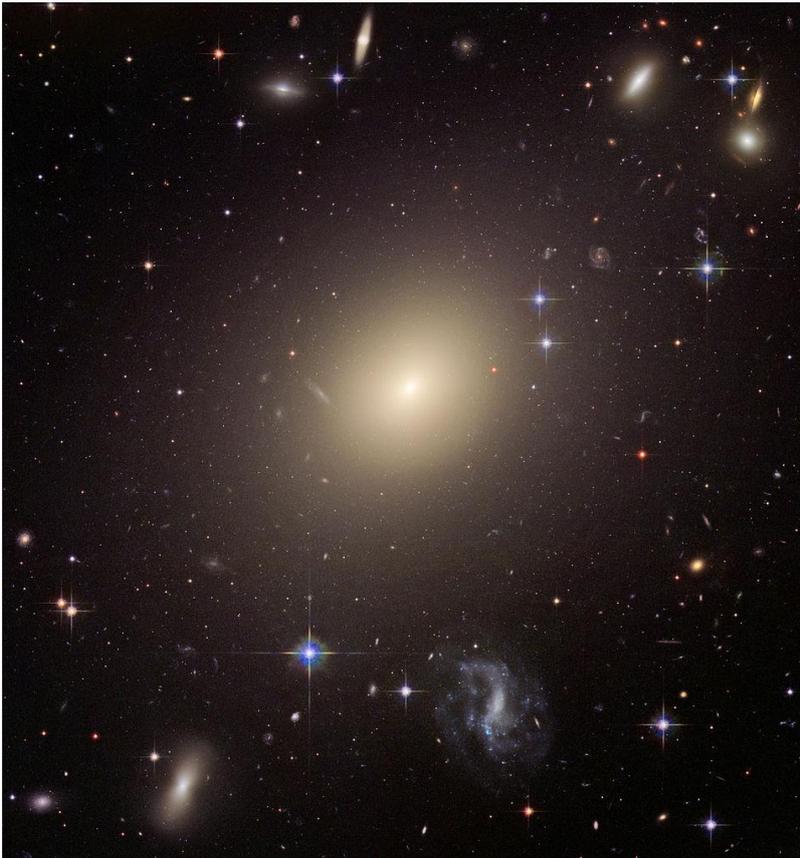


Abb. 18: Elliptische Galaxie ESO 325-G004 ©NASA/ESA/STSCI

Galaxien mit rötlichem Licht, die man auf dem Hubble-Galaxien-Foto erkennen kann, sind viel älter und sehr weit entfernt – bis zu 12 Milliarden Jahre!

Die älteste Galaxie, die man bisher entdeckt hat, ist 13,4 Milliarden Jahre alt.

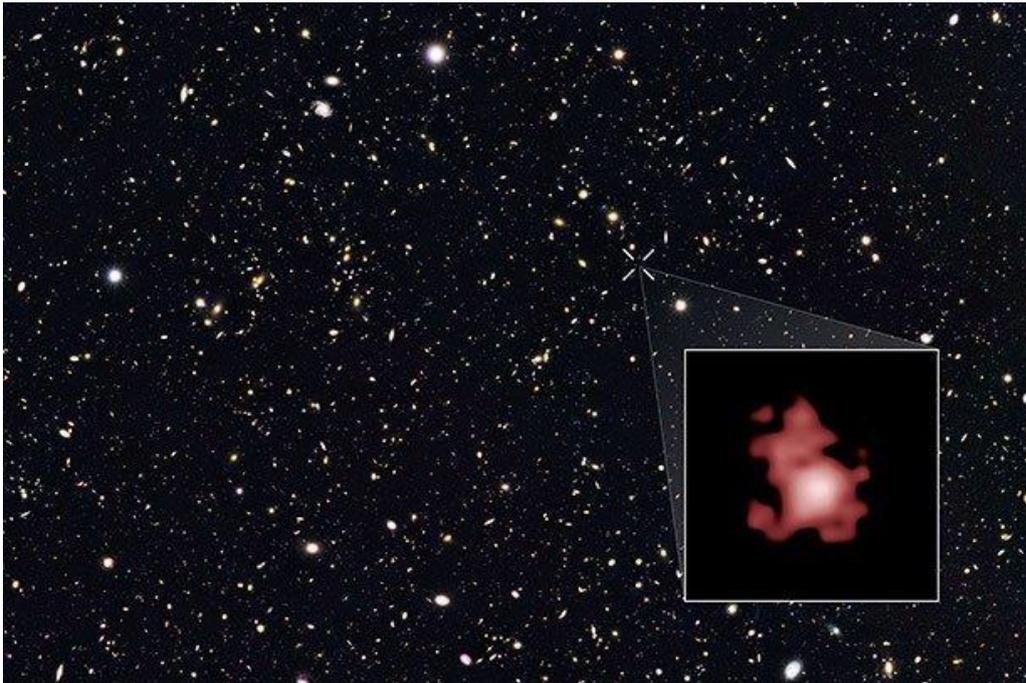


Abb. 19: Die Galaxie GN-z11 liegt rund 13,4 Milliarden Lichtjahre von uns entfernt - und ist damit die bisher älteste ihrer Art.

© NASA, ESA, P. Oesch (Yale University), G. Brammer (STScI), P. van Dokkum (Yale University), and G. Illingworth (University of California, Santa Cruz)

So lang ist das Licht zu uns schon unterwegs. Ob es diese Galaxie überhaupt noch gibt?

2. Wir sind aus Sternenstaub gebaut

Unser Leben wäre ohne den Urknall und die Entwicklung von Elementarteilchen, Atomen, Molekülen, Sternen der verschiedenen Generationen und Galaxien nicht möglich. Wir sind nämlich zu 90 Prozent aus Sternenstaub gebaut!

Wir könnten auch nicht leben, wenn es keine Supernovae gegeben hätte. Nur in Supernovae entstehen Schwermetalle – und Schwermetalle brauchen Pflanzen, Tiere und wir Menschen zum Beispiel als Spurenelemente in den Vitaminen (etwa das Cobalt im Vitamin B12).

Unser Leben auf der Erde – zusammen mit Pilzen, Pflanzen, Tieren, Einzellern, Bakterien, Steinen, Mineralen, der Luft und dem Wasser – ist also etwas sehr Besonderes. Die Entwicklung zu so komplizierten Kreisläufen hin – wie zum Beispiel dem Kreislauf des Wassers – oder zu komplizierten Organen – wie zum Beispiel dem Auge einer Fliege – hat viel Zeit gebraucht, Milliarden von Jahren.

Seit etwa zweihunderttausend Jahren gibt es so große und komplizierte Gehirne wie unsere: Sie bestehen aus 100 Milliarden Nervenzellen! Dein und mein Gehirn gehören wahrscheinlich zu den kompliziertesten Gebilden im ganzen Universum, die es gibt.

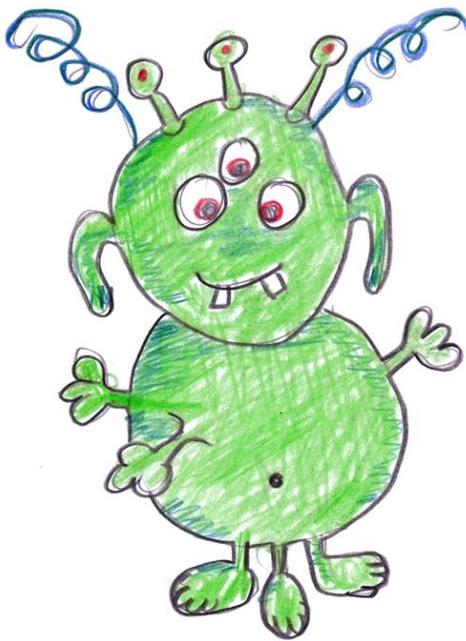


Abb. 20: etwa 30 von 100.000.000.000 Nervenzellen im menschlichen Gehirn (www.markus.hofmann.de)

Es stellt sich die Frage, ob es so etwas Kompliziertes und Intelligentes wie uns Menschen nur auf der Erde gibt.

Über diese Frage streiten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Manche meinen, dass es in den 100 Milliarden Galaxien, die wir bis heute kennen, in denen sich wiederum jeweils bis zu 1.000 Milliarden

Sterne sich befinden, bestimmt viele Sterne gibt, die auch Planeten haben.²⁰ Bestimmt gibt es dabei noch andere Planeten, auf denen sich Leben und Bewusstsein entwickelt hat, meinen diese Wissenschaftler. »Die Entwicklung zu immer komplizierteren Gebilden ist ein Naturgesetz in unserem Universum«, sagen sie.



Dieses Naturgesetz bestreiten die anderen Wissenschaftler nicht, aber sie halten dagegen, dass es in der Entwicklung der Erde, des Lebens und der Menschen so viele Besonderheiten gegeben hat, dass es hochentwickelte Lebewesen wie uns Menschen nur auf der Erde geben kann.

Die Forschungen und Entdeckungen auf diesem Gebiet in den nächsten Jahren und Jahrzehnten werden sehr spannend. Einige von euch werden darüber vielleicht forschen!

Ob wir Menschen einzigartig sind, ist nicht sicher, aber auf jeden Fall sind wir sehr, sehr besonders im Universum! Marsmännchen gibt es jedenfalls nicht.

Abb. 21: Marsmännchen

3. Wie alt sind wir eigentlich?

Was meint ihr, wie alt seid ihr eigentlich? (*Kinder geben Antworten: 10, 11, 12 ... Jahre*) Teile von dir, euch und mir sind nämlich schon viel viel älter. Etwa 10 Prozent der Teile, aus denen wir bestehen ist kurz nach dem Urknall entstanden: das Element Wasserstoff in uns ist 13,8 Milliarden Jahre alt.

Weil wir Menschen zu etwa 63 Prozent aus Sauerstoff und 19 Prozent aus Kohlenstoff

²⁰ Man nennt Planeten, die nicht zu unserer Sonne gehören »Exoplaneten«. 1992 wurden die ersten entdeckt, weil sie so unglaublich weit weg sind und selbst kein Licht ausstrahlen können.

bestehen, sind wir zu etwa $(63 + 19 =) 82$ Prozent ab 13,6 Milliarden Jahre alt: Die Großeltern-Sterne haben dann begonnen die Elemente Kohlenstoff und Sauerstoff in Kernfusionen zu brennen. Und die Eltern-Sterne haben das fortgeführt – bis vor 4,6 Milliarden Jahren, als das Sonnensystem und die Erde entstanden sind. (Da mussten alle »Bausteine für Leben« in unserer Gegend schon bereit gestellt sein.)

Die Moleküle und Zellen in uns sind viel jünger. Sie werden immer wieder aus den alten »Bausteinen« neu zusammengesetzt. Das passiert nicht nur, wenn du wächst. Auch die alten Körperzellen werden ständig erneuert und ausgewechselt, allerdings in den verschiedenen Organen in unterschiedlichem Tempo: Wenn du zehn Jahre alt bist, haben sich die Zellen in deinem Körper im Durchschnitt alle schon einmal erneuert. Das ganze Wachsen und Erneuern deiner Zellen und Moleküle hat mit deiner Zeugung begonnen – neun Monate vor deiner Geburt.

Wann sollen wir dann eigentlich unseren Geburtstag feiern, wenn wir aus so unterschiedlich alten Teilen bestehen?

Vielleicht lassen wir einfach einen kleinen Teil unseres Geburtstags an dem Tag, an dem wir als ganze Menschen geboren wurden.

Im »Zeitalter der Atome« können wir ab jetzt den zehnten Teil unseres Geburtstags feiern, weil wir – wie gesagt – zu 10 Prozent aus Wasserstoff bestehen.

Und ab dem »Zeitalter der ersten Sterne« ist mit dem Leben und Tod der ersten und zweiten Sterne-Generation der Sterneneub entstanden, aus dem wir bestehen: 82 Prozent unseres Geburtstages können wir ab hier – bis zum »Zeitalter der Eltern-Sterne« – feiern: Prost auf die Elemente!«

Auf jeden Fall sind wir, alle Lebewesen, die Erde, die Sonne und das ganze Universum ein Fest wert – jedes Jahr, eigentlich immer!

4. Was war vor dem Urknall? Warum gab es ihn?

Das ist die schwierigste Frage, die es gibt, weil man darüber nichts wissen kann. Man kann nur glauben, dass ...

Was glaubt ihr denn, was vor dem Urknall war und warum es ihn gegeben hat? Es gibt dabei kein richtig oder falsch, jede Art von Vorstellung ist erlaubt. Wer mag anfangen?

Quellen:

- GEOkompakt Nr. 51: Die Geburt des Universums, 2017
- GEOkompakt Nr. 29: Der Urknall ... und wie die Welt entstand, 2011
- Harald Lesch: Alpha Centauri, 8 DVDs, Bayrischer Rundfunk 2001 - 2004
- Harald Lesch, Harald Zaum: Die kürzeste Geschichte allen Lebens, Piper 2008
- Bilder:
 - Die Quellen der Abb. 1, 2, 11 bis 13 und 15 bis 20 sind direkt unter dem jeweiligen Bild angegeben
 - Abb. 3 bis 6 und 21 sind von uns: Thomas Helmle und Petra Wöbcke-Helmle
 - Abb. 7, 8, und 10: GEOkompakt 1-2004 © Chris Butler
 - Abb. 9: Rüdiger Daub, Schwäbisch Gmünd, 1991
 - Abb. 14: GEOkompakt 51-2017 © Tim Wehrmann, bearbeitet von T. Helmle
 - 15 Bilder 0.0 bis 4.3.zum Auslegen auf die Arbeitskarte, sowie die Arbeitskarte selbst und die Kontrollkarte: GEOkompakt 51-2017 © Tim Wehrmann, bearbeitet von T. Helmle

Liste der benötigten Materialien:

- Globus der Natur
- Atommodell nach Bohr (z. B. von Conatex)
- Planetenmodell und Sonnenscheibe (Eigenbau)
- Bildkarten zur Entwicklung des Sonnensystems und der Erde (aus GEOkompakt 1-2004 und Rüdiger Daub, 1991)
- Elemente-Sammlung (z. B. bei Fa. Krantz)
- Galaxien-Material (sonst Galaxien-Fotos)