

KOSMOLOGIE - Aktuelle Entstehungstheorien

Entstehung des Universums

Nach der Urknall-Theorie war vor etwa 15 Milliarden Jahren alle in unserem Universum enthaltene Materie auf einen Punkt konzentriert. Mit einer gewaltigen Explosion begann die Existenz des Weltalls, das heißt die Expansion von Raum, Zeit und Materie.

Die Chaostheorie nimmt vor dem Urknall ein fluktuierendes Energiefeld an, das sich durch winzige Schwankungen an einigen Stellen verdichtete. Dadurch verschob sich zunehmend das Gleichgewicht. Selbstverstärkungen und Rückkopplungseffekte verstärkten die Schwankungen, bis das System umkippte in eine neue Qualität: Materie. Sie expandierte explosionsartig nach allen Seiten und bildete den Weltraum.

Energie, Teilchen und Kräfte begannen in der Welt zu wirken. Die jeweils am weitesten vorgestoßene Raumzeit bildete die Grenze des Universums, das nach der Relativitätstheorie in einer vierten Dimension gekrümmt und damit endlich ist.

Schon in den ersten Minuten fügten sich in der Explosionswolke Protonen und Elektronen zu Wasserstoffatomen zusammen. Riesige Wasserstoffwolken rotierten, verdichteten sich und kollabierten zu den Sternen der ersten Generation. In den Zentren dieser Sonnen entstanden durch atomare Fusion die schweren Elemente. Nach ihrem Ausbrennen starben die Sterne in Super-Nova-Explosionen und schleuderten ihre Elemente als feinen Staub in den freien Weltraum (Victor Weisskopf).

Dieser verdichtete sich wieder durch Rotation und bildete neue Sterne, in denen leichtere Elemente ausgebrütet wurden. Acht Milliarden Jahre vergingen, bis mehrere Sternengenerationen alle Elemente hervorgebracht hatten, aus denen unsere Welt heute besteht.

Entwicklung des Sonnensystems

Aus den Ur-Nebeln von Wasserstoffgas und elementaren Staubpartikeln bildeten sich immer neue Sterne. Myriaden von Sonnen organisierten sich zu spiralförmigen Galaxien, die um ihre eigene Achse rotierten, während sie sich durch die Dehnung des Raumes von den anderen Galaxien entfernten (Weisskopf).

Auch unser Sonnensystem ist etwa zehn Milliarden Jahre post Big Bang aus einer solchen rotierenden Gas-Staub-Wolke entstanden, die bereits die meisten aller heute bekannten Elemente enthielt.

Im Co-Rotationskreis eines äußeren Armes unserer Milchstraße entstand eine typische Verdichtungszone von kosmischem Staub, in dem sich eine Super-Nova ereignet hatte. Ihre Druckwelle umschloss die Staubwolke und presste sie dicht zusammen, bis sie unter diesem Druck und ihrer eigenen Schwerkraft kollabierte.

Dabei wurde sie in eine Rotation versetzt, die sich ständig erhöhte und im Laufe der Zeit eine linsenförmige Abplattung des Gebildes in der Äquatorebene verursachte.

Im Zentrum dieser nun scheibenförmig rotierenden Urwolke formte sich der Keim unserer Sonne.

Bei dem Kollaps hatten sich einzelne Nebenfetzen abgelöst und rotierten nun um ihre eigene Achse. Nachdem die Orbitalgeschwindigkeit der gesamten Scheibe erreicht war, machten sich diese äußeren Nebensfragmente selbständig, blieben jedoch an die Schwerkraft des Protosterns gebunden und umkreisten ihn.

Die zunehmende Beschleunigung der Rotation bewirkte eine Erhöhung der Dichte innerhalb der Gas-Staub-Wolke, bis ein Stadium der Kollision eintrat: In einem chaotischen Trommelfeuer stießen die Staubpartikel zusammen und blieben aneinander haften, so dass größere Staubbälle entstanden. Diese zogen wieder kleinere Staubbälle an, die sie umkreisten, und konstituierten so die Ur-Planetensysteme mit ihren Monden.

Das Gas war vorerst noch in größeren Mengen vorhanden und dämpfte die Bewegungen der Kleinplaneten, bis diese sich durch Kondensation nochmals verdichteten und eine Schwerkraft entwickelten, die immer mehr Materie anzog.

Dadurch wurden die Planeten immer kompakter und begannen, in ihren Bahnen um die Sonne zu kollidieren, wobei sie auseinanderbrachen oder zu größeren Einheiten verschmolzen. Ihre Bahnen wurden dabei erheblich gestört, begannen sich zu neigen, und die orbitale Exzentrizität erhöhte sich.

Inzwischen hatte sich die Proto-Sonne im Kern der Scheibe immer mehr zusammengezogen, bis Druck und Temperatur in ihrem Inneren einen kritischen Punkt erreicht hatten, in dem das nukleare Feuer zündete. Die energiegeladene Fusion von Wasserstoff zu Helium hatte begonnen (Weisskopf).

Dabei entstand ein gewaltiger Sonnenwind, der die restlichen Gasrückstände von der Oberfläche der Planeten in den Weltraum hinaus fegte. Nach einigen hundert Millionen Jahren anhaltendem Chaos hatten sich die heutigen neun Planeten mit ihren Monden sowie Tausende von Kleinplaneten zwischen Mars und Jupiter konstituiert, die alle in der gleichen Ebene und der gleichen Umlaufrichtung um die Sonne rotierten.

Genese der Erde

Auf diese Weise war auch die Erde entstanden. Sie bestand zunächst nur aus einem Gas-Staub-Gemisch in vielfacher Erdgröße. Die zunehmende Schwere ließ sie zusammensinken und dichter werden. Der steigende Druck bewirkte eine Erhitzung, die durch den Zerfall der radioaktiven Elemente unterstützt wurde.

Dadurch verflüssigte sich die Materie im Inneren des Planeten, während seine Schwerkraft die verschiedenen Substanzen nach ihrem Gewicht sortierte und durchmischte, bis sich ein Kern aus glühend-flüssigen Schwermetallen gebildet und die leichteren Elemente sich an der Oberfläche angesammelt hatten.

Die Erde besaß zunächst keine Atmosphäre, da nicht nur alle gasförmigen Bestandteile, sondern auch viele der leichten Elemente in den Weltraum diffundiert

waren, soweit sie nicht chemisch an schwerere Elemente gebunden waren. Die dem Weltraum ausgesetzte Kruste begann abzukühlen.

Durch den brodelnd heißen Kern entstand ein ungeheurer Vulkanismus, bei dem große Mengen an Wasserdampf, daneben Stickstoff, Kohlendioxyd, Wasserstoff, Methan und Ammoniak ausgestoßen wurden, die schließlich eine Ur-Atmosphäre aus leichten, gasförmigen Substanzen bildeten (Ditfurth).

Der Wasserdampf schlug sich in den großen Senken der bereits verfestigten Erdkruste nieder, wodurch die Ur-Ozeane entstanden. Dabei verursachte der kondensierte Wasserdampf, als er in jahrtausendelangen Wolkenbrüchen auf die noch über 100 Grad Celsius heiße Erdoberfläche regnete, eine dichte Wolkenschicht von kochendem Wasserdampf. Die einzige Lichtquelle in diesem Inferno waren die Blitze pausenlos tobender Gewitter.

Als das herabregnende Wasser die Erdkruste so weit abgekühlt hatte, dass es beim Aufprall nicht gleich wieder verdampfte, sondern die Meere füllte, wurde die Atmosphäre klar und durchsichtig. Es gab Wolken an einem blauen Himmel, aber die ultraviolette Sonnenstrahlung traf ungehindert das Land und die Wasseroberfläche.

Dort bewirkte sie bei den kohlenstoff-, stickstoff- und wasserstoffhaltigen Molekülen das Bestreben, sich zu größeren Molekülketten zusammenzufügen. Diese wurden jedoch gleich darauf durch die gleiche Energie wieder getrennt.

Es entstand ein kreislaufartiger Auf- und Abbauprozess dicht unter der Wasseroberfläche, den nur ein Teil der zusammengebackenen Großmoleküle überstand, der durch die Wasserströmungen in die Tiefe getrieben und damit der zerstörerischen UV-Strahlung entzogen wurde.

Gleichzeitig wurde das Wasser an der Oberfläche durch Fotodissoziation in freien Wasserstoff und freien Sauerstoff aufgespalten. Der Wasserstoff, das leichteste aller Elemente, stieg in den Weltraum, der Sauerstoff blieb übrig und vermischte sich mit der Ur-Atmosphäre. Da Sauerstoff besonders geeignet ist, die UV-Strahlung zu filtern, waren die in dieser Phase entstandenen Makromoleküle vor einer Zerstörung geschützt.

Durch diese UV-Filter-Eigenschaft des Sauerstoffs entstand ein Rückkopplungsprozess, der die Fotodissoziation dann abstoppte, wenn ein genügend hoher Sauerstoffgehalt erreicht war. Sobald jedoch die Sauerstoffkonzentration durch Oxydationsvorgänge nachließ, ebte auch die Wirkung des UV-Filters ab, und die Fotodissoziation begann von neuem.

Dieser Mechanismus erzeugte einen kontinuierlichen Sauerstoffgehalt von 0,1 Prozent des heutigen Wertes in der Atmosphäre. Dadurch wurde im Frequenzprofil der UV-Strahlung genau der Wellenbereich zwischen 2.600 und 2.800 Angström sicher abgeschirmt. Das ist exakt der Bereich, in dem Proteine und Nukleinsäuren am strahlenempfindlichsten sind, die allerdings zu diesem Zeitpunkt noch gar nicht existierten.

Es wurden also die Bedingungen für die später auftretenden Bausteine des Lebens geschaffen. Das sieht nach einem Plan aus. Ist die Schöpfung teleologisch (zielorientiert) ausgerichtet? fragt Ditfurth. Seit dem Ur-Knall hatten vielfältig verschlungene Ereignisketten, gelenkt von Zufällen und Naturgesetzen, die bewusstlose und tote Materie dazu veranlasst, einen Umwelt-Zustand zu begünstigen, in dem die Bausteine des Lebens sich bevorzugt vermehren konnten.

Auch die spezielle Lokalisation der Erdumlaufbahn um die Sonne hatte ein Temperatur-Milieu verursacht, das Wasser in flüssigem Zustand vorkommen lässt. Dies ist eine Voraussetzung für die Entstehung von „Leben“, das flüssiges Wasser als Lösungsmittel für seine chemischen Stoffwechsel-Prozesse benötigt. Und ohne die Bindung an einen Stoffwechsel ist Leben vernünftigerweise nicht denkbar.

Ebenso setzt eine hoch komplizierte organische Struktur die Beständigkeit entsprechend komplizierter großer Moleküle voraus, deren Vorhandensein wiederum die obere Grenze der zulässigen Temperatur markiert, da sie sich bei zu großer Hitze wieder in ihre Atome auflösen. Alle diese Voraussetzungen waren auf der Erde gegeben.

Diese scheinbare Paradoxie von Zufall und Teleologie in der Erdgeschichte löst sich jedoch auf, wenn die einseitige Perspektive des anthropozentrischen Standpunktes aufgegeben wird, nach dem „Leben“ nur auf der Basis von Proteinen und Nukleinsäuren denkbar ist.

Die natürliche Erklärung lautet: Proteine und Nukleinsäuren sind deshalb entstanden, weil das damalige Milieu ihre Entwicklung begünstigte. Unter anderen Umwelt-Bedingungen hätten sich andere Molekülstrukturen gebildet. Sie wurden nur deshalb von der Evolution als Bausteine verwendet, weil sie zur Verfügung standen. Vielfältige Experimente belegen, dass auch zahlreiche andere Strukturen aus fremdartigen Stoffen als Grundlage für organisches Leben denkbar sind, die bei abweichenden Umweltverhältnissen hätten entstehen können (Ditfurth).

Die Proteine und Nukleinsäuren besitzen eine so hochkomplizierte Struktur, dass ihre rein zufällige Entstehung von mehr als astronomischer Unwahrscheinlichkeit gewesen wäre. Außerdem ist anzunehmen, dass die Entwicklung eines solchen günstigen Milieus nicht einmalig im Weltall war, denn die gigantischen Mengen an Sternen lassen mit hoher Wahrscheinlichkeit auf zahlreiche gleichartige Ereignisse im Universum schließen.

Nachdem allerdings die grünen Pflanzen erst einmal begonnen hatten, durch Fotosynthese Stickstoff zu verbrauchen und Sauerstoff zu produzieren, war die Möglichkeit zu einem Neuanfang auf der gleichen Grundlage eliminiert. Erstmals hatte damit eine Lebensform alle etwaigen Konkurrenten ausgeschaltet, und das Prinzip der Konkurrenz hatte sich etabliert.

Freier Sauerstoff entstand also erst mit dem Auftreten von Leben als Produkt eines gewaltigen Rückkopplungsprozesses mit der Umwelt, dessen Resultat das heutige Bild der Natur ist. Das Phänomen „Leben“ ist in der Lage, die Bedingungen, die seine Entfaltung begünstigen, aktiv herbeizuführen.

Nach Boschke entstand das Leben auf der Erde mit Notwendigkeit, indem einfache chemische Stoffe miteinander so reagierten, wie es sich aus ihrer Elektronenverteilung zwangsläufig ergab. Ein „normaler, wahrscheinlicher Reaktionsablauf, nicht mehr“. Die Natur habe nicht herumprobiert, sondern einfache Naturgesetze hätten zu den Entwicklungen geführt, die heute unsere Erde bevölkern.

Aus der Sicht der Evolutionstheoretiker dagegen gilt Leben als das zufällige Produkt von Selektionsmechanismen. - Nach Hawking trifft beides zu: Im Makrokosmos ist das Schicksal der Welt vorherbestimmt, festgelegt durch die Naturgesetze. Im Mikrokosmos sind die Abläufe zufällig und unscharf (offen). Das bedeutet für uns: Ob wir 2 oder 6 Beine haben, ist zufällig, aber dass sich das Leben zunehmend komplexer entwickelt, steht fest. Wir sind zwar genetisch geprägt, aber frei im Handeln.

Chemische Evolution

Energie bewirkt bei den Teilchen das Bestreben, zu fusionieren und damit Gebilde höherer Ordnung hervorzubringen. Die UV-Strahlung der Sonne brachte die im Salzwasser gelösten Elemente der Erde dazu, auf diese Weise miteinander zu reagieren, wodurch im Laufe von Jahrtausenden die sogenannte Ursuppe entstand, nämlich ungeheure Mengen komplizierter Makromoleküle, die in Ur-Ozeanen schwammen und den später auftretenden primitiven Organismen als Nahrung dienten.

Durch ihren Zusammenschluss und die damit verbundene Bindungsfähigkeit ihrer Elektronenhüllen erwarben diese Verbindungen die Fähigkeit, weitere passende Moleküle aus ihrer Umwelt an sich zu binden und so zu wachsen. Unpassende Verbindungen wurden abgestoßen. Das war der Beginn eines Stoffwechsels, bedingt durch das Prinzip des Energieaustausches.

Im Periodensystem der Elemente sind die Stoffe in der Mitte der Skala am flexibelsten. Sie verbinden sich nicht nur miteinander, sondern können lange Reihen bilden, Ringe schließen oder sich zu Knäueln aufwickeln. Die umfangreichsten Verbindungsmöglichkeiten aufgrund der Anziehungs- und Abstoßungsverhältnisse seiner Elektronen bietet der Kohlenstoff, der daher zur Grundlage aller Lebewesen wurde.

Das Leben ist eine Funktion der Reaktionsfähigkeit des Kohlenstoff-Atoms. Dessen chemische Eigenschaften sind entscheidend für alle lebendigen Formen, Farben bis hin zum Verhalten der Arten, das z.B. durch Hormone gesteuert wird.

Das Fehlen des Sauerstoffs ermöglichte eine lange Epoche abiotischer Genese derjenigen Makromoleküle, auf denen die Evolution später die Struktur des Lebens aufbaute: Proteine und Nukleinsäuren. In freiem Sauerstoff wären sie oxydiert, also zerstört worden. So konnte schließlich die Ur-Zeugung stattfinden, d.h. die Entstehung primitiver Organismen aus organischen Bausteinen und nicht durch Zellteilung.

Vor rund vier Milliarden Jahren existierten auf der Erdoberfläche zahlreiche sehr komplexe vorbiotische Kohlenstoffverbindungen, deren Genese von den damals

herrschenden Bedingungen gefördert worden war. Die Auslese hatte eine überproportionale Vermehrung jener Biomoleküle bewirkt, die wir heute als Bausteine des Lebens kennen, und zwar auf Kosten anderer Konstruktionen.

Je größer ihre Zahl, umso höher wurde auch die Wahrscheinlichkeit, dass sie miteinander in Kontakt gerieten. Schließlich begannen die von der chemischen Evolution ausgesiebten Aminosäuren, Purine, Zucker und Porphyrine, miteinander zu reagieren.

Solche Reaktionen sind heute in jedem Labor nachvollziehbar: Unter den Bedingungen der Ur-Erde werden dabei unter Hinzufügen von Energie regelmäßig Aminosäuren synthetisiert, aus denen die Proteine bestehen. Aus diesen Bausteinen sind die Organismen aller Lebewesen aufgebaut, vom Einzeller über die Pflanzen bis zu den Primaten.

Dabei kann die Wahl der Ausgangsstoffe fast beliebig variiert werden. Solange sie nur Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff enthalten, lassen sich im Reaktionsgemisch sowohl die Makromoleküle der Ursuppe als auch die Bausteine des Lebens nachweisen. Auch die Energiequelle scheint nebensächlich zu sein. UV-Licht zeigt die gleichen Wirkungen wie gewöhnliches Licht, Röntgenstrahlen, Ultraschall oder einfach große Hitze.

Mit welchen Mitteln auch immer man die Bedingungen der Ur-Erde zu kopieren versucht, in praktisch allen Fällen kommt es zur abiotischen Genese von Zucker, Fettsäuren oder Porphyrinen (Vorstufen des Chlorophylls). Sogar Adenosintriphosphat, wird synthetisiert, das Produkt einer höheren Stoffwechselstufe, durch dessen chemischen Abbau hohe Energiemengen gewonnen werden, und das deshalb von den Organismen als Energiereserve gespeichert wird.

Schon im Reagenzglas zeigen Aminosäuren und Nukleotide die Tendenz, sich mit ihresgleichen zu langen Ketten (Polymeren) zu verbinden, aus denen die Eiweiße der Nukleinsäuren bestehen.

Nach Ditfurth hat die Natur "durch Zufallsprozesse eine sehr große Zahl verschiedener Moleküle erzeugt und von diesen einige zum Aufbau der Lebewesen benutzt, die zufällig eine katalytische Wirkung aufwiesen". Doch schließt die Methode des zufälligen Herumprobierens eine teleologische Zielgerichtetheit nicht aus.

Birgit Sonnek

März 2003