Vorspann: das Gesetz der Entwicklung

Der Mensch lebt in einer sich entwickelnden Welt und ist selbst ein sich entwickelndes Wesen, so lautet die Botschaft dieses Abschnitts und eine wichtige These des gesamten Buches. Je mehr er in der Wissenschaft voranschreitet, umso mehr erkennt er, dass die Wirklichkeit der Welt sowohl im größten (makrokosmischen) als auch im kleinsten (mikrokosmischen) sowie im mittleren (mesokosmischen) Bereich, dem er selbst angehört, dem *Gesetz der Entwicklung* unterworfen ist. Auch er selbst muss, wenn er auf die Welt kommt, erst noch *körperlich* wachsen und *seelisch* reifen. Im Laufe seines Lebens soll er sich *geistig* entfalten und *geistlich* dem nähern, was oder wer er sein kann.

In diesem filmischen Vorspann, der bewusst dem Haupttext vorangestellt ist, sind die Leserin und der Leser eingeladen, sich in extremem Zeitraffer die Entstehung und Entwicklung des heutigen *Weltalls*, der *Erde* und des *Lebens* vor Augen zu führen. Es ist eine faszinierende Geschichte, wie aus kleinstem Anfang etwas so unermesslich Großes und Schönes geworden ist. Mit diesem Vorspann verbindet sich auch ein Bekenntnis zum naturwissenschaftlichen Fortschritt, der uns insbesondere mit der *kosmologischen* Theorie vom *Urknall* und der *Selbstorganisation* der Materie sowie der *biologischen* Theorie von der *Evolution* allen Lebens ein genaueres Verständnis dieser Geschichte ermöglicht.

A Die Entstehung und Geschichte des Universums

Die *moderne Kosmologie* stützt sich vor allem auf die *Quantenmechanik* (kleinste Skalen), die von Max Planck (1858–1947), Niels Bohr (1885–1962) und Werner Heisenberg (1901–1976) begründet wurde, und die *Relativitätstheorie* (größte Skalen) von Albert Einstein (1879–1955). Ihrem Standardmodell zufolge hat die atemberaubende Geschichte des heutigen Weltalls vor etwa 13,8 Milliarden Jahren mit dem *Urknall* begonnen. Durch ihn sind aus einer *Singularität*, einem einzigartigen Anfangszustand, *Raumzeit*, *Energie* und *Materie* entstanden. Die Temperatur und Energiedichte müssen enorm hoch gewesen sein, wobei Energie und Masse, wie wir seit Einsteins berühmter Formel $E = mc^2$ wissen, „lediglich unterschiedliche Erscheinungsformen derselben physikalischen

https://doi.org/10.14361/9783839442777-003 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

Entität darstellen"[1]. Innerhalb von milliardstel Sekunden hat sich das Universum dann in mehreren Phasen entwickelt. Vor allem hat es sich unvorstellbar rasant *ausgedehnt* und schnell *abgekühlt*.

Für die Theorie vom Urknall sprechen insbesondere zwei Gründe. Zum einen dehnt sich das Weltall unentwegt und beschleunigt aus. Deshalb entfernen sich die Galaxien voneinander, wie durch *Rotverschiebung* ihres Lichts nachgewiesen ist. Zum anderen gibt es im Weltall eine *Hintergrundstrahlung*, die eine gleichmäßige Mikrowellenstrahlung aus allen Himmelsrichtungen ist und als Nachglühen des Urknalls betrachtet werden kann. Astrophysiker gelangen zur Annahme des Urknalls, indem sie die Entwicklung des expandierenden Universums zeitlich zurückrechnen. Dabei setzen sie voraus, dass die mathematisch formulierbaren Naturgesetze *überall* gelten und dass das Universum gemäß dem kosmologischen Prinzip *homogen* und *isotrop* ist, das heißt, dass es keine bevorzugten Orte und keine bevorzugten Richtungen kennt. Aus diesem Grund sieht das Weltall auf großer Skala überall und in allen Richtungen im Wesentlichen gleich aus. In ihm gibt es physikalisch betrachtet keinen ausgezeichneten Punkt, also auch keinen Mittelpunkt.

In der *Planck-Ära*, der unfasslich kurzen Zeit nach dem Urknall, gab es vermutlich nur eine Kraft, die *Urkraft*. In ihr waren die heute bekannten *vier Wechselwirkungen* oder *Kräfte* der Physik noch ununterscheidbar eins. Die *elektromagnetische Kraft* ist für die meisten alltäglichen Phänomene wie Licht, Elektrizität und Magnetismus verantwortlich und bestimmt den Aufbau und die Eigenschaften von Atomen, Molekülen und Festkörpern. Die *schwache Kernkraft* erklärt bestimmte Formen des radioaktiven Zerfalls. Die *starke Kernkraft* beschreibt den Zusammenhalt der Nukleonen im Atomkern und den Zusammenhalt der Quarks innerhalb der Nukleonen (Protonen und Neutronen). Schließlich legt die *Gravitationskraft* als Massenanziehung die Bahnen der Planeten, Monde, Satelliten und Kometen in unserem Sonnensystem fest. Ferner bewirkt sie die Bildung von Sternen, Galaxien und Galaxienhaufen und hält uns auf der Erde am Boden. Alle physikalischen Vorgänge in der Natur lassen sich auf diese vier fundamentalen Wechselwirkungen zurückführen. Die modernen Quantenfeldtheorien verstehen sie „als Prozesse, bei denen zwei Materieteilchen ein Vermittlerteilchen austauschen, ein sogenanntes Feldquant oder Austauschboson"[2]. Allerdings ist für die Gravitation die Existenz eines Vermittlerteilchens, das sogenannte Graviton, nicht nachgewiesen.

In der *GUT-Ära* spaltete sich die Urkraft in die X-Kraft und die Gravitationskraft auf. GUT steht für Grand Unified Theory, zu Deutsch: Große vereinheitlichte Theorie. Der ihr zugrundeliegenden Hypothese zufolge befanden sich die elektromagnetische Kraft und die beiden Kernkräfte in der GUT-Kraft in einem Zustand höherer Symmetrie und waren noch ununterscheidbar. Durch die Expansion der Singularität kam es zu einer Symmetriebrechung und damit zu einer Erniedrigung der Symmetrie von Feldern. In der Folge sind diese drei Kräfte auseinandergetreten und die starke Kernkraft hat begonnen vorzuherrschen.

Noch in der GUT-Ära ist die *kosmische Inflation* eingetreten. Das noch ganz junge Weltall hat sich exponentiell und überlichtschnell ausgedehnt. Nicht Objekte haben sich dabei schneller als mit Lichtgeschwindigkeit voneinander entfernt, sondern der Raum

1 Hetznecker 51.

2 Ebd. 47.

https://doi.org/10.14361/9783839442777-003 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

selbst hat sich inflationär aufgebläht. Danach hat sich die Expansion des Weltalls wieder verlangsamt und die Materiedichte sank.

Bis zur nächsten Ära – der *Quark-Ära* – befand sich das entstehende Universum in einem *Quantenvakuum*, das man sich wie einen See aus ständig auftauchenden und wieder verschwindenden Elementarteilchen vorstellen kann. In ihm fand eine *Umwandlung* von Energie in Materie und zugleich von Materie in Energie statt. Die Teilchen wurden als Paare von *Materie* und *Antimaterie* erzeugt und löschten sich gegenseitig sofort wieder aus. Antimaterie ist Materie, die aus Antiteilchen besteht. Trifft ein Teilchen auf sein Antiteilchen, etwa ein Elektron auf ein Positron oder ein Proton auf ein Antiproton, so vernichten sie einander, und aus der Paarvernichtung (Annihilation) geht elektromagnetische Strahlung hervor.

Als das Universum expandierte, wurde aus dem Quantenvakuum ein *Quark-Gluon-Plasma*, eine Art Quark- oder Plasmasuppe. Es bildeten sich *Fundamentalteilchen*, wie die *Quarks* und *Antiquarks*, die die Bausteine von Protonen und Neutronen sind, die *Gluonen*, das heißt die Austauschteilchen der starken Wechselwirkung, und die ersten *Leptonen*, das heißt leichte Elementarteilchen, wie die negativ geladenen Elektronen und die nur der Gravitation unterliegenden Neutrinos. Wie die Quarks sind auch die Leptonen wahrscheinlich punktförmige Objekte, die keine Substruktur aufweisen. Während *Elektronen* die leichtesten der elektrisch geladenen Elementarteilchen darstellen, sind *Neutrinos* elektrisch neutrale Elementarteilchen mit extrem geringer Masse. Des Weiteren gab es in dieser Ära schon längst *Photonen*, zu denen auch unsere sichtbaren „Lichtteilchen" gehören, die die Wechselwirkungsteilchen der elektromagnetischen Kraft sind.

Erst als die Temperatur und die Dichte im frühen Weltall weiter stark abnahmen, konnten in der *Hadronen-Ära* aus den Quarks stabile *Protonen* und *Neutronen* entstehen. Bislang freie Quarks verbanden sich nun „für alle Zeit zu Zweier- und Dreiergruppen"[3]. Zweitere bezeichnet man als *Baryonen* beziehungsweise Antibaryonen. Im Gegensatz zu den Leptonen haben sie eine relativ große Masse und unterliegen allen vier Grundkräften. Die elektrisch positiv geladenen Protonen und die elektrisch neutralen Neutronen, die zunächst noch ständig ineinander umgewandelt wurden, gehören zusammen mit den elektrisch negativ geladenen Elektronen, die zu den Leptonen zählen, zu den Grundbausteinen der *Atome*. Aus ihnen setzt sich alle alltägliche Materie zusammen.

Rund hundert Sekunden nach dem Urknall ereignete sich im gesamten Universum die primordiale *Nukleosynthese*, indem sich erstmals Protonen und Neutronen zu *Deuteronen*, den Kernen von Deuterium (schwerem Wasserstoff) verbanden. In der Folge kühlte sich das frühe Weltall aufgrund seiner fortgesetzten Ausdehnung derart weit ab, dass sich die ersten leichten Atomkerne – neben Wasserstoff- vor allem Heliumkerne – bilden konnten. Dadurch nahm die Teilchendichte des Universums ab, was die primordiale Nukleosynthese allmählich verlangsamte und schließlich beendete. Das Universum bestand nun zu etwa 75,5 % aus *Wasserstoffkernen* und zu etwa 24,5 % aus *Heliumkernen*.

Heute bestehen ungefähr 73 % der beobachtbaren Materie im Weltall aus Wasserstoff (H), der in seinem Atomkern ein Proton umfasst, und rund 25 % aus Helium (He), dessen Atomkern zwei Protonen und zwei Neutronen aufweist. Diese Verteilung der Elemente entspricht damit in etwa der Aufteilung, wie sie bei den Atomkernen bereits wenige

3 Ebd. 60.

https://doi.org/10.14361/9783839442777-003 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

Minuten nach dem Urknall vorhanden war. Die heute zu beobachtenden *schwereren Elemente* stammen aus Fusions- und anderen Kernreaktionen im Inneren von Sternen und damit aus viel späterer Zeit. In unserer Galaxie liegen etwa 2 % der Materie als schwere Elemente vor, hauptsächlich als Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Silicium und Eisen. Und in der Bildung von *Kohlenstoff* in den Sternen liegt das Geheimnis des Lebens auf der Erde.

Im heutigen Universum gibt es außer *Materie* noch *elektromagnetische Strahlung*, die hauptsächlich aus kosmischer Hintergrundstrahlung und Strahlung von Sternen aus zahlreichen Galaxien besteht. Nahezu die gesamte Materie ist gewöhnliche Materie, da es in der GUT-Ära ein leichtes Übergewicht der Materie gegenüber der Antimaterie gegeben hatte, so dass fortgesetzt ein kleiner Teil der entstehenden Materie nicht von Antimaterie zerstrahlt werden konnte und sich gewöhnliche Materie angesammelt hat (so zumindest der Stand der Wissenschaft).

Der primordialen Nukleosynthese folgte die *Rekombinationsepoche*, bei der sich die zuvor im Universum entstandenen Teilchen zu stabilen Atomen verbanden. „Infolge dieser Bindung änderten sich plötzlich die Transparenzeigenschaften des Universums: Die Photonen wurden nicht mehr an den freien Elektronen (und Protonen) gestreut […] und konnten ungestört das frühe Universum passieren."[4] Die Strahlung entkoppelte von der Materie. Dieser *erste Phasenübergang* war etwa 400.000 Jahre nach dem Urknall beendet. Ihm folgte, nachdem die kosmische Hintergrundstrahlung (Rekombinationsepoche) entstanden war, das *Dunkle Zeitalter* des Weltalls, in dem Licht von Materie weder aufgenommen noch ausgesandt werden konnte. Da sich noch keine ersten Sterne gebildet hatten, war das Weltall dunkel.

Das änderte sich erst beim *zweiten Phasenübergang*, in der *Reionisierungsepoche*, die etwa 150 Millionen Jahre nach dem Urknall angefangen und etwa eine Milliarde Jahre nach ihm aufgehört hat. In dieser Epoche bildeten sich Objekte, die so viel Energie abstrahlten, dass Wasserstoff und Helium wieder ionisiert wurden. Während bei der Rekombination Elektronen von positiv geladenen Protonen und Heliumkernen eingefangen wurden, wurden bei der Ionisation von Wasserstoff und Helium Elektronen abgespalten, so dass sich wieder Protonen und Heliumkerne bildeten. Da das Universum vom neutralen Zustand zurück zu einem ionisierten Plasma wechselte, einzelne Protonen beziehungsweise Heliumkerne und einzelne Elektronen aber keine Photonen aufnehmen können, wurde das Weltall für elektromagnetische Strahlung *durchlässig*, wie es heute noch der Fall ist.

Als erste Strahlungsquellen, die die Reionisierung der Materie bewirkten, kommen *Quasare* (Quasi-Stellare-Objekte) und die ersten *Sterne* in Betracht. Quasare sind besonders leuchtkräftige Objekte, die im sichtbaren Bereich des Lichtes nahezu punktförmig wie Sterne erscheinen und sehr große Energiemengen ausstrahlen. Sie bestehen jeweils aus einem *aktiven Schwarzen Loch*, das von einer Scheibe leuchtender Materie umgeben ist. Bei einem Schwarzen Loch ist die Masse in einem extrem kleinen Volumen, einer *Singularität*, konzentriert. Diese Singularität stellt man sich ähnlich wie die des Urknalls als punktförmiges Objekt vor, in dessen Innerem die *Krümmung* des Raums und die *Dehnung* der Zeit quasi-*unendliche* Werte annehmen. Sie erzeugt in ihrer unmittelbaren Um-

4 Lexikon der Astronomie: *Rekombination*.

https://doi.org/10.14361/9783839442777-003 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

gebung eine derart starke Gravitation, dass noch nicht einmal Licht von dort entkommen kann. Die für die Reionisierung des Weltalls wichtigen Strahlungsquellen dürften Sterne und Quasare gewesen sein, die durch ihre Ultraviolettstrahlung die umliegenden Gaswolken ionisiert und auf diese Weise ausgezeichnete Bereiche im interstellaren Raum gebildet haben. Doch wie ist es überhaupt zur Entstehung von Sternen und Galaxien gekommen?

Bereits im ganz jungen Universum traten *Fluktuationen* auf: äußerst geringe Schwankungen der Dichte beziehungsweise der Temperatur. Nach der Vereinigung von Elektronen und Atomkernen, „froren" diese Fluktuationen aus und wurden höchst wirksam. Sie waren die *Keime*, aus denen sich später unaufhaltsam Sterne, Galaxien, Galaxienhaufen und noch größere Strukturen im Universum entwickelten.

Nach der Rekombinationsepoche verteilten sich die Wasserstoff- und Heliumatome nicht wie ein ideales Gas gleichmäßig im expandierenden Weltraum. Vielmehr entstanden aufgrund der Fluktuationen und Gravitation dichtere, heißere Zonen. In ihnen kollabierten und sammelten sich große Mengen Materie, aus denen schlussendlich großräumige Strukturen hervorgingen. Das war nur mit Hilfe schon vorhandener *Dunkler Materie* möglich. Dunkle Materie ist eine postulierte Form von Materie, die nicht direkt beobachtbar ist, aber über Gravitation wechselwirkt. Sie ist mittlerweile durch eine ganze Reihe von Beobachtungen indirekt nachgewiesen, auch wenn noch weitgehend unverstanden ist, wie und woraus sie sich zusammensetzt. Das Universum besteht nur zu einem kleinen Teil (5 %) aus uns bekannter Materie und Energie, von dem wiederum nur 10 % Licht aussendet und dadurch sichtbar ist. Einen größeren Teil (27 %) macht Dunkle Materie aus. Der größte Teil (68 %) ist *Dunkle Energie*. Diese ist eine hypothetische Form der Energie, die die beobachtete beschleunigte Expansion des Universums erklären soll. Während gewöhnliche Materie und Energie durch Gravitation die Ausdehnung des Weltalls verlangsamen, beschleunigt die Dunkle Energie dessen Ausdehnung.

Durch die im jeweiligen Zentrum eines ausgezeichneten Bereichs sich verdichtende *Gasmasse* stiegen Dichte und Temperatur so hoch an, dass das Gas zum *Plasma* wurde. Das Plasma verdichtete und erhitzte sich weiter, bis daraus schließlich *ein massereicher Stern* wurde. Die ersten Sterne waren extrem massereich, heiß, leuchtkräftig und kurzlebig.

Sterne beginnen ihr Leben als *interstellare Wolken* aus Gas. Sie entstehen, indem sich Materie so lange zusammenzieht und aufheizt, bis im Inneren durch *Kernfusion* Wasserstoff in Helium umgewandelt und so enorme Energie freigesetzt werden kann. Hat ein Stern seinen Wasserstoffvorrat aufgebraucht, kontrahiert seine Kernregion und heizt sich weiter auf. Wenn die Kernregion beginnt Helium zu „verbrennen", steigt die Leuchtkraft des Sterns dramatisch an. Die äußeren Schichten des Sterns blähen sich auf, und der Stern wird zu einem *Roten Riesen*. Im Endstadium nach dem Schalenbrennen kollabiert und explodiert der Stern, wobei die äußeren Gasschichten abgestoßen werden. Unsere Sonne zum Beispiel wird in etwa fünf Milliarden Jahren zu solch einem Roten Riesen werden, dessen heiße Atmosphäre die Erde umfangen wird. Schließlich wird sie ein heißes, weißglühendes Stück hochkomprimierter Kohle werden und als ein langsam abkühlender, aus Kohlenstoff und Sauerstoff bestehender *Weißer Zwerg* enden. Sterne mit der vielfachen Masse der Sonne explodieren am Ende als sogenannte *Supernovae*. Sie

https://doi.org/10.14361/9783839442777-003 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

sind es, die gegen Ende ihres Lebenszyklus Elemente mit höheren Ordnungszahlen, bis zu Uran und darüber hinaus, erbrütet haben beziehungsweise erbrüten.

In der Kosmologie teilt man die Sterne in zwei beziehungsweise drei Populationen (Hauptgruppen) ein, die sich besonders durch ihre Farbe und ihre spektralen Eigenschaften unterscheiden. Ihr Spektrum reicht von leuchtkräftigen, heißen, *blauen* Sternen, die normalerweise Riesen sind, bis zu den leuchtschwachen, kühlen, *roten* Sternen, die massearme Zwerge sind. Während der Population I (Scheibenpopulation) relativ junge und blaue Sterne angehören, die überwiegend in den galaktischen Scheiben gefunden werden, zählen zur Population II eher alte und rote Sterne. „Sie werden vorzugsweise in den Sphäroiden von Spiralgalaxien sowie in elliptischen Galaxien beobachtet. Bisweilen unterscheidet man noch eine dritte Gruppe, die als Population III beziehungsweise als Scheibenpopulation II oder Halopopulation bezeichnet wird."[5] Die Sterne der Population III gehören mit einem Alter von über sechs Milliarden Jahren zu den ältesten Sternen im Universum.

Sterne treten für gewöhnlich nicht allein auf, sondern entstehen in Haufen oder losen Ansammlungen, die zusammen eine *Galaxie* bilden. „Seit der Klassifizierung durch Edwin Hubble (1936) unterscheidet man drei Grundtypen von Galaxien: Spiralgalaxien, Elliptische Galaxien und Irreguläre Galaxien."[6] Während sich die Sterne in einer typischen *Spiralgalaxie* bevorzugt in einer relativ flachen Scheibe aufhalten sowie in einer mehr oder weniger ausgeprägten zentralen Wulst (dem *Bulge*), haben die *elliptischen Galaxien* die Gestalt mehr oder minder abgeplatteter Kugeln oder Ellipsoide. Während Erstere lebhaft neue Sterne hervorbringen, tendieren Zweitere eher zur Vergreisung ihrer Population. „Galaxien sind – wie alles im Universum – einer ständigen Entwicklung unterworfen."[7] Sofern durch den Kreislauf von Geburt und Ableben der Sterne das interstellare Gas laufend mit chemischen Elementen jenseits des Heliums angereichert wird, spricht man „von der *chemischen Entwicklung* der Galaxien"[8]. Auch kommt es immer wieder zu Galaxienkollisionen.

Unsere *Sonne* ist ein ganz gewöhnlicher Stern, zwar etwas massereicher und leuchtkräftiger als der Durchschnitt, doch verglichen mit den hellsten Sternen nur ein blasses Abbild. Sie gehört zur Spiralgalaxie der *Milchstraße*, deren nächste, etwa gleichgroße Nachbargalaxie der ebenfalls spiralförmige *Andromedanebel* ist.

Im Laufe von Milliarden Jahren formierten sich *Sterne* zu *Galaxien*, sammelten sich Galaxien zu *Galaxienhaufen* an und fanden sich Galaxienhaufen zu noch größeren *Superhaufen* zusammen. Diese bildeten wiederum fadenartige *Filamente* (Materieansammlungen), die riesige, blasenartige, praktisch galaxienfreie *Voids* (Hohlräume) umspannen. Das Universum hat als ganzes eine *netz-* oder *schwammartige Struktur*. Es *dehnt sich* nach wie vor mit *zunehmender* Geschwindigkeit *aus*. Dabei ist die kosmische Expansion kein kollektives Auseinanderdriften der Galaxien. Vielmehr ist es eben „der Raum selbst, der expandiert und alle Galaxien mit sich führt"[9].

5 Lexikon der Physik: *Sternpopulationen*.
6 Hetznecker 10.
7 Ebd. 9.
8 Ebd.
9 Ebd. 28.

https://doi.org/10.14361/9783839442777-003 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

Vor rund 14 Milliarden Jahren ist also – nach dem Standardmodell der Kosmologie – unser Weltall aus einem einzigartigen Zustand unvorstellbar hoher Dichte und Temperatur entstanden und hat sich durch Expansion und Abkühlung über die Bildung von Elementarteilchen, Atomen und Elementen durch Fluktuationen und auch mittels Schwarzer Löcher zu dem Universum entwickelt, wie wir es heute kennen: mit zahllosen Sternen, Galaxien, Galaxienhaufen und Superhaufen, die sich im Mittel ständig weiter voneinander entfernen, mit unserer Sonne in der Galaxie der Milchstraße und mit unserer Erde, die sich als einer der acht Planeten auf einer Umlaufbahn um die Sonne bewegt. Doch wie ist überhaupt unsere Erde entstanden?

Literatur

Online-Lexika von *Spektrum der Wissenschaft* (Lexikon der Astronomie, Lexikon der Physik), seit 2014 schrittweise online verfügbar.

Helmut Hetznecker: *Expansionsgeschichte des Universums. Vom heißen Urknall bis zum kalten Kosmos*, 2. Auflage 2022.

B Die Entstehung und Entwicklung der Erde

Vor rund 4,6 Milliarden Jahren wuchs „im Innern einer zusammenstürzenden Gaswolke die Sonne heran“[10]. Dabei bildete sich aus der Gaswolke eine flache rotierende *Gas-* und *Staubscheibe*. Die Masse dieser Scheibe war viel geringer als die unserer jungen Sonne und erstreckte sich etwa 15 Milliarden Kilometer durch den Raum. Sämtliche *Planeten* unseres Sonnensystems entstanden in dieser Scheibe „und deshalb bewegen sie sich bis heute praktisch in einer Ebene“[11].

Die Entstehung der Planeten lief nach bisher gültiger, mittlerweile jedoch nicht mehr unumstrittener Auffassung in *zwei Phasen* ab. In der *ersten* begann die Entwicklung „mit zufälligen Zusammenstößen der anfangs gleichmäßig über die Scheibe verteilten Staubpartikel“[12]. Die Partikel klebten zusammen und bildeten immer größere Klümpchen. Aus den *Klümpchen* wurden schließlich *Klumpen* und immer größere *Brocken*. Innerhalb von wenigen Millionen Jahren bildeten sich „aus den Brocken die Vorläufer von Planeten, die sogenannten Planetesimale“[13], von denen einige schon etliche hundert Kilometer groß waren. In der *zweiten* Phase *vereinigten sich* mehrere dieser *Planetesimale* zu noch größeren Objekten. Die schwersten Planetesimale wuchsen aufgrund ihrer größeren Masse viel schneller als die leichteren Planetenvorläufer. Es entstanden *Felsenplaneten*. Ihr Wachstum war beendet, als fast aller Staub verbraucht war. Dies alles dauerte circa hundert

10 Lesch/Kummer 139.
11 Ebd.
12 Ebd.
13 Ebd. 142.

https://doi.org/10.14361/9783839442777-003 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

Millionen Jahre. Die inneren Planeten Merkur, Venus, Erde und Mars unseres Sonnensystems waren geboren.

In ihrem frühen Stadium hatte die Erde weder die Gestalt einer Kugel, noch war sie blau. Der stabilisierende Mond fehlte noch. Die Erde torkelte förmlich durchs All. Sie war *kahl* und *extrem heiß*, weil sie unter Dauerbeschuss frei herumfliegender Gesteinsbrocken stand, die beim Einschlag eine enorme Hitze verursachten. *Meere aus Lava* entstanden. Allmählich nahm die Erde die Form eines *glühenden Balls* an. Unser Planet wuchs weiter und erreichte zwei Drittel seiner heutigen Größe. *Schwermetalle*, wie Eisen und Nickel, wanderten in die Tiefe und bildeten den gewaltigen *Erdkern*. Die Erde rotierte wesentlich schneller als heute. Insbesondere unter dem Einfluss des Monds wurde sie im Laufe der Zeit abgebremst. Doch wie entstand wiederum unser *Mond*?

Der *Kollisionstheorie* zufolge stieß rund 70 Millionen Jahre nach dem ersten Aufleuchten der Sonne ein Himmelskörper, der halb so groß wie die Erde war, mit der noch jungen Erde zusammen. Durch die Kollision wurden große Teile der leichten Erdkruste weggerissen und ins All geschleudert. Gemeinsam mit Überresten des Einschlagkörpers bildete sich daraus eine Gesteinswolke, die schließlich durch Abkühlung und Verdichtung sowie durch weitere Kollisionen zu unserem Mond wurde. Dieser wird durch Gravitation auf einer dauerhaften Umlaufbahn um die Erde gehalten. Eigentlich drehen sich Erde und Mond um den gemeinsamen Schwerpunkt, der aber wegen der deutlich schwereren Erde innerhalb dieser liegt.

Als Erde und Mond vor etwa 4,6 Milliarden Jahren entstanden, war zunächst für Millionen Jahre die Oberfläche der Erde ein *Ozean aus flüssigem Gestein*. Aus diesem Lavaozean und aus Vulkanen drangen *Gase* aus dem Erdinneren. Es bildete sich eine Uratmosphäre, die vorwiegend aus Wasserstoff, Methan, Ammoniak, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid bestand. Als die Temperatur in dieser Atmosphäre unter 100 Grad Celsius fiel, konnte Wasserdampf zu *Wasser* kondensieren, das eine Verbindung aus dem häufigsten Element im Universum (Wasserstoff) und dem häufigsten Element auf der heutigen Erde (Sauerstoff) darstellt. Es entwickelten sich atmosphärische *Wolken*, und es regnete viele Millionen Jahre lang. So sammelte sich vor rund 4,2 Milliarden Jahren auf der Erdoberfläche ein weltumspannender *Urozean*. Als Hauptkomponente der Atmosphäre blieb schließlich *Stickstoff* übrig. Freien Sauerstoff gab es noch nicht.

Im *Präkambrium* (der Erdfrühzeit) – vor ca. 4,56 bis 0,54 Milliarden Jahren –, in dem sich „die Erde zu einem Planeten mit den physikalischen und chemischen Rahmenbedingungen von heute entwickelte", fanden „die entscheidenden, evolutiven Schritte für eine belebte Erde statt".[14] Schon kurz nachdem die Bedingungen Leben grundsätzlich zuließen, trat *erstes primitives Leben* auf. In Westaustralien sind drei Milliarden Jahre alte Überreste von Bakterienkolonien zu finden, die auf ein warmes Klima und flaches Wasser schließen lassen. Es gab zu dieser Zeit schon *Land*. Magma, das heißt Gesteinsschmelzen, die in der tieferen Erdkruste und weiter innen im Erdmantel vorkommen, hatte sich aus dem Erdinneren an die Oberfläche gedrängt und nach und nach zu *Inseln* und schließlich zu *Kontinenten* aufgetürmt.

Während es in der Zeit des Präkambriums nur *Einzeller* und *primitive Lebewesen* (ab etwa 1,4 Milliarden Jahren) gab, trat nun im *Paläozoikum* (dem Erdaltertum) – vor ca. 542

14 Oschmann 36.

https://doi.org/10.14361/9783839442777-003 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

bis 251 Millionen Jahren – eine Vielzahl von *größeren Tieren* auf. Durch Kontinentalverschiebung kam es zu einer ständigen geographischen Neuordnung der Kontinente, die in der Bildung eines *Superkontinents*, in dem alle heutigen Kontinente noch vereinigt waren, gipfelte. Dieser Kontinent war vom Urozean umgeben. In dieser Periode entfalteten sich viele Stämme der *wirbellosen Tiere*. Und es entwickelten sich nacheinander die ältesten *Wirbeltiere*, *Gefäßpflanzen*, *Samenpflanzen*, *Amphibien* (wie Frösche und Lurche) und *Reptilien* (wie Krokodile oder Eidechsen). „Am Ende des Paläozoikums waren marine und terrestrische Lebensräume hoch entwickelt, bevor es an der Grenze Perm/Trias [vor rund 251 Mio. Jahren] zu einem verheerenden Massenaussterben kam, das große Teile des irdischen Lebens auslöschte."[15]

Das *Mesozoikum* (das Erdmittelalter) – vor ca. 251 bis 66 Millionen Jahren – war zunächst von der schnellen Entwicklung von Reptilien geprägt. Erste *Dinosaurier* und erste *primitive Säugetiere* traten auf. Der Superkontinent begann zu zerbrechen. Der Atlantik entstand. Dann erschienen die ersten *Vögel*, die streng genommen zu den Dinosauriern zählen, und die ersten *wirklichen Säugetiere*. Es gab eine große Vielfalt an Dinosauriern und *Ammoniten*, in Schalen lebenden Kopffüßern. „Ichthyosaurier und Plesiosaurier und andere Gruppen besiedelten die Meere. Flugsaurier und Vögel erhoben sich als zum Teil exzellente Flieger in die Lüfte."[16] Die Öffnung des Atlantiks ging weiter, bis schließlich *Nordamerika* nach und nach von *Eurasien* getrennt wurde. Der Pazifik zeichnete sich bereits in seiner heutigen Umgrenzung ab. Das Klima war überall *sehr warm*. So konnten sich die *Blütenpflanzen* entwickeln. Geographisch lösten sich im Süden das *antarktische Festland* und im Südosten *Australien*. *Indien* driftete nach Norden und *Südamerika* nach Westen. Am Ende dieser Periode starben aufgrund eines verheerenden Asteroideneinschlags (Chicxulub-Impakt) viele Lebensformen aus, darunter auch die Dinosaurier.

Das *Känozoikum* (die Erdneuzeit) – vor etwa 66 Millionen Jahren bis heute – ist das *Zeitalter der Säugetiere*. Das seit langem existierende Urmeer trennte *Afrika* und *Vorderasien* vom eurasiatischen Kontinent. Auf dem Land entfalteten sich die Säugetiere zu höchster Blüte. Infolge der niedriger werdenden Temperaturen gestaltete sich allmählich auch die Pflanzenwelt neu. Im Wasser brachten unter den *Fischen* die Haie und modernen Knochenfische eine große Artenvielfalt hervor. Auch *Meeressäuger*, wie Wale und Seekühe, gehörten nun zur Fauna. Später verursachten Temperaturschwankungen weltweit in den gemäßigten Zonen *Kalt-* und *Warmzeiten* und in den warmen Zonen *Regen-* und *Trockenzeiten*. In den Kaltzeiten kam es zu starken regionalen Vereisungen. Jedoch hatte es schon vor 2,3 und vor 0,7 Milliarden Jahren extreme und lang andauernde *Eiszeiten* mit vollständiger Vereisung der Erde gegeben.

Die *Evolution* des Planeten Erde ist damit nicht zu Ende, sie wird auch zukünftig weitergehen.

> „Allerdings nahmen die Eingriffe des Menschen in das Erdsystem im Verlauf der letzten Jahrhunderte immer mehr zu, und sind inzwischen zu einem der wichtigsten, wahrscheinlich zum wichtigsten Faktor überhaupt geworden. […] Durch menschliche Einflüsse verursachte Klimaänderungen und der dramatische Biodiversitätsverlust

15 Ebd. 84.

16 Ebd. 212.

https://doi.org/10.14361/9783839442777-003 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

> sind ernst zu nehmende Probleme, für die wir bislang keine Lösungsansätze kennen oder nicht bereit sind, sie umzusetzen."[17]

Diese Probleme sind „kausal mit der Zunahme der Weltbevölkerung und der damit verbundenen Zunahme der Landnutzung verbunden"[18].

Da die Leuchtkraft unserer Sonne unaufhaltsam zunimmt, wird es in etwa 500 Millionen bis einer Milliarde Jahren auf der Erde so heiß werden, dass die Ozeane zu kochen beginnen. Auch wird nach Modellrechnungen „der CO_2-Gehalt für die Photosynthese zu niedrig sein"[19]. Das wird unweigerlich das Ende des Lebens auf der Erde bedeuten. Die Organismen werden „in der umgedrehten Reihenfolge ihres Entstehens"[20] verschwinden. Wenn dann in über fünf Milliarden Jahren von der Sonne nur noch ein Weißer Zwerg übriggeblieben sein wird, wird eine in *Kälte* und zunehmender *Dunkelheit* erstarrte Erde den Rest der Sonne umkreisen. Im irdischen Bereich gibt es also nicht nur eine *Aufwärts*entwicklung, sondern auch eine *Abwärts*entwicklung, einen Verfall.

Vor rund viereinhalb Milliarden Jahren hat sich unsere Erde aus der um die noch junge Sonne kreiselnden Gas- und Staubscheibe durch Verklumpung und Vereinigung von Planetesimalen gebildet und wurde zu einem glühenden Ball, der von einer Uratmosphäre umgeben war. Aufgrund des durch Abkühlung entstandenen Wassers und der abregnenden Wolken sammelte sich ein Urozean auf der Erdoberfläche, in dem nach und nach ein Superkontinent auftauchte. Er brach in einzelne Kontinente auseinander, die in die heutige Formation drifteten. Aus primitivstem Leben entwickelten sich Pflanzen und immer höhere Tiere, bis hin zu Säugetieren. Wie ist im Zuge dieser Aufwärtsentwicklung auf Erden Leben genauer entstanden? Wie ist der Mensch entstanden?

Literatur

Harald Lesch/Christian Kummer: *Wie das Staunen ins Universum kam. Ein Physiker und ein Biologe über kleine Blumen und große Sterne*, 3. Auflage 2017.

Wolfgang Oschmann: *Evolution der Erde. Geschichte der Erde und des Lebens*, 3., korrigierte Auflage 2021.

C Die Entstehung des Lebendigen und des Menschen

Schon vor rund 4 Milliarden Jahren ist aus Nicht-Lebendigem Lebendiges geworden. Wie die *chemische Evolution* oder *Abiogenese* dabei genau vor sich gegangen ist, das heißt wie aus anorganischen Stoffen organische Stoffe entstanden sind, ist immer noch nicht hinreichend erforscht. Aus anorganischen Stoffen bildeten sich *einfache organische Moleküle*,

17 Ebd. 362.
18 Ebd.
19 Ebd. 367.
20 Ebd.

https://doi.org/10.14361/9783839442777-003 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

wie Säuren oder Alkohole, aus denen dann etwa über Aminosäuren *komplexe* organische Moleküle (Biomoleküle) hervorgingen. *Aminosäuren* sind chemische Verbindungen von Stickstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff, die die Bausteine von Proteinen (Eiweiß) bilden.

Bei der Entstehung von Leben dürfen wohl drei Umstände als gesichert gelten: 1. Es hat sich nur eine Form von Leben durchgesetzt, nämlich diejenige, die auf *Nukleinsäuren* (RNA und DNA) beruht, wobei diese Säuren bei allen Organismen deren *genetische Information* enthalten; 2. Es war *Wasser* als universelles Lösungsmittel nötig; 3. Es bedurfte einer *Energiequelle* wie zum Beispiel ultravioletter Strahlung. Nach der Phase der erstmaligen Entstehung von Leben aus Nicht-Lebendigem gilt das *Gesetz der Biogenese*: alles Lebendige entsteht aus Lebendigem (*omne vivum ex vivo*).

Alle Lebewesen bestehen vorwiegend aus Wasser und organischen Kohlenstoffverbindungen und sind aus *Zellen* aufgebaut. Zellen sind strukturiert und kompartimentiert, das heißt sie bilden ein komplex aufgebautes System von Reaktionsräumen, die voneinander abgegrenzt sind. Durch *Biomembranen* sind sie untereinander und zur Außenwelt hin abgetrennt. In ihrem *Erbgut* enthalten sie alle Anweisungen, die für das Wachstum und die vielfältigen Lebensprozesse notwendig sind.

Nur ganz einfache Lebewesen, wie Bakterien, enthalten in ihren Zellen keinen Zellkern. Alle sogenannten *Eukaryoten* hingegen besitzen einen *Kern* in ihren Zellen. Darunter fallen Pilze, Pflanzen und Tiere, zu denen die Menschen als eigene Gattung oder Art gehören.

Ganz allgemein lassen sich Lebewesen als organisierte Einheiten verstehen, die unter anderem zu *Stoffwechsel*, *Reizbarkeit*, *Wachstum*, *Fortpflanzung* und *Evolution* (im Sinne von Weiter- oder Höherentwicklung zu komplexeren Wesen) fähig sind. Sie stehen, systemtheoretisch betrachtet, in einem lebenslangen *Energie-*, *Stoff-* und *Informationsaustausch* mit der *Umwelt*. Sie sind zumindest auf der biochemischen Ebene dauernd Reizen und Zwängen der Umwelt ausgesetzt, können aber ihrerseits wiederum auf ihre Umwelt verändernd zurückwirken. Sie sind *autopoietisch*: sich selbst erschaffende und erhaltende Systeme. Und sie sind *autark*: bis zu einem gewissen Grad von der Umwelt unabhängig.

Die Evolutions- oder Entwicklungsgeschichte des Lebens auf der Erde hat einen *einzigartigen Verlauf*. Durch biologische Evolution veränderten sich allmählich von Generation zu Generation die *vererbbaren Merkmale* einer Population von Lebewesen. Und es entwickelten sich durch *Mutation*, *Variation*, *Vererbung* und *Selektion* die verschiedenen *Arten* von Lebewesen. Infolge natürlicher Selektion vermehrten sich besser angepasste Individuen stärker als andere. So gesehen sind *Zufall* (Selektionsdruck) und *Notwendigkeit* (Selektion) die beiden großen Faktoren, die den Verlauf der Geschichte des Lebendigen bestimmen.

> „Aber es ist nicht einfach der Zufall der blind in der DNA erfolgenden Mutationen, und es ist nicht einfach die Notwendigkeit der Anpassung an den Selektionsdruck der Umwelt, die diese Geschichte schreiben. Es ist vielmehr die *lebendige* Einheit, der *Organismus*, ob groß oder klein, der *mit seiner Gestaltungskraft* die evolutive Höherentwicklung steuert."[21]

21 Lesch/Kummer 62f (H.d.V.) [= Hervorhebung durch die Verfasser dieses Buches: Cora Duttmann und Johannes Herzgsell].

https://doi.org/10.14361/9783839442777-003 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

Durch Evolution entstanden nicht nur zahlreiche verschiedene Arten innerhalb einer Gattung von Lebewesen, also zum Beispiel ganz verschiedene Arten von Pflanzen und Tieren, sondern auch die drei *Domänen*, in die die moderne Biologie die Lebewesen unterteilt: die Bakterien, die Archaeen und die Eukaryoten. Zu Letzteren gehören die drei Reiche der *Pflanzen, Pilze* und *Tiere*.

Pflanzen unterscheiden sich von Pilzen und Tieren durch ihre *photoautotrophe Lebensweise*. Da sie Chloroplasten (grüne Zellteile) besitzen, können sie die zum Leben notwendige Energie durch *Photosynthese* gewinnen. Bei der Photosynthese wandeln sie mithilfe von lichtabsorbierenden Farbstoffen, wie Chlorophyll, Lichtenergie in chemische Energie um. Sie sind daher *phototroph*. Und sie sind *autotroph*: Sie benötigen keine organische Nahrung, sondern können organische Substanzen durch die Assimilation von Kohlendioxid bilden. Die Photosynthese ist der natürliche Prozess auf der Erde, durch den *Sauerstoff* aus Kohlendioxid erzeugt wird. *Heterotrophe* Lebewesen, wie die Menschen, Tiere und Pilze, beziehen ihre Nahrung und den zur Atmung nötigen Sauerstoff letztlich von *autotrophen* Lebewesen, wie den Pflanzen. Dabei steht im Meer vor allem das Phytoplankton, das überwiegend aus Algen besteht, am Anfang der Nahrungskette.

Tiere beziehen ihre Stoffwechselenergie nicht wie die Pflanzen aus Sonnenlicht. Wie eben angedeutet sind sie *heterotroph*. Sie benötigen Sauerstoff zur Atmung und ernähren sich zur Energie- und Stoffgewinnung von anderen Lebewesen. Die meisten von ihnen können sich im Unterschied zu Pflanzen *aktiv bewegen* und besitzen *Sinnesorgane*. Biologisch betrachtet sind sie heterotrophe Lebewesen mit Nerven-Sinnes-Funktionen. Tiere bilden keine phylogenetische Einheit. So haben einzellige Tiere und vielzellige Tiere keinen gemeinsamen Stammbaum. Aber auch *einzellige* Tiere untereinander stellen keine stammesgeschichtlich einheitliche Gruppe dar. Beispielsweise sind die Wimpertierchen näher mit den Pflanzen als mit den mehrzelligen Tieren verwandt. *Vielzellige* Tiere bilden dagegen – trotz der großen Unterschiede zwischen Wirbeltieren, Insekten, Seesternen, Quallen und anderen Arten – tatsächlich eine *einheitliche* systematische *Gruppe* mit einem *gemeinsamen Vorfahren*.

Der *Homo sapiens* – der verstehende, vernünftige oder weise Mensch – ist der biologischen Systematik gemäß ein *höheres Säugetier* aus der Ordnung der *Primaten* und gehört dort zur Familie der Menschenaffen. Von den noch lebenden *Menschenaffen* sind die Schimpansen dem Menschen stammesgeschichtlich am nächsten verwandt, vor den Gorillas. Die ältesten *Primaten* reichen bis in die *Oberkreide* zurück, das heißt sie traten vor circa 70 Millionen Jahren auf. Im späten *Eozän*, vor etwa 34 Millionen Jahren, entstanden in Afrika und Asien die *Altweltaffen*. Aus diesen entwickelten sich im Verlauf des *Miozäns*, vor circa 23 bis 5 Millionen Jahren, die *Menschenaffen* mit den heutigen Vertretern *Pongo* (Orang-Utan), *Gorilla* und *Pan* (Schimpanse).

> „*Ardipithecus* lebte vor etwa 4,5 Mio. Jahren und gilt als Verwandter und möglicher Vorläufer von *Australopithecus*, der vor etwa 4 Mio. Jahren erstmals auftrat. Die Gehirngröße war noch gering und vergrößerte sich. Im Zeitraum von etwa 5–2 Mio. Jahren vor heute von 350 cm^3 auf 500 cm^3. In der *Australopithecus*-Gruppe werden verschiedene Arten unterschieden, die sich auf zwei Gruppen verteilen."[22]

22 Oschmann 351–353.

https://doi.org/10.14361/9783839442777-003 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

Dabei wird die „grazile" Gruppe als Vorläufer der Gattung *Homo* angesehen.

> „Die Gattung Homo trat mit *Homo rudolfensis* vor etwa 2,5 Mio. Jahren in Afrika auf. Kurz darauf folgte *Homo habilis*. Beide erreichten ein Gehirnvolumen von etwa 700–750 cm³. Ab etwa 2 Mio. Jahren vor heute folgten *Homo ergaster* und *Homo erectus*. Das Gehirnwachstum beschleunigte sich und nahm auf bis zu 1000 cm³ zu. Homo erectus besaß Stein- und Knochenwerkzeuge, kannte den Gebrauch des Feuers und hat als erste Art des Menschen Afrika verlassen. Er ist über den Vorderen Orient nach Europa und Asien ausgewandert."[23]

Vor über 600.000 Jahren entstanden die Vorfahren von *Denisova-Mensch*, *Neandertaler* und *modernem* Menschen (*Homo sapiens*).

Der moderne Mensch entwickelte sich vor über 300.000 Jahren in Afrika. Etwa 315.000 Jahre alte Schädelknochen aus Marokko gelten derzeit als älteste, unbestritten dem anatomisch modernen Menschen zugeordnete Fossilien. Zwischen circa 200.000 und 45.000 Jahren vor heute ist er „in mehreren Einwanderungswellen nach Eurasien vorgedrungen, wobei erst die letzte Einwanderungswelle zur dauerhaften Besiedlung in großer Zahl führte"[24]. Sein Gehirnvolumen beträgt wie das des Neandertalers etwa 1.400 cm³.

Nach der *Out-of-Africa-Theorie* breitete sich der Mensch während der letzten Kaltzeit, die vor rund 115.000 Jahren einsetzte und mit dem Beginn des Holozäns vor etwa 11.700 Jahren endete, vom afrikanischen Kontinent aus. Jüngere fossile Belege für den Menschen gibt es in allen Kontinenten, außer in Antarktika, dem Südkontinent der Erde.

Der *Mensch* zeichnet sich gegenüber den noch lebenden Primaten neben dem *größeren Gehirn* hauptsächlich durch den *aufrechten Gang* aus. Dieser ist in der Tierwelt nichts Ungewöhnliches, bei den Säugetieren jedoch selten. Er ermöglicht dem Menschen das *zweibeinige Stehen*, *Gehen* und *Laufen*. Mit ihm werden die Arme und Hände nicht mehr zur Fortbewegung gebraucht und können damit vielfältigen Zwecken dienen. Mit seinen Händen vermag der Mensch nicht nur kräftig zuzupacken, sondern auch verschiedene Formen feinfühliger *Präzisionsarbeit* auszuüben. Das darin begründete besondere *Zusammenwirken* von Auge und Hand führt beim Menschen zum *Vorrang* des *Gesichts-* und *Tastsinns* gegenüber dem Geruchssinn. Der zum Greifen nicht mehr benötigte und weniger schnauzenartig vorspringende Kieferapparat ermöglichte den betreffenden Organen, die zusammen mit anderen Organen an der Stimmerzeugung beteiligt sind, eine *äußerst differenzierte Lautbildung*.

Das *menschliche Gehirn* entspricht in seinem Aufbau dem Gehirn anderer Primaten, ist jedoch im Verhältnis zum Körper größer. Anhand von Fossilienfunden ist nachweisbar, dass sich der aufrechte, zweibeinige Gang des Menschen deutlich früher entwickelte als die starke Vergrößerung des Gehirns. Neben der *biologischen Evolution* war für den Menschen auch seine *kulturelle Entwicklung* maßgeblich. Sie zeigte sich insbesondere im Gebrauch von *Werkzeugen* und in der gesprochenen *Sprache*. Diese gilt von alters her als

23 Ebd. 353 (H.d.V.)

24 Ebd. 355.

https://doi.org/10.14361/9783839442777-003 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

das Kennzeichen des Menschen schlechthin, durch das er sich von allen anderen Lebewesen unterscheidet. Ihre Anfänge liegen vermutlich 200.000 bis 100.000 Jahre zurück. Eine ausgebildete Sprachfähigkeit wird vor etwa 35.000 Jahren angenommen. Der kulturelle Entwicklungsstand der frühen Vorfahren des Menschen blieb zunächst über Jahrtausende hinweg nahezu gleich. Erst vor circa 40.000 Jahren beschleunigten sich die kulturellen Erneuerungen und nach dem Aufkommen von *Ackerbau* und *Viehzucht* begann der Mensch großräumig gestaltend in seine Umgebung einzugreifen.

Das bei vielen Tieren ausgeprägte Reiz-Reaktionsschema gilt für den Menschen nicht in gleicher Weise. Zwischen Signal und Reaktion, zwischen Bedürfnis und Befriedigung besteht für den Menschen die Möglichkeit, *Abstand* herzustellen, den Reiz-Reaktions-Automatismus zu *durchbrechen* und *ganz unterschiedlich* zu reagieren und zu handeln. Der Mensch lebt nicht in geschlossenen Funktionskreisen, sondern in *offenen Handlungskreisen*.

Nachdem also vor rund 4 Milliarden Jahren aus anorganischen Stoffen Biomoleküle geworden waren, entstanden aus frühen Lebewesen immer weitere Lebewesen, die sich hauptsächlich durch Mutation und Selektion höherentwickelten. Aus einer gemeinsamen Stammform entwickelten sich die Tiere, die untereinander näher verwandt sind als mit allen anderen Lebewesen, und aus Säugetieren schließlich Menschenaffen, zu deren Familie auch der Mensch biologisch gehört. Der Mensch hatte sich aufgerichtet und sein Gehirn vergrößerte sich. Das ermöglichte es ihm, durch den Gebrauch von Werkzeug und Sprache seine biologische Höherentwicklung in einer kulturellen weiterzuführen.

Der Mensch weiß viel über die Gesamtgeschichte seiner Herkunft. Im Einzelnen weiß er jedoch sehr vieles noch nicht. Aufgrund seines bisherigen Erfolgs bei der naturwissenschaftlichen Erforschung der materiellen Welt und der Natur darf er hoffen und vermuten, in Zukunft noch viele Rätsel lösen zu können. Christen sind offen für jede Art von wissenschaftlicher Erkenntnis oder sollten es zumindest sein. Für sie kann es von vornherein keinen echten Konflikt zwischen *Glaube* und *Erkenntnis* geben. Denn sowohl die *Offenbarung* als das, was er glaubt, als auch Welt und *Vernunft* als das, was und womit er erkennt, gehen seiner Überzeugung nach letztlich auf Gott, den Offenbarer und Schöpfer zurück.

Alles in allem zeigt schon ein oberflächlicher, naturwissenschaftlicher Blick, dass die Wirklichkeit, in der sich der Mensch befindet und zu der er selbst gehört, der *Entwicklung* unterliegt. Welt und Mensch stellen Wirklichkeiten dar, die nicht festgelegt und bereits fertig sind, sondern sich ständig verändern und von einfacheren zu komplexeren Zuständen weiterbilden. Aus einem einfachen Anfangszustand hat sich das Weltall mit seinen komplexen Strukturen entfaltet und entfaltet sich immer noch weiter. Jede Entwicklung hat ein *Ziel*, andernfalls würde es sich nur um aufeinanderfolgende Veränderungen handeln. Nach einer starken Interpretation des *starken anthropischen Prinzips* war es Sinn und Zweck der kosmischen Entwicklung, dass irgendwann irgendwo intelligente Wesen entstehen, die den Kosmos beobachten und über ihn nachdenken, so dass er in diesem Wesen zu sich kommt, das heißt *sich seiner selbst bewusst* wird. Tatsächlich haben sich auf dem Planeten Erde aus anorganischer Materie Lebewesen und aus höheren Lebewesen schließlich Menschen herangebildet, die sich ihrer Umwelt und ihrer selbst immer mehr bewusst werden. Jedes einzelne Lebewesen muss heranwachsen und sich ausbilden. Beim Menschen umfasst die Entwicklung, wie eingangs erwähnt, nicht

https://doi.org/10.14361/9783839442777-003 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

nur das Körperliche und Seelische, sondern auch das Geistige und Geistliche. Das Ziel seiner *geistigen* Entfaltung besteht darin, Wesentliches von Unwesentlichem unterscheiden, über sich selbst und die Welt in rechter Weise nachdenken und in der Welt in angemessener Weise handeln zu können, das heißt, philosophisch gesprochen, *vernünftig* und *weise* zu werden. Das Ziel seiner *geistlichen* Reifung und Umwandlung liegt darin, wie sich noch zeigen wird, ein *selbstlos* und *umfassend liebendes* Wesen zu werden. Von daher ist der Mensch ein *sich entwickelndes Wesen in einer sich entwickelnden Welt*. Im Folgenden wird diese Einsicht vorausgesetzt und in ihrer Bedeutung gewürdigt.

https://doi.org/10.14361/9783839442777-003 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

https://doi.org/10.14361/9783839442777-003 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA