

## Unser Universum – eine Lebensnische im Multiversum?

Bruno Binggeli

in: *Evolution – Entwicklung und Dynamik in den Wissenschaften* (Oesterreichischer Wissenschaftstag 2009, Semmering), hrsg. G. Magerl und R. Neck, Böhlau Verlag, Wien 2010

Das Jahr 2009 ist nicht nur ein Darwin-Jahr, sondern auch ein “Internationales Jahr der Astronomie”. Der Anlass für letzteres ist ebenfalls ein (doppeltes) Jubiläum: Vor 400 Jahren benutzte Galilei erstmals ein Teleskop für Himmelsbeobachtungen und publizierte Kepler seine Entdeckung der elliptischen Planetenbahnen. So ist es vielleicht nicht ganz unpassend, wenn auch ein Astronom zu dieser Tagung etwas beitragen darf. Aber haben denn die beiden Gebiete, Evolutionsbiologie und Astronomie, überhaupt etwas miteinander zu tun, über die Tatsache hinaus, dass auch die Objekte der Astronomie einer natürlichen Entwicklung unterliegen, welche der Entwicklung des Lebens notwendig vorausgeht? Die Entdeckung extrasolarer Planeten vor 15 Jahren hat der Suche nach Leben, möglicherweise intelligentem Leben im Universum enormen Auftrieb verliehen, und “Astrobiologie” wird in den Augen vieler zu einem der führenden Forschungsgebiete des 21. Jahrhunderts, wenn nicht des 3. Jahrtausends werden. Doch ändert diese Interdisziplinarität noch nichts an der beschränkten, wenn auch fundamentalen Rolle, die der Astronomie in diesem “Spiel” zugedacht ist: Das Weltall wird primär als Bühne verstanden, auf welcher sich in gewissen Nischen Leben entfalten kann. Erst wenn das Weltall *als Ganzes* betrachtet wird, wird auch diese Bühne lebendig und entpuppen sich mögliche Parallelen zur Darwinschen Lehre. Tatsächlich zeigen neuere Konzepte der Kosmologie eine gewisse Verwandtschaft mit denen der biologischen Evolution, und sie entfachen auch dieselbe Kontroverse wie diese. In der Evolutionsbiologie geht es um die Passung des Lebens an die Welt, in der Kosmologie um die Passung der Welt an das Leben. Die bevorzugte Lösung der Wissenschaft scheint im einen wie im andern Fall dieselbe zu sein: Zufall und Auswahl heissen die Schlüsselbegriffe. Bevor ich aber diese Parallelen aufzeige und diskutiere, möchte ich die Entwicklung der Himmelskörper im Universum, und die Entwicklung des Universums als Ganzes, in aller Kürze skizzieren und die begrifflichen Möglichkeiten einer “biologischen Schau” des Universums ausreizen. Als erstes erzähle ich aus dem “Leben” der Sterne.

## Aus dem Leben der Sterne

Begriffe wie Sterngeburt, Sternentwicklung, Sternpopulation zeigen die Beliebtheit biologischer Metaphern in der Astronomie. In alten Zeiten (vor der Neuzeit) war die Vorstellung animierter Himmelskörper freilich nicht bloss metaphorisch gemeint. Selbst noch bei Giordano Bruno sind die Gestirne als eigentliche Lebewesen zu verstehen, und erst mit dem Aufkommen des mechanistischen Weltverständnisses im 18./19. Jahrhundert sind die Himmelskörper zu Konfigurationen "toter" Materie geworden und gilt jegliche Biologisierung oder gar Vermenschlichung etwa des Sternenlebens (die aber noch heute der Popularisierung dient, siehe unten) als psychische Projektion, die allenfalls ein Schmunzeln erzeugt. Trotzdem ist es auch (und vielleicht gerade) heute nicht völlig abwegig, nach dem Leben der Himmelskörper – makroskopischer Körper mit komplexer innerer Struktur und Dynamik auch sie – zu fragen, denn die definitorischen Grenzen zwischen "toter" und "lebender" Materie sind nach wie vor unklar und entsprechend umstritten. Als die unverzichtbaren Hauptmerkmale des Lebens werden meist die Fähigkeit zur Fortpflanzung und gerade auch die Fähigkeit zur biologischen Evolution im (neo-)darwinistischen Sinn genannt. Wenn wir nun also ganz offen und naiv an diese Frage herangehen, so sind es unter den Materie-Ansammlungen des Weltalls sicher am ehesten die Sterne, bei denen eine Art biologische Evolution prinzipiell vorstellbar wäre. Zumindest Sterne grosser Masse haben, verglichen mit dem Weltalter, eine genügend kurze Lebensdauer, um als "Spezies" eine "phylogenetische" Entwicklung durchlaufen zu können. Bei den Galaxien, den Sternsystemen, ist das prinzipiell anders: diese sind nur einmal, und alle in der derselben Epoche der kosmischen Frühzeit entstanden (siehe unten), und sie können, wenn sie nicht mit Nachbargalaxien zusammenstossen und verschmelzen, praktisch ewig leben. Die morphologische Vielfalt der Galaxien ist zwar bedingt durch unterschiedliche physikalische Anfangs- und "Umweltbedingungen", aber es kann nichts "vererbt" werden, weil es nur *eine* Generation von Galaxien gibt. Sterne hingegen gibt es in mehreren Generationen (die Anzahl hängt von der Sternmasse ab; die Sonne z.B. ist vermutlich ein Stern dritter Generation).

Schauen wir uns also zunächst die "Ontogenese", den individuellen Lebensweg eines typischen Sterns an. Sterne entstehen in so genannten Molekülwolken, das sind grosse, turbulente Gas- und Staubkomplexe (siehe Abb. 1). In diesen gibt es kleinere Gebiete, wo die Gasdichte zuweilen einen gewissen kritischen Wert übersteigt. Dort kommt es zum Gravitationskollaps – eine Gaswolke fällt, zuerst im freien Fall, dann immer langsamer in sich zusammen, bis nach hunderttausenden von Jahren Druck und Temperatur im Innern so gross geworden sind, dass sich ein neues Gleichgewicht zwischen Schwerkraft und thermischem Druck einstellt: ein Stern ist geboren. Auf diese Weise entstand vor 4,5 Mia Jahren auch die Sonne – eine Gaskugel, hundert mal grösser als die Erde, im Zentrum 15 Mio Grad, an der sichtbaren Oberfläche noch 5500 Grad heiss. Die innere Struktur, die Schichtung von Dichte und Temperatur, die beide steil nach innen zunehmen, ergibt sich aus dem lokalen hydrostatischen und thermischen Gleichgewicht. *Global* ist ein Stern allerdings im Zustand grösstmöglichen Ungleichgewichts – ein heisser, strahlender Punkt im leeren, kalten Universum (die kosmische Hintergrundtemperatur beträgt nur 3 Grad über dem absoluten Nullpunkt!). Wir haben es also eher mit einem Zustand des "stabilen Ungleichgewichts" zu tun – und genau dies charakterisiert natürlich auch den Zustand der Lebewesen, deren Existenz nur durch eine lokale Umgehung des Gesetzes der



Abb.1 Typische Sternentstehungsregion in der kleinen Magellanschen Wolke. Bild: NASA Hubble Space Telescope ([hubblesite.org/gallery/album/nebula/pr2007004a/](http://hubblesite.org/gallery/album/nebula/pr2007004a/))

wachsenden Entropie ermöglicht wird. Bei den Sternen besorgt die Aufgabe der “Individuation” in erster Linie die Gravitation. Aber es braucht noch etwas anderes, eine innere Energiequelle, um der Schwerkraft die Waage halten und das stabile Ungleichgewicht aufrecht erhalten zu können.

Das ist bekanntlich der Prozess der Kernfusion – im Normalzustand eines Sterns (wie gegenwärtig der Sonne) ist es die Energie freisetzende Verschmelzung von vier Wasserstoffkernen (Protonen) in einen Heliumkern. Dieser “lebenserhaltende” stellare “Stoffwechsel” (um die biologische Analogie aufrecht zu erhalten) führt nun aber auch, durch die Änderung der chemischen Zusammensetzung, zu einer allmählichen Umstrukturierung des ganzen Sterns. Nach und nach füllt sich das zentrale Gebiet des Sterns, wo die Kernumwandlung dank höchster Temperatur ausschliesslich stattfindet, mit “Heliumasche” an, und so muss sich das Energie bringende Wasserstoffbrennen immer mehr nach aussen verlagern. Dies führt schliesslich zur Aufblähung des Sterns zum kühlen “Roten Riesen” [Aehnlichkeiten zur Entwicklung lebender Personen sind rein zufällig!]. Die Sonne wird dieses Entwicklungsstadium in ca. 7 Mia Jahren durchlaufen, und ihre Oberfläche wird dabei fast bis zur Erde reichen. Während sich aber die äussere Hülle des Sterns aufbläht, muss umgekehrt das heliumreiche Zentralgebiet immer weiter schrumpfen. Es wird dabei immer heisser, bis irgendwann die Schwellentemperatur von ca. 100 Mio Grad überschritten wird, bei welcher nun die “Asche”, wenn auch mit kleinerem Energiegewinn, weiter verbrannt wird: Drei Heliumkerne verschmelzen zu einem Kohlenstoffkern (über die Zwischenstufe des Berylliumkerns, der aber sehr instabil ist, weswegen es praktisch einen Helium-Dreierstoss braucht). Währenddessen kann das Wasserstoffbrennen in den äusseren Schichten noch eine Weile weitergehen, aber schliesslich kommt es zu Instabilitäten, die dazu führen, dass die Hülle des Sterns

weggeschleudert wird. Das Resultat ist ein schöner “Planetarischer Nebel”, der aber nichts mit Planeten zu tun hat und auch nur ein vorübergehendes Phänomen darstellt – ein optischer “Schwanengesang” des sterbenden Sterns. Der eigentliche Sternüberrest im Zentrum des Nebels ist ein “Weisser Zwerg”: weissglühend heiss, dabei nicht viel grösser als die Erde. Dieser kompakte Endzustand folgt aus dem Wegfall des inneren Drucks, sobald der “Ofen” im Sterninnern “aus” ist – der Stern kollabiert und drückt dabei den Kohlenstoff, die “Asche” des Heliumbrennens, in eine diamantene Kristallstruktur. Weisse Zwerge gleichen so erdgrossen Diamanten! – Ein edles Ende für einen Stern, aber eigentlich auch schade für all den schönen Kohlenstoff im gläsernen Sarg, der ja zu was ganz anderem dienen könnte... In der Tat: Wären alle Sterne sonnenähnlich, es gäbe uns nicht. Zum Glück gibt es auch massereichere Sterne, deren grösserer Schweredruck sehr viel höhere Temperaturen im Innern erzeugt, was nun zu einer weiteren, energetisch günstigen Verbrennung der “Asche” führt. Kohlenstoff wird, um nur die Hauptkette zu nennen, zu Sauerstoff, Neon, Magnesium und Silizium weiter fusioniert – bis hin zu Eisen, das nicht mehr gewinnbringend verwertet werden kann und sich als “Schlacke” im Zentrum ansammelt. – Wieder schlecht für den Kohlenstoff, würde man denken. Doch die vollständige Verbrennung findet nur im Zentrum statt. In den äusseren Schichten finden wir, zwiebelschalenartig, alle Stufen der Verbrennungskette vor, und von dort wird der Kohlenstoff den Weg ins Freie finden.

Schwere Sterne brennen schneller und leben deshalb kürzer [Sterne sind eben auch nur Menschen!, so möchte man ausrufen]. Generell ist die ganze Sternentwicklung nichts als ein verzögerter, von Zwischenstufen des stabilen Ungleichgewichts zeitweise unterbrochener Gravitationskollaps. Die Gravitation ist der Motor der ganzen Sternentwicklung, und sie gewinnt am Ende eigentlich immer – genauso gewinnt bei den Lebewesen die Entropie am Ende immer, sobald die lebensnotwendigen Prozesse ausfallen. Schwere Sterne kollabieren zu noch kompakteren Gebilden als Weissen Zwergen: zu bloss noch kilometergrossen “Neutronensternen” oder, bei vollständigem Kollaps, zu “Schwarzen Löchern”. Aber entscheidend wichtig ist nun eben, dass nicht alles Material in der “Sternleiche” verschwindet. Wiederum werden die äusseren Schichten des Stern weggeschleudert – diesmal in einer gigantischen Explosion. Die Ueberreste einer solchen “Supernova”, ca. 1000 Jahre nach dem Ereignis, sehen wir im Sternbild des Stiers als “Krebsnebel”. Das Gas dieses Nebels wird sich über die Jahrtausende mit dem bereits vorhandenen, zwischen den Sternen fein verteilten Wasserstoffgas mischen und dieses somit mit den schweren Elementen, die im Sterninnern aus leichteren Elementen gebacken wurden, anreichern.

Und damit schliesst sich auch der Lebenszyklus der Sterne, denn aus dem interstellaren Gas, das vom chemischen Erbe der vergangenen Sterne durchsetzt ist, können wieder neue Sterne entstehen. Der von Sterneneration zu Sterneneration monoton wachsende Gehalt schwerer Elemente – : dies also wäre so etwas wie die Phylogese, die Stammesgeschichte der Sterne. Und selbst die Fähigkeit zur Reproduktion, unabdingbares Kriterium der Definition des Lebens, kann den Sternen in gewisser Weise zugeschrieben werden. Es sind gerade solche Sternexplosionen, die das umgebende Gas zusammendrücken und lokal kollabieren lassen: Sterbende Sterne regen zu Sternentstehung an (dazu nochmals Abb. 1, wo man deutlich zu sehen vermeint, wie die neugeborenen Sterne eine Höhlung in das umgebende Gas drücken). Doch zugegeben: es ist nicht so, dass ein Stern sich einem nächsten Stern

*individuell* weitervererbt. Dazu sind Sterne viel zu einfache Gebilde. Wo die physikalischen Bedingungen stimmen, entsteht mit blinder Mechanik ein Stern, dessen ganze weitere Entwicklung vollständig bestimmt wird durch seine Masse und chemische Zusammensetzung. Die darwinistischen Konzepte von Zufall und Anpassung durch Auswahl machen für Sterne schliesslich doch keinen Sinn.

Sternentwicklung ist also keine biologische Evolution, aber sie ist mit Sicherheit eine Voraussetzung für diese. Erst die Bildung schwerer Elemente im Sterninnern, sowie deren Befreiung in katastrophalen Ereignissen, erlaubt die Bildung von Staubkörnern im interstellaren Raum. Die Staubkörner sammeln sich später in "Protoplanetaren Scheiben" um Sterne in der Geburtsphase herum an, wo sie sich über eine Kette von Prozessen zu kleineren Brocken, und schliesslich zu ganzen Planeten zusammenballen können. Jedes Atom der Erde oder unseres Körpers, wenn es sich nicht gerade um Wasserstoff (oder andere Leichtgewichte) handelt, ist so ein Erbe der Sternentwicklung. Das alte Wort, wonach wir Kinder der Sterne sind, erhält dadurch einen neuen Sinn.

Nachdem wir die Frage bei den Sternen verneint haben: – Lassen sich vielleicht die Planeten als Lebewesen verstehen? Zumindest im Fall der Erde, dieses ganz besonderen Planeten mit seiner reichen Biosphäre, wurde diese Hypothese schon vor 30 Jahren geäussert. Gemeint ist die ebenso bekannte wie umstrittene "Gaia-Hypothese" von James Lovelock.<sup>1</sup> Eine mögliche Fundamentalkritik an dieser Hypothese: dass der Erde die für alles Leben charakteristische Reproduktionsmöglichkeit fehle, greift möglicherweise zu kurz: Die Erde (d.h. ihre intelligente Bewohnerschaft) scheint ja drauf und dran zu sein, mit Hilfe der Raumfahrttechnik "Sporen" auszusenden. Es wird schon seit längerer Zeit über die Möglichkeit einer regelrechten Kolonisation der ganzen Milchstrasse spekuliert.<sup>2</sup> Wer weiss, mögen durch den Menschen (oder seinen Nachfolger?) in ferner Zukunft die Himmelskörper doch zu Lebewesen werden, zumindest zu lebenden Kollektiven, wie wir sie von Ameisen- und Bienenstaaten her kennen. Unsere Vorstellungskraft reicht gegenwärtig dafür wohl einfach nicht aus.

### **Kosmische Kurzgeschichte**

Aber das Stichwort Milchstrasse ist gefallen. Lassen Sie mich nun also rauszoomen in den Kosmos. Alles was wir bisher besprochen haben, spielt sich gleichsam vor unserer Haustüre ab. Wir befinden uns mit der Sonne, ca. 30 000 Lichtjahre vom Zentrum entfernt, irgendwo am Rand dieser "Riesenschnecke" (siehe Abb. 2. Wie man sieht, kann ich den Bezug zur Biologie nicht lassen; aber dass die Galaxien noch weniger Lebewesen sind als die Sterne, wurde ja schon eingangs klargestellt.) Die Milchstrasse ist ein scheibenförmiges Gebilde (deswegen das milchige Band am Nachthimmel) und enthält ca. 100 Mia Sterne sowie ein interstellares Medium von Gas und Staub, in welchem sich der oben beschriebene Lebenszyklus der Sterne abspielt. In der Abbildung sehen wir das Sternsystem in der Aufsicht – aber natürlich

---

<sup>1</sup> James Lovelock: *Gaia: A New Look at Life on Earth*, Oxford 1979; dt. *Gaia: die Erde ist ein Lebewesen*, Bern 1992

<sup>2</sup> z.B. Freeman Dyson: *Innenansichten. Erinnerungen in die Zukunft*, Basel 1981, 220–232

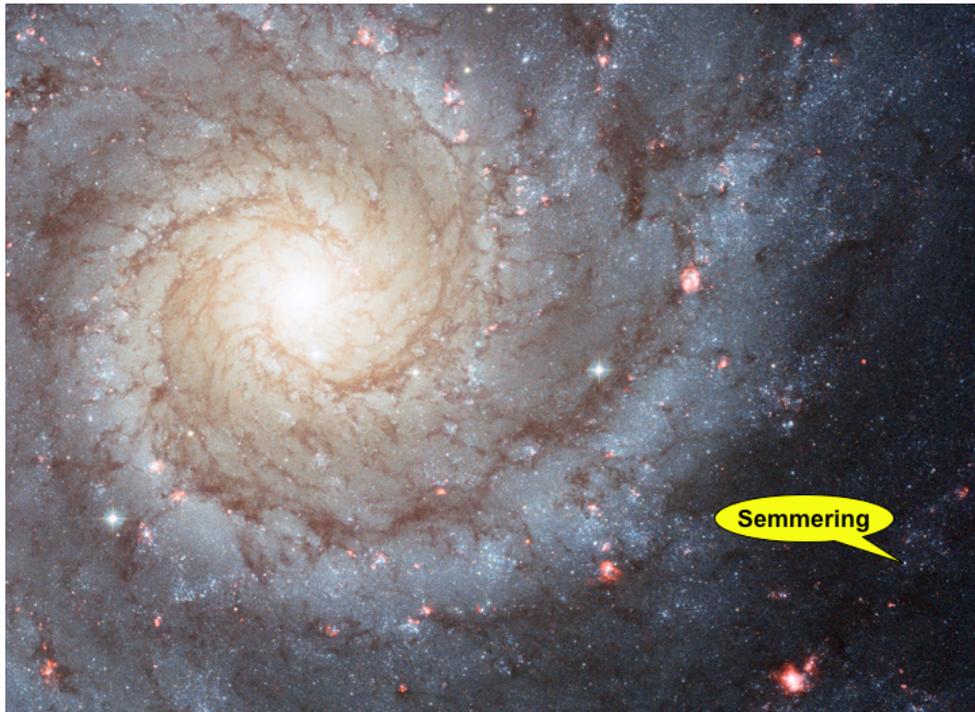


Abb. 2 Unsere Position in der Milchstrasse, veranschaulicht an der Spiralgalaxie Messier 74. Bild: NASA Hubble Space Telescope ([hubblesite.org/gallery/album/galaxy/pr2007041a/](http://hubblesite.org/gallery/album/galaxy/pr2007041a/)).

ist es nicht die Milchstrasse, sondern irgendeine andere, ganz ähnliche Spiralgalaxie (mit der Nummer M74), von denen es da draussen wimmelt. Doch gibt es auch Galaxien, die symmetrischer, einfacher, weniger tierartig aussehen. Die Formenvielfalt der Galaxien wurde durchaus nach dem Vorbild der Biologie einem Klassifikationssystem unterworfen. Heute sind die morphologischen Merkmale der Galaxien weitgehend physikalisch parametrisiert. Trotzdem lässt sich nicht behaupten, dass wir die Physik der Galaxien lückenlos verstehen – ganz im Gegenteil. Seit 70 Jahren existiert das Problem, dass man den internen Bewegungszustand der Galaxien nicht erklären kann. Die Sterne bewegen sich viel zu schnell, gemessen an der Schwerkraft der sichtbaren Materie in einer Galaxie. Es ist, als ob noch zusätzliche, unsichtbare Materie, und zwar in sehr grossen Mengen, vorhanden wäre, welche primär die Sterne in Bewegung versetzt. Die Standard-Hypothese besagt, dass diese “Dunkle Materie” tatsächlich existiert.<sup>3</sup> Danach soll man sich vorstellen, dass jede Galaxie gleichsam nur die Spitze eines Eisbergs, eines dunklen Potentialtopfs, darstellt. Die Schwierigkeit ist nur, dass die Natur dieser Materie gänzlich unbekannt ist. Trotz grösster Anstrengungen der Experimentalphysik konnten die hypothetischen Teilchen dieser Materie bisher nicht gefunden werden. Der Frustration nicht genug, geistert seit einigen Jahren auch das Konzept einer noch dominanteren “Dunklen Energie” herum, welche die beobachtete beschleunigte Expansion des Universums erklären soll. *Obscurum per obscurius* (das Dunkle durch etwas Dunkles erklären), möchte man mit den Alchemisten sagen.<sup>4</sup> Dunkle Materie und Dunkle Energie sind zweifellos zur Zeit die besten Erklärungsmodelle für die genannten, rätselhaften

<sup>3</sup> z.B.: Dan Hooper: *Dunkle Materie. Die kosmische Energielücke*, Heidelberg 2009

<sup>4</sup> zitiert von C.G. Jung in: *Psychologie und Alchemie*, Zürich 1952

Beobachtungen, aber es mehren sich auch die kritischen Stimmen, die das Problem bei unserem mangelnden Verständnis der Schwerkraft auf grossen Skalen verorten.<sup>5</sup>

Das Leben der Sterne erschliesst sich uns dadurch, dass wir in unserer Nähe (relativ gesprochen!) Sterne in allen möglichen Entwicklungsstadien beobachten können. Bei den Galaxien, die (wie bereits erwähnt) alle mehr oder weniger gleichzeitig, vor vielen Milliarden Jahren entstanden sind, ist die Erforschung der Entwicklung sehr viel schwieriger – aber nicht unmöglich. Es kommt uns der Umstand zu Hilfe, dass sich das Licht nicht unendlich schnell ausbreitet (sondern eben “bloss” mit 300 000 Km pro Sekunde). Dadurch sehen wir alle Himmelsobjekte prinzipiell in der Vergangenheit – den Mond, wie er vor einer Sekunde, die Sonne, wie sie vor acht Minuten war, die Sterne, wie sie vor Jahren und Jahrtausenden waren, schliesslich die Galaxien, wie sie vor Jahrmillionen und Jahrmilliarden waren – so lange, wie eben das Licht von diesen Objekten jeweils braucht, um zu uns zu gelangen. Auf besonders tiefen, mehrere Tage lang belichteten Aufnahmen, wie dem berühmten “Hubble Deep Field”, erblicken wir Galaxien ebenfalls in allen Entwicklungsstadien – von nahen, milchstrassenähnlichen Gebilden, in immer grössere Distanzen und deshalb immer tiefere Vergangenheit vordringend, bis zu winzigen, seltsam aussehenden “Protogalaxien” in 10 Milliarden (Licht-) Jahren Distanz.

Aus solchen Bildern lässt sich die Entwicklung beispielsweise der Spiralgalaxien ablesen. Danach wachsen Spiralgalaxien zunächst aus ursprünglich kleineren Einheiten, einer Art von “Zwerggalaxien” zusammen und akkretieren dann über lange Zeiträume aus ihrer Umgebung Gas, um schliesslich zu den grossen Feuerrädern zu werden, von denen wir *eine* unsere Milchstrasse nennen. Aber woher stammen die ersten, ganz kleinen Sternsysteme?

Hier sind wir wieder in der glücklichen Lage, durch direkte Beobachtungen in diese Frühphase der kosmischen Entwicklung vorstossen zu können. Nicht mit unseren optischen Teleskopen; denn nahe am Ursprung gibt es kein Licht der Sterne, das wir empfangen könnten; sondern was da beobachtet wird, mit Radioempfängern im Mikrowellenbereich, ist eine extrem schwache Hintergrundstrahlung, die den ganzen Weltraum erfüllt. Sie entstand ca. 400 000 Jahre nach dem Urknall, beim Uebergang des primordialen Gases vom ionisierten in den atomaren Zustand. Dieser “kosmische Mikrowellenhintergrund” ist fast perfekt isotrop, aber doch nicht ganz. Wir beobachten darin winzige Temperaturschwankungen um die mittlere Temperatur von 2.7 K herum. Dahinter verbergen sich Dichteschwankungen im dünn verteilten, damals noch ca. 3000 K heissen Gas, die man heute auf uranfängliche Quantenschwankungen (Zufallsschwankungen also!) zurückführt, welche durch eine sog. Inflationäre Phase ganz kurz nach dem Urknall auf eine makroskopische Skala aufgeblasen wurden. Was hat eine solche Dichteschwankung zur Folge? Sie verlangsamt die Expansion des Universum in ihrem gravitationellen Einzugsgebiet, wodurch der lokale Dichtekontrast noch grösser wird, was wiederum die Expansion noch weiter abbremst, usw. Das Resultat ist also ein, durch die universelle Expansion zeitlich zerdehnter, langsamer Gravitationskollaps, der schliesslich zur Galaxienbildung (bereits ca. 1 Milliarde Jahre nach dem Urknall) und, über weiter gehende Fragmentation, zur Sternentstehung und somit zum noch heute andauernden

---

<sup>5</sup> dazu gibt es viele Internet-Seiten, siehe z.B. [www.astro.umd.edu/~ssm/mond/](http://www.astro.umd.edu/~ssm/mond/)

Lebenszyklus der Sterne führt. Jene Zufallsschwankungen sind also die Keime der Strukturentstehung – und sie stehen an der Wurzel unserer Existenz.

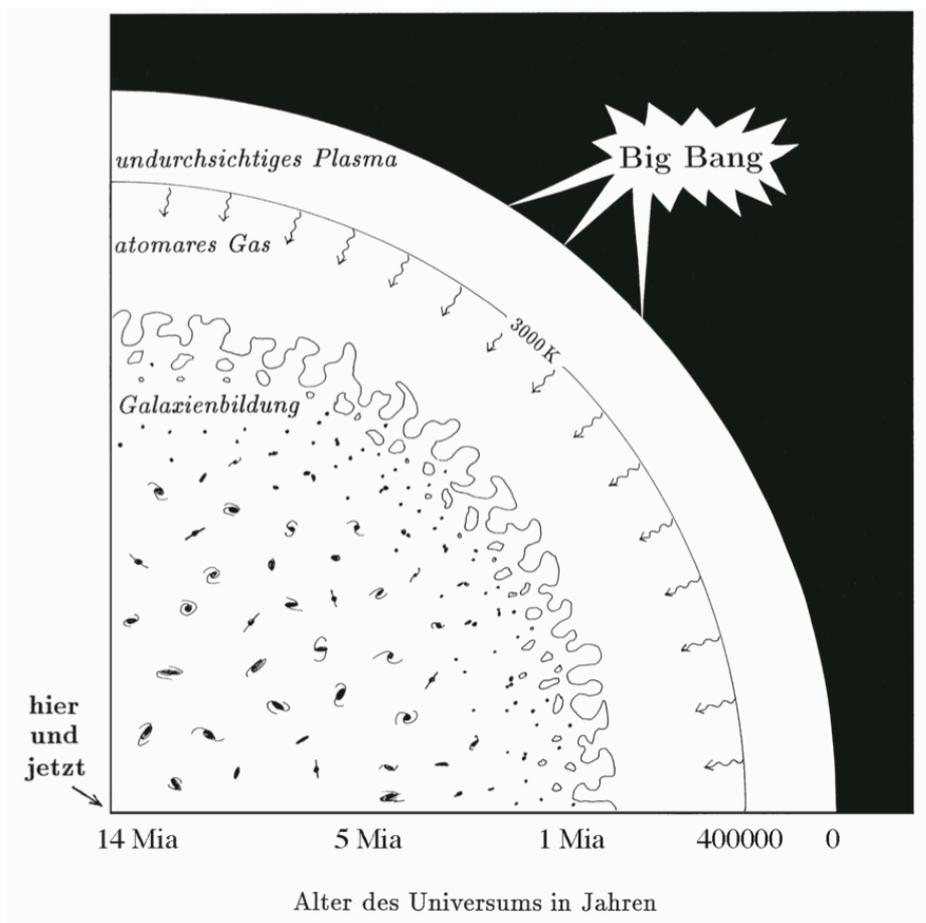


Abb. 3 Raum-Zeit-Schema der kosmischen Geschichte vom Big Bang bis heute. Bild aus B. Binggeli: *Primum Mobile*, Zürich 2006.

Die kosmische Geschichte vom Urknall (vor ca. 14 Milliarden Jahren) bis heute, “abgerollt” auf die Tiefendimension des Raumes durch die Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit – es ist die dem Beobachter prinzipiell zugängliche “Raum-Zeit-Blase” – ist schematisch in Abb. 3 wiedergegeben. Wir erkennen darin nochmals die eben beschriebene Sequenz der Strukturentstehung. Die eigentliche kosmische Frühzeit, bis 400 000 Jahre nach der Anfangssingularität, liegt für uns allerdings im Dunkeln, denn die Materie war damals in einem Plasma-Zustand – eine heisse, dichte Teilchensuppe, in der es kein Durchkommen gab für das Licht. Hinter diesem “Vorhang”, der durch den kosmischen Mikrowellenhintergrund markiert wird, d.h. zeitlich *vor* der Erzeugung dieser Hintergrundstrahlung, wurden nun gleichsam die Karten für die Welt, in der wir leben, gemischt. Einen unvorstellbar kleinen Sekundenbruchteil nach dem Zeitpunkt null ( $10^{36}$  Sekunden) muss aus einer anfänglichen Vakuumsenergie eine schlagartige Aufblähung des Universums um einen Faktor  $10^{30}$  erfolgt sein – das ist die erwähnte Inflationäre Phase, bei welcher nicht nur die Quantenzufallsschwankungen ins Makroskopische gehoben, sondern überhaupt die Naturkräfte, wie wir sie kennen, bildlich gesprochen,

auseinander gefaltet und die bekannten Teilchensorten in ihren Eigenschaften fixiert wurden.<sup>6</sup>

Hier nun müssen wir einhaken, wenn wir verstehen wollen, warum die Welt so ist, wie sie ist – nämlich der Entstehung und Entwicklung des Lebens “freundlich” gesinnt. Damit kommen wir endlich auf die Kernfrage unseres Themas zu sprechen, die uns auch in die Nähe Darwins bringen wird.

### **Kosmische Feinabstimmung: Zufall oder Notwendigkeit?**

Dass es Leben in der uns bekannten Form nicht überall im Weltall geben kann, ist klar. Die Erde ist offensichtlich ein ganz aussergewöhnlicher Planet, wo eben alles “stimmt”, angefangen mit dem “richtigen” Abstand zur Sonne, dem Reichtum an Wasser, Luft und anderen Stoffen, usw. Auch wenn nicht ganz ausgeschlossen werden kann, dass es noch anderswo in unserem Sonnensystem (konkret auf Mars und gewissen Jupitersatelliten) Leben gibt oder wenigstens gab, so wird es sich bestimmt nicht um höhere (oder gar intelligente) Lebensformen handeln. Auch die ca. 400 bis heute (Ende 2009) entdeckten Exoplaneten in unserer galaktischen Nachbarschaft sind wohl lebensfeindlich.<sup>7</sup> Aber das All ist grenzenlos, und die Wahrscheinlichkeit dafür, dass es irgendwo da draussen, sei es in unserer oder einer anderen, möglicherweise sehr weit entfernten Galaxie, erdähnliche Planeten gibt, unter denen manche Leben beherben mögen, vielleicht sogar in grosser Zahl – diese Wahrscheinlichkeit ist grösser als null, ja, seit Giordano Bruno (ebenfalls um 1600, wie Kepler und Galilei) gilt es für die meisten Menschen als ausgemacht, dass wir nicht allein sind im Kosmos.

Wenn wir über das “Wunder” des Lebens staunen, müssen wir also zunächst fragen, wie es zur Bildung erdähnlicher Planeten, ja von Planeten überhaupt kommen konnte. Diese Geschichte haben wir oben bereits in groben Zügen skizziert: Die Planetenbildung ist ein Nebenprodukt der Sternentstehung; Sternentstehung eine Folge der Galaxienbildung; Galaxienbildung das Resultat von zufälligen Dichteschwankungen in der kosmischen Ursuppe. Diese Abfolge von Ereignissen, an deren Ende eine biologische Evolution einsetzen kann, muss uns aber selber als wunderbar erscheinen – denn was hätte nicht alles schiefgehen können! Bei der Lebensbeschreibung der Sterne wurde schon da und dort, im Hinblick auf die Lebenstauglichkeit des Weltalls, von glücklichen Umständen gesprochen. Und bei der kosmischen Frühgeschichte war die Rede von der Festlegung der Kräfte und Teilchen der Natur – kurz der “Naturkonstanten” – in uranfänglicher Zeit, welche den weiteren Verlauf der kosmischen Geschichte wesentlich bestimmen würde. Wie aber wurden die Naturkonstanten selbst gesetzt – wer oder was hat die Karten (für uns) gemischt?

Diese Frage drängt sich deshalb auf, weil wir wissen, dass kleinste Abweichungen der Naturkonstanten von ihren gegenwärtigen Zahlenwerten jeweils eine völlig andere Welt hervorgebracht hätten, in welcher insbesondere Leben, vermutlich auch in nicht-irdischer Form, unmöglich wäre. Das bekannteste Beispiel für diese Art von “Feinabstimmung” der Naturkonstanten ist die Bildung von Kohlenstoff im Innern

---

<sup>6</sup> siehe z.B. Alan Guth: *Die Geburt des Kosmos aus dem Nichts*, München 1999.

<sup>7</sup> siehe [exoplanet.eu](http://exoplanet.eu)

heisser Sterne. Wie weiter oben erwähnt, braucht es hierfür praktisch einen Dreierstoss von Heliumkernen, denn Beryllium, als Zwischenstufe aus zwei Heliumkernen gebildet, zerfällt in kürzester Zeit. Nun ist es so, dass die Fusion zweier Kerne sehr viel wahrscheinlicher ist, wenn die Summe der Ruheenergien der beiden fusionierenden Kerne nur sehr wenig unterhalb der Energie eines angeregten Zustands des fusionierten Kerns liegt. Eine solche Resonanz ist bei der Bildung von Kohlenstoff im Spiel, wie Fred Hoyle bereits in den 50er Jahren bemerkte.<sup>8</sup> Hoyle überlegte sich, dass die Verschmelzung von Beryllium mit einem dritten Heliumkern zu Kohlenstoff eine unmöglich hohe Temperatur im Sterninnern erfordern würde – wenn nicht Kohlenstoff ein angeregtes Energieniveau besässe, welches “zufällig” gerade etwas höher liegt, als es der Ruheenergie von Beryllium plus Helium entspricht. Allein auf Grund der grossen Häufigkeit von Kohlenstoff wagte Hoyle vorherzusagen, dass es ein solches Energieniveau geben müsste – und wenig später wurde es auch tatsächlich im Labor nachgewiesen! Doch das ist nicht alles. Kohlenstoff könnte sehr leicht mit einem vierten Heliumkern zu Sauerstoff weiter fusionieren – womit dann der Kohlenstoff wieder aus dem Rennen wäre – ,falls die Verhältnisse beim Sauerstoff ähnlich lägen. Zu unserer Erleichterung stellen wir aber fest, dass eine solche Resonanz beim Sauerstoffkern – wenn auch äusserst knapp! – verfehlt wird. Wodurch aber werden die Energieniveaus der Kerne bestimmt? Primär durch die relative Stärke der starken Kernkraft zur elektromagnetischen Kraft, und diese wiederum hängt von den Naturkonstanten ab. Ändern wir diese um winzige Beträge, so verschieben sich die Energieniveaus der Kerne und im Universum wird ein ganz anderes Stück gespielt. Die Bildung von Kohlenstoff, des Lebensstoffs *par excellence*, hängt also buchstäblich an einem Faden!

Nun kann man leicht einwenden, dass statt Kohlenstoff z.B. Silizium oder noch was ganz anderes als Lebensstoff dienen könnte. Doch selbst die Bildung *irgendeines* Kerns wird unwahrscheinlich, wenn die Naturkonstanten *irgendwelche* Zahlenwerte haben könnten. Eine falsche Bewegung am Abstimmungsregler – und es gibt nur Schwarze Löcher, oder nur eine dünne Teilchensuppe. *Wie* gross die Toleranzmarke ist, innerhalb der sich die Naturkonstanten um die tatsächlich realisierten Werte herum bewegen dürfen, damit es annähernd eine Welt gibt, die der unsrigen gleicht, ist zur Zeit nicht bekannt; aber es ist zu vermuten, dass sie extrem klein ist.

Die Diskussion um die Feinabstimmung der Naturkonstanten und ihre Bedeutung für das Leben im Universum läuft seit längerer Zeit unter der Bezeichnung “Anthropisches Prinzip”.<sup>9</sup> Das Prinzip verknüpft die Eigenschaften des beobachtbaren Universums nicht nur mit der Existenz von Leben allgemein (wie oben ausgeführt), sondern spezifisch mit der Existenz eines bewussten Beobachters – denn offensichtlich muss das Universum für die Entwicklung intelligenten Lebens geeignet sein, sonst wären wir schlicht und einfach nicht hier.

---

<sup>8</sup> siehe Barrow und Tipler: *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford 1986, 251–253

<sup>9</sup> Die Bezeichnung wurde 1973 von Brandon Carter anlässlich einer Kosmologie-Konferenz eingeführt. Statt auf den Originalartikel verweise ich auf das Standardwerk von John Barrow und Frank Tipler: *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford 1986, sowie die neueste Bestandaufnahme des Prinzips in vielen Kapiteln des Konferenzbandes: Bernard Carr (Hrsg.): *Universe or Multiverse?*, Cambridge 2007.

Es gibt zwei verschiedene Versionen des Anthropischen Prinzips:

1. "Schwaches" Anthropisches Prinzip (WAP): Unsere Position im Universum (räumlich wie zeitlich) ist notgedrungen privilegiert dadurch, dass sie mit unserer Existenz vereinbar ist.
2. "Starkes" Anthropisches Prinzip (SAP): Das Universum *muss* so beschaffen sein, dass in ihm die Entwicklung von (intelligentem, bewusstseinsfähigem) Leben in einem gewissen Stadium seiner Geschichte ermöglicht wird.

Das WAP will lediglich besagen, dass wir angesichts all der Inhomogenitäten im Universum dafür Sorge tragen müssen, dass lokale Eigenschaften, die u.a. auch mit unserer Existenz zu tun haben, nicht gleich kosmisch verallgemeinert werden. Es geht hier also um die Vermeidung eines biozentrischen (anthropozentrischen) Auswahleffekts in der Kosmologie. Viel einschneidender ist das SAP, denn das Wörtchen *muss* ist hier nicht, wie beim WAP, im Sinne eines Rückschlusses auf die Vergangenheit, sondern einer Vorausbestimmung der Zukunft, also teleologisch gemeint. Viele Philosophen lehnen das AP rundweg ab, denn in seiner schwachen Form erscheint es als Tautologie, unbestritten in seiner Aussage, aber ohne jeglichen Erkenntnisgewinn; in seiner starken Form jedoch als reine Esoterik, bar jeder Wissenschaftlichkeit. Es lässt sich prinzipiell in Abrede stellen, dass jene kosmischen Koinzidenzen (z.B. in Zusammenhang mit der Kohlenstoff-Synthese, s.o.) erklärungsbedürftig sind. Die meisten Physiker neigen jedoch zur Ansicht, dass hier durchaus ein Erklärungsbedarf vorliegt, was sie aber noch nicht zwingt, "anthropisch zu argumentieren". Physiker sind grundsätzlich bestrebt, alle noch so unwahrscheinlich scheinenden Koinzidenzen als kausal-notwendiges Resultat der fundamentalsten physikalischen Realität (*from first principles*) zu erklären. Die Erfolge des inflationären Modells der Kosmologie wirken in dieser Hinsicht ermutigend.<sup>10</sup> So gibt es jene Physiker, die das AP (bzw. was es impliziert) höchstens als letzte Zufluchtsmöglichkeit billigen, falls alle rein physikalischen Erklärungsmodelle versagen; aber auch jene (inzwischen eine Mehrheit), die sich gleichsam vom Zwang, alles auf eine letztthinige Aussenweltrealität zurückführen zu müssen, geradezu befreit fühlen und das Einbringen probabilistischer Argumente in die Beschreibung des Kosmos (ganz im Geist der Quantenmechanik) keineswegs als unwissenschaftlich betrachten.<sup>11</sup> Die Antwort dieser letzteren auf das AP, die im Folgenden skizziert werden soll, ist jedenfalls so wenig unwissenschaftlich wie das (neo-) darwinistische Konzept von Zufall und natürlicher Selektion, mit dem sie tatsächlich gewisse Ähnlichkeiten besitzt.

Das schwache und das starke Anthropische Prinzip (WAP und SAP), wenn sie wirklich ernst genommen werden, implizieren im Wesentlichen bereits das folgende,

---

<sup>10</sup> Das Modell erklärt eine Reihe von sehr "unwahrscheinlichen" Eigenschaften des Universums, die vorher ganz spezielle, "künstliche" (*deus-ex-machina*-artige, oder eben "anthropisch" motivierte) Anfangsbedingungen zu erzwingen schienen. Auf der andern Seite ist das Modell der kosmischen Inflation, in seiner Weiterführung als "chaotische" Inflation, inzwischen Teil der Multiversum-Argumentation (s.u.).

<sup>11</sup> Die ganze Meinungsvielfalt zum Anthropischen Prinzip und zum Multiversum unter den führenden Physikern und Kosmologen findet sich versammelt in *Universe or Multiverse?* (op.cit.).

plakativ mit “Zufall versus Notwendigkeit” bzw. “Wissenschaft versus Religion” bezeichnete Paar von Erklärungsansätzen:

1. “Zufall” (Wissenschaft): Das Universum ist unendlich gross, oder es gibt unendlich viele Universen (“Multiversum”), so dass es zufällig irgendwo so sein wird wie hier. Die verblüffende Passung Mensch-Kosmos ist ein reiner Auswahleffekt.
2. “Notwendigkeit” (Religion): Ob das Universum endlich oder unendlich ist, ob es eines, viele oder unendlich viele gibt: Das Leben bzw. das (menschliche) Bewusstsein ist das Ziel der kosmischen Evolution (Teleologie, *design*).

Unschwer erkennt man darin auch die beiden grundsätzlichen Positionen im Streit um die biologische Evolution. Der zweite Ansatz entspricht der “kreationistischen” Ansicht, wonach die Welt nach Plan und Absicht so geschaffen wurde, wie sie (geworden) ist. Für viele, selbst wissenschaftlich denkende Theologen dient das AP, welches sie stets zwingend als SAP zu (miss-) verstehen scheinen, als eine Art moderner Gottesbeweis. Obwohl diese Möglichkeit prinzipiell nicht entkräftet werden kann, sondern eben eine Sache des Glaubens bleibt, ist die Vorgehensweise der Wissenschaft grundsätzlich eine andere: Hier versucht man, alles “Besondere” (also auch unsere Existenz) als etwas “Gewöhnliches”, nämlich letztlich dem Zufall zu Verdankendes zu verstehen. Das geht meist einher mit einer gewissen Denkökonomie, d.h. dem Bestreben, mit einem Minimum an Annahmen auszukommen, was, im Sinne einer wissenschaftlichen Arbeitshypothese, von vornherein die Annahme eines Schöpfungsplans ausschliessen würde. Der Preis unserer “Zufälligkeit”, unserer ungeplanten “Geworfenheit”, ist allerdings sehr hoch: Man muss die Existenz unendlich vieler verschiedener Universen postulieren, damit es zufällig *ein*, mit unserer Existenz verträgliches Universum gibt. Das ist nun auch nicht gerade denkökonomisch, aber das “Kopernikanische Prinzip” oder “Prinzip der kosmischen Mediokrität”, wie es auch genannt wird – im Kern eigentlich ein Anti-Anthropozentrismus – geniesst in der Kosmologie einen höheren Stellenwert als alle Denkökonomie (vielleicht fälschlicherweise, s.u.). Andererseits haben sich die meisten Multiversum-Modelle unabhängig von AP-Argumenten aus theoretischen Ueberlegungen in der Teilchenphysik heraus ergeben, was ihnen einige Galubwürdigkeit verleiht (auch wenn die grundsätzliche Kritik einer fehlenden Falsifizierbarkeit der Multiversum-Hypothese bestehen bleibt).

Im ersten Erklärungsansatz (s.o.) wird nicht nur das Multiversum erwähnt, sondern zunächst einfach die Möglichkeit, dass das eine Universum unendlich gross ist. Könnte dies schon eine Lösung für das kosmische *fine-tuning* sein? Alle Beobachtungen deuten darauf hin, dass innerhalb des Sichtbarkeitshorizonts unseres Universums überall dieselben Naturkonstanten gelten. Eine Variation der Naturkonstanten bzw. der Eigenschaften der Materie ist jedoch prinzipiell erforderlich, damit es zu einem anthropischen Auswahleffekt kommen kann. Die “Auserwähltheit” muss also für das ganze überschaubare Universum gelten. Ausserhalb des Sichtbarkeitshorizonts kann (und müsste auch, dem Argument zuliebe) das Universum freilich ganz andersartig sein. Aber das ist nur im Rahmen des (chaotischen) inflationären Modells möglich, weil dort der Uebergang vom “falschen” in den “wahren” Vakuumszustand in verschiedenen *domains*, auf Skalen, die den Sichtbarkeitshorizont weit übersteigen, ganz verschiedene Naturkonstanten

hervorgebracht haben könnte (das “klassische” Friedmann-Universum basiert hingegen auf grenzenloser Homogenität). Dies gilt aber bereits als Version des Multiversums; wenn das Argument also funktionieren soll, muss das unendliche Universum ein Multiversum sein.

Eine Variation der Naturkonstanten muss nicht unbedingt räumlich, d.h. das Multiversum muss nicht unbedingt als Mannigfaltigkeit von “Parallelwelten” aufgefasst werden; es könnte sich auch um eine zeitliche Abfolge von Universen handeln, in denen jeweils andere Gesetze oder Naturkonstanten gelten. Nach unzähligen “Versuchen” würde eines davon zufällig unseres – und uns hervorbringen. Diese Version von Multiwelten war lange Zeit, als repetitives geschlossenes Friedmann-Modell, unter dem Namen “Oszillierendes Universum”, sehr populär (jedem *big crunch* würde ein neuer *big bang*, mit “neu gemischten Karten”, folgen). Der gegenwärtige Kenntnisstand der kosmologischen Parameter lässt eine solche Möglichkeit jedoch nicht mehr zu.<sup>12</sup>

Das derzeit meistdiskutierte Modell eines Multiversums basiert auf einem spekulativen Gebilde namens “Stringtheorie”. Darin sind die fundamentalsten Objekte keine eindimensionalen, also punktförmigen Teilchen, sondern zweidimensionale Fäden (*strings*). Diese Theorie impliziert merkwürdigerweise, dass es, neben den vier bekannten, viele zusätzliche Dimensionen gibt, die allerdings wie krauses Haar in sich zusammengerollt (“kompaktifiziert”) sind. Diese Extradimensionen spannen nun (in einer meistgenannten Berechnung) einen gigantischen Parameterraum von 10 hoch 500, also schier unendlich vielen verschiedenen so genannten (falschen) Vakuumszuständen auf – man spricht von *string theory landscape*, in bewusster Analogie zum evolutionsbiologischen Begriff der *fitness landscape*. Jeder dieser Vakuumszustände würde ein je verschiedenes, mit einem je eigenen Set von Naturkonstanten ausgestatteten Universum zur Folge haben, und nur in einer verschwindend kleinen Untermenge dieser Universen (der *anthropic landscape*) würde es für uns “stimmen”.<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> Eine ganz eigenartige Theorie, die in eine ähnliche Richtung wie das oszillierende Universum stösst und nicht nur Aehnlichkeiten zur biologischen Evolution aufweist, sondern sogar buchstäblich als solche verstanden werden will, wurde von Lee Smolin entwickelt in *The life of the cosmos*, Oxford 1997. Smolin geht davon aus, dass sich ein Universum reproduzieren kann über seine Schwarzen Löcher. Was uns in diesem Universum wie eine riesige Implosion erscheint (wenn Materie in diese Raum-Zeit-Singularitäten hineinstürzt), würde sich in einer andern Dimension (sozusagen am anderen Ende des Tunnels) wie eine riesige Explosion darstellen, wie die Geburt eines (neuen) Universums in einem Big Bang. Schwarze Löcher wären die Reproduktionsorgane eines Universums und erzeugten neue Universen mit je einem neuen Set von Naturkonstanten (denn die Kopie wäre fehlerhaft, es gäbe sozusagen Mutationen). Nur diejenigen Universen würden sich nun weiter vererben, in denen auch wieder Schwarze Löcher gebildet werden (könnten) – Smolin nennt das *Cosmological Natural Selection*. Schwarze Löcher entstehen aber nur in einem Universum, das unserem ziemlich gleicht, wo beispielsweise massereiche Sterne gebildet werden, die am Ende ihres Lebens Schwarze Löcher werden. Unsere eigene Existenz, das Leben allgemein, erschiene somit gleichsam nur als Nebenprodukt dieses kosmischen Darwinismus!

<sup>13</sup> Leonard Susskind: *The Cosmic Landscape: String theory and the illusion of intelligent design*, New York 2006), siehe auch Susskinds Beitrag in *Universe or Multiverse?* (op.cit.). Der Begriff der *landscape* selber stammt vom “kosmischen Darwinisten” Lee Smolin (siehe Fussnote weiter oben).

Warum sollen aber diese vielen anderen Universen überhaupt realisiert sein? In Verbindung mit der kosmischen Inflation zeigt sich eben, dass sie allesamt unvermeidlich erzeugt werden, in einem nie endenden Prozess, den man “ewige chaotische Inflation” getauft hat.<sup>14</sup> Die Grundidee hinter diesem Szenario ist folgende: Eine räumliche Inflation des Universums erfolgt in der extrem kurzen Zeitspanne, während der es vom Energiezustand des “falschen” in den des “wahren” Vakuums “hinunter rollt”. Nun ist das aber keine klassische, glatt verlaufende Bewegung, sondern eine, die von Quantenschwankungen durchsetzt ist. Lokal kann die Energiedichte immer wieder etwas “hoch springen”, und dort wird die inflationäre Phase weiter fortgesetzt. Da die exponentiell verlaufende Inflation den “Verlust” an Gebieten, die bereits ganz im wahren Vakuum angekommen sind, mehr als kompensiert, dauert dieser Prozess ewig an. Man kann sich dies als eine unaufhörliche, chaotische Verzweigung von Blasen – oder sinnbildlicher: ein unaufhörliches “Eierlegen” – vorstellen (siehe Abb. 4): Jede Blase oder jedes Ei repräsentiert ein Gebiet, wo das wahre Vakuum erreicht wurde und die Inflation abgeschlossen ist (am Ende der Inflation besitzt ein solches Gebiet tatsächlich etwa die Grösse eines Eis!) – und aus welchem sich dann ein ganzes Universum entwickelt. Aber wegen der absurd vielen Möglichkeiten eines Vakuumszustands, wenn man der Stringtheorie folgt (siehe oben), ist es jedesmal ein ganz anderes, mit ganz anderen Naturkonstanten.

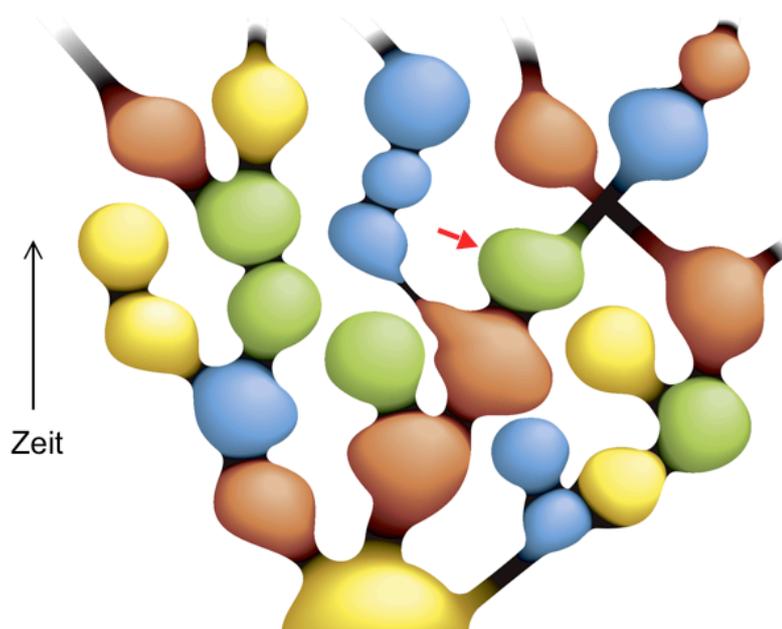


Abb. 4 Die Verzweigung der inflationären Blasen. Unser Universum (Pfeil) hat sich aus einer dieser Blasen entwickelt. Nach A. Linde, Scientific American Nov. 1994.

<sup>14</sup> Andrei Linde: *The Self-Reproducing Inflationary Universe*, Scientific American, Nov. 1994; Alan Guth: *Die Geburt des Kosmos aus dem Nichts* (op.cit.), *Eternal inflation and its implications* (hep-th/0702178, Feb 2007).

Dies also ist zur Zeit die meist akzeptierte “wissenschaftliche” Antwort auf das Anthropische Prinzip. Sie besagt in erster Linie, dass der “wunderbaren” Passung der Welt (des Universums) an das Leben, an den Menschen, keine (göttliche) Planung zugrunde liegen muss, sondern dass unser Universum, als eines von unendlich vielen verschiedenen Universen, – in dieser Sichtweise – als Zufallsprodukt angesehen werden kann. Wenn es uns als speziell auf das Leben zugeschnitten erscheint, so deswegen, weil wir in einem auch nur annähernd anders gearteten dieser Zufallsuniversen nicht existieren könnten. Unser Universum wäre so gesehen eine “Lebensnische im Multiversum” (wie unser Titel besagt), nur wäre diese Lebensnische nicht die Folge einer “natürlichen Auslese” (im Sinne eines dynamischen Anpassungsprozesses, eines *survival of the fittest*), sondern einer Auswahl, die wir als Beobachter des Universums, durch unsere bloße Existenz, bewirken. Damit sind auch schon die Ähnlichkeiten, aber auch Unterschiede zur biologischen (neo-darwinistischen) Evolutionstheorie bezeichnet. Die primäre Ähnlichkeit liegt in der These, dass der “Weg zu uns” (zeitlich oder räumlich verstanden) nicht geplant, sondern zufallsbehaftet ist; was automatisch den fruchtlosen, hier nicht zur Diskussion stehenden Streit zwischen Kreationisten und Darwinisten auf die Kosmologie überträgt. Der primäre Unterschied hingegen liegt darin, dass die Auslese im Fall der Biologie zeitlich, im Fall der Kosmologie aber azeitlich, nämlich (super-) räumlich erfolgt.

Dieser Unterschied lässt sich noch weiter zuspitzen. In der Kosmologie dreht sich alles um den Beobachter. Was aber ist ein “Beobachter”? Unausgesprochen ist damit der Mensch gemeint (oder allgemeiner “menschenähnliche” Wesen im Weltall); das ist das A im AP. Als Beobachter könnten jedoch auch irgendwelche “niederen” Tiere fungieren; im Zusammenhang mit dem AP werden jedenfalls immer nur die *physischen* Bedingungen für das Leben generell diskutiert, wie eben die Bedingung, dass die Bildung schwerer Elemente möglich sein musste usw. Viele Kosmologen reden daher auch lieber von “biophilistischer” als von “anthropischer” Argumentationsweise – in der Meinung, dass Leben automatisch auch intelligente Wesen wie den Menschen miteinschliesse. Diesen Automatismus zu bezweifeln bedeutet anscheinend nichts anderes, als die “Gretchenfrage” zu stellen, was uns sofort wieder zu einer Entscheidung für die eine oder andere der beiden Extrempositionen (“Zufall” oder “Design”) zwingt. Oder gibt es vielleicht einen “dritten Weg”?

Paul Davies<sup>15</sup> mahnt uns zurecht, dass der Mensch mehr sei als ein blosser Beobachter. Der Mensch ist nicht nur fähig, das Universum zu beobachten, sondern auch, es intellektuell zu *verstehen*. Das ist nicht selbstverständlich; wie Einstein so treffend formulierte: “Das ewig Unbegreifliche an der Welt ist ihre Begreifbarkeit”. Die Naturgesetze könnten beliebig kompliziert und undurchschaubar sein, ohne dass die physischen Grundlagen für das Leben dadurch “gefährdet” wären. Seit Kants “Kritik der reinen Vernunft” ist uns klar, dass Naturgesetze eigentlich Denkgesetze sind. Erst durch unser Denken wird die sinnlich wahrnehmbare Aussenwelt geordnet und strukturiert. Objektiv gegeben scheinen bloss die Naturkonstanten zu sein, also die “aktuelle Realisierung” dieser Naturgesetze. Was aber, wenn das Denken viel “tiefer” reicht und auch die Naturkonstanten noch naturgesetzlich (*from first*

---

<sup>15</sup> Paul Davies; *Universes galore: where will it all end?*. In: *Universe or multiverse*, op.cit., 481–505.

*principles*) erfassen könnte? Wir haben oben schon erwähnt, dass einige *hardliner* unter den Physikern, die sich der anthropischen Argumentationsweise (als “billiger Lückenbüsserlösung”) verschliessen, genau in dieser Richtung weiter forschen. Gesetzt nun, dies gelänge: Würde diese vollkommene gedankliche Durchdringung der Welt nicht in letzter Konsequenz bedeuten, dass, in gut platonischer Manier, Denken und Sein dasselbe sind?

Ein solcher “Kurzschluss” mag gegen jede solche Bestrebung sprechen und die Zuflucht zum Multiversum als vorteilhafter erscheinen lassen. Doch eine verwandte wissenschaftliche Hypothese, die nicht das Denken, sondern das Bewusstsein in den Mittelpunkt stellt, wurde allen Ernstes von keinem Geringeren als John A. Wheeler entwickelt.<sup>16</sup> Wheeler beruft sich auf die Quantenmechanik und die Rolle des Beobachters darin. Bekanntlich wird in der Quantenmechanik seit jeher darüber debattiert, ob der Kollaps der Wellenfunktion, der die äussere Wirklichkeit erst fixiert, durch Bewusstseinsakte bewirkt oder mitbewirkt wird. Nun gibt es Experimente, die den Schluss zulassen, dass sich diese Wirkung, wo immer sie ihren Ursprung hat, auch in die Vergangenheit erstrecken kann. Wenn sie wirklich mit dem Bewusstsein (oder dem Unbewussten) des Beobachters zu tun hat, liesse sich in letzter Konsequenz vorstellen, dass ein Beobachter – über seinen Einfluss in die Vergangenheit – sich und seine Welt gleichsam selber erschafft. Und auf das ganze Universum übertragen, könnte es bedeuten, dass “bewusste Beobachter notwendig sind, damit das Universum überhaupt erzeugt wird” (man erinnere sich, dass alles mit Quantenschwankungen anfing!). Diese Aussage Wheelers ist bekannt unter dem Namen “Partizipatorisches Anthropisches Prinzip” (PAP), denn tatsächlich haben wir hier ebenfalls eine Lösung des Problems der kosmischen Feinabstimmung, die radikalste, die man sich denken kann: Wir hätten die “Hände” selber am Regler; aber es wäre ein geschlossener Regelkreis, Wheeler spricht vom Universum als einem *self-exited circuit*.

Für die meisten Physiker ist das PAP, wenn sie es denn überhaupt ernst zu nehmen gewillt sind (denn natürlich sind damit fundamentale physikalische Probleme verbunden), lediglich eine Variante des latent teleologischen SAP, und eine absurd anthropozentrische, blasphemische obendrein. Zugunsten der wissenschaftlichen Offenheit und Freiheit muss man aber ehrlich zugeben, dass das Bewusstsein (noch) gänzlich rätselhaft und unverstanden ist, den Beteuerungen der Neurologen, die das alles bloss auf das Feuern von Neuronen zurückführen, zum Trotz. Wir wissen nicht, wo die menschliche Psyche beginnt und wo sie endet, wie sie mit der Aussenwelt genau zusammenhängt, wie sie mit ihr “verschränkt” ist. Vielleicht ist das postulierte Multiversum lediglich ein Spiegel der unergründlichen kollektiv-menschlichen “Innenwelt”, die alle nur denkbaren Realisierungsmöglichkeiten enthält, von denen jeden Augenblick nur eine “ausgewählt”, “ausgelesen” wird?

---

<sup>16</sup> John A. Wheeler: *At home in the universe*, Woodbury (NY) 1994, 292

## Schlussbemerkung

Solche anscheinend ketzerischen Dinge sind, in der einen oder anderen Weise, schon lange vorher gedacht und geäußert worden, und zwar nicht zuletzt durch drei bedeutende österreichische Denker und Wissenschaftler, die ich hier nicht unerwähnt lassen möchte. Es sind dies, mit (sehr steil) ansteigender Akzeptanz und Relevanz für unser Thema: Rudolf Steiner (1861–1925), Paul Kammerer (1880–1926) und Wolfgang Pauli (1900–1958). Rudolf Steiner, aufgewachsen hier am Semmering, Goetheanist und Begründer der Anthroposophie, stellte die Evolutionstheorie kurzerhand auf den Kopf; alles schien ihm besser vom Menschen hergeleitet werden zu können.<sup>17</sup> Die tragische Geschichte des Wiener Biologen Paul Kammerer ist allbekannt. Nicht wegen seiner lamarckistischen Experimente, für die er neuerdings rehabilitiert wird, gehört er hierher, sondern wegen seines “Gesetzes der Serie”.<sup>18</sup> Kammerer versuchte, seine Beobachtungen unerklärlicher Koinzidenzen durch ein akausales Prinzip zu formalisieren. Sein “Serialitätsprinzip” gilt als Vorläufer des “Synchronizitätsprinzips”, das Jahrzehnte später von C.G. Jung, im Dialog mit Wolfgang Pauli, ausgearbeitet wurde.<sup>19</sup> Ein Fall von Synchronizität liegt vor bei einer spontanen und unverursachten (akausalen), jedoch sinngemässen Koinzidenz eines inneren (psychischen) mit einem äusseren Ereignis. Zufall und Sinn erscheinen darin wie die beiden Seiten einer Medaille. Pauli setzte sich intensiv mit der “Komplementarität” von Psyche und physischer Aussenwelt (von *mind* und *matter*) auseinander, wie sie ihm die Quantenphysik zu implizieren schien.<sup>20</sup> Dazu gehört auch die Rolle des Zufalls und seiner akausalen “Sinnhaftigkeit” in der biologischen Evolution. Wie viele Quantenphysiker war Pauli der rein (neo-) darwinistischen Interpretation der biologischen Evolution gegenüber skeptisch eingestellt, ohne sich jedoch einer religiös-teleologischen Ansicht vorschnell zu ergeben.<sup>21</sup> Mit Sicherheit hätte er sich auch im Zusammenhang mit der oben ausgebreiteten Diskussion um das Anthropische Prinzip leidenschaftlich um einen “dritten Weg” bemüht, einen Weg, der die Mitte hält zwischen Rationalismus und Mystizismus.

Zum Schluss sei noch angemerkt, dass sich der Autor dieser Zeilen durchaus bewusst ist, nicht unbedingt die Mehrheitsansicht seiner Fachkolleginnen und Fachkollegen wiedergegeben zu haben; ein persönlicher “Auswahleffekt” war unvermeidlich. Sein Doppelgänger im Paralleluniversum hätte die Sache vermutlich ohnehin ganz anders dargestellt.

---

<sup>17</sup> siehe z.B. Johannes Hemleben: *Rudolf Steiner und Ernst Haeckel*, Stuttgart 1968, 154–164.

<sup>18</sup> Paul Kammerer: *Das Gesetz der Serie: eine Lehre von den Wiederholungen im Lebens- und Weltgeschehen*, Stuttgart 1919.

<sup>19</sup> C.G. Jung: *Synchronizität als ein Prinzip akausaler Zusammenhänge*. In: C.G. Jung und Wolfgang Pauli: *Naturerklärung und Psyche*, Zürich 1952.

<sup>20</sup> Dazu Ernst Peter Fischer: *Brücken zum Kosmos: Wolfgang Pauli zwischen Kernphysik und Weltharmonie*, Konstanz 2004, sowie Harald Atmanspacher und Hans Primas (Eds.): *Recasting Reality: Wolfgang Pauli's Philosophical Ideas and Contemporary Science*, Berlin 2009.

<sup>21</sup> Siehe Linda van Speybroeck: *Exploring Pauli's (Quantum) Views on Science and Biology*, in: Atmanspacher und Primas: *Recasting Reality*, op.cit., 301