

Das elegante Universum, von Thomas Finkenstädt, RC Düsseldorf Süd

Ich konnte als Kind nicht genug von Märchen bekommen. Und wenn es dann hieß, „Sie lebten glücklich und zufrieden bis in alle Ewigkeit“, kam prompt meine Frage: „Mama. Wie lange dauert denn so eine Ewigkeit?“

Und sie sagte: „In einem sehr fernen Land wetzt ein Vögelchen alle 100 Jahre einmal sein Schnäbelchen an einem riesigen Berg, der bis in die Wolken reicht und aus reinem Diamant besteht. Wenn dann der ganze Berg abgewetzt ist, dann ist eine Sekunde der Ewigkeit vorbei.“

Natürlich gab ich dann auch noch keine Ruhe, denn meine Fantasie hatte sich entzündet.

Im Grunde sind Fragen nach Ewigkeit, Unendlichkeit, was ist die Zeit alles Fragen, die sich Astrophysiker auch heute stellen, und natürlich jeder denkende Mensch ebenfalls. Das heißt nicht, daß irgendein Mensch auf der Welt die Antworten, wie sie bisher vorliegen, und die so gänzlich gegen unsere Wahrnehmung und Alltagserfahrung gehen, sich wirklich vorstellen kann. Vieles davon erschließt sich wohl nur dem Mathematiker, der sich an der Eleganz und Schlüssigkeit seiner Gleichungen, wie die der Relativitäts- oder Stringtheorie berauschen kann.

Wenn Sie sich also während meines Vortrags für 20 Minuten an der Eleganz des Universums berauschen können, so hätte ich mein Ziel bereits erreicht.

Fassen wir mal den momentanen Stand unseres relativ gesicherten Wissens zusammen:

Dass wir Menschen nicht ewig leben (alles andere wäre eine Strafe), das wissen wir.

Unser Organismus ist bauartbedingt auf maximal 160 Jahre angelegt.

Auch unser Planet Erde existiert nicht ewig. Knapp 6 Milliarden Jahre hat er auf dem Buckel und hat vielleicht noch 5 Milliarden Jahre vor sich, wenn wir nichts gegen seine Langlebigkeit unternehmen.

Zusammen mit 7 weiteren Planeten kreist die Erde um unseren Heimatstern, die Sonne, die Quelle alles Lebens auf der Erde. Die Quelle, weil sie durch die Fusion von Wasserstoff zu Helium wie in einer kontrollierten Hiroshima Atombombe DIE Energie produziert, die auf der Erde der Entropie, also der zunehmenden Unordnung, trotzt. Die Sonne fusioniert jede Sekunde 564 Mio. t Wasserstoff zu 560 Mio. t Helium. Die Differenz wird im Wesentlichen für das Licht der Sonne verbraucht.

Der Kern der Sonne brütet bei über 100 Mio. Grad aus dem Helium Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff usw. aus bis hin zum Eisen. Für die noch schwereren Elemente wie Blei, Gold, Uran usw. bedarf es noch höherer Temperaturen und Drücke, die nur in explodierenden großen Sonnen, den sog. Supernovae, erzeugt werden. Alle diese Elemente sind die Bausteine der Planeten und allen Lebens darauf.

So gesehen sind wir die Asche längst vergangener Sterne, oder poetischer ausgedrückt bestehen wir Menschen aus Sternenstaub.

Ohne ständigen Energienachschub würde auf der Erde längst alles wie auf einem Schreibtisch aussehen, den man lange nicht aufgeräumt hat, letztlich gleichmäßig über die gesamte Platte verteilte Schreibtischutensilien, ohne Ordnung und ohne Struktur,

d.h. ohne säuberlich aufgebaute Bücherstapel oder nach Namen geordnete Karteikarten. Alles (in einem geschlossenen System) strebt zum Zustand der geringsten Energie, d.h. der niedrigsten Ordnung, die sog. Entropie. Wollen wir etwas gegen die Unordnung unternehmen und Strukturen aufbauen, müssen wir ständig Energie investieren.

Bleiben wir aber noch kurz bei unserem Sonnensystem. Ich muss das hier leider erwähnen, aber unsere Sonne ist ein ziemlich durchschnittlicher Stern sowohl was das Alter als auch die Masse betrifft. Des Weiteren ist unser Stern schon ein- oder zweimal recycelt worden, ausgebrannt, explodiert und neu gebildet. Die Energie erhält unser Stern aus der Fusion von Wasserstoff zu Helium, ein ähnliches Prinzip, wie wir es auf der Erde in neuartigen Fusionsreaktoren wie dem geplanten europäischen ITER versuchen nachzubilden. Dabei entsteht im Reaktor als Abfallprodukt nur das Edelgas Helium, kaum Radioaktivität, und den Ausgangsstoff Wasserstoff aus Wasser haben wir auf der Erde ja auch genug.

Wenn uns das eines Tages gelingen sollte, sind all unsere Energiesorgen gelöst.

Unser Sonnensystem ist, auch das fällt mir schwer zu sagen, nur eins von vielen hundert Milliarden Sonnensystemen in unserer Galaxie, die Milchstraße genannt wird. Leider ist auch unsere Milchstraße nichts Besonderes. Sie ist eine der ubiquitären sog. Spiralgalaxien die sich in etwa 250 Millionen Jahre einmal um ihr Zentrum, ein schwarzes Loch, dreht. Ein schwarzes Loch ist die Endstation eines Sterns von zig Sonnenmassen, dessen Gravitation so groß ist, dass selbst Licht nicht entkommen kann, daher schwarz erscheint.

Unser Sonnensystem, Verzeihung, auch das muss erwähnt werden, sitzt dazu noch auf einem eher abseits gelegenen Rand eines Spiralarms unserer Milchstraße. Wir müssen also zugestehen, dass sich das Leben und letztlich die Intelligenz einen ziemlich mediokren Platz im Universum ausgesucht hat, um sich zu manifestieren. Aber dass wir jetzt hier sitzen und über die Struktur des Universums nachdenken können, das macht uns ganz sicher in unserem Sonnensystem, wahrscheinlich sogar in unserer gesamten Galaxie Milchstraße einmalig. Im gesamten Universum dagegen wird sehr wahrscheinlich noch häufiger Intelligenz anzutreffen sein. Leider gibt es keine Möglichkeit, mit anderen Intelligenzen in Kontakt zu treten. Die Abstände zwischen den Galaxien sind denn doch zu groß.

Unser nächster Stern ist Alpha Centauri in 4,3 LJ Entfernung. Unsere nächste Schwestergalaxie, der Andromedanebel, ist gut 2 Mio. LJ entfernt. Ein Lichtjahr ist die Entfernung, die das Licht in einem Jahr zurücklegt. Bei 300.000 km pro Sekunde entspricht ein Lichtjahr ungefähr 10 Billionen km. Also keine Chance, selbst wenn wir Signale von der Nachbargalaxie empfangen würden, die auf intelligentes Leben hindeuten würden, diese mal eben zur Pflege gut nachbarlicher Beziehungen zu besuchen. Astronomen haben in den letzten Jahren viele Hinweise auf Planeten in weit entfernten Sonnensystemen erhalten, ja sogar in anderen Galaxien, deren Eigenschaften die Entstehung von Leben nicht ausschließen. Solche Planeten sind extrem schwierig zu entdecken, weil Planeten, anders als Sterne, nicht selber leuchten.

Es gibt im Universum keine unendlich vielen Galaxien sondern nur ungefähr eine halbe Billionen. Also auch hier keine Spur von Unendlichkeit. Jetzt wissen wir zwar, dass das

Universum nicht von unendlich vielen Galaxien bevölkert ist, aber existiert es wenigstens ewig?

Jeder, der mit einem Fernrohr bewaffnet Sterne am Firmament beobachtet, schaut in die Richtung von deren Geburt, also in die Vergangenheit unseres Universum.

Würde z.B. unsere Sonne schlagartig explodieren, so würden wir noch rund 8 Minuten lang die Sonne in voller Pracht sehen können. D.h. wir sehen die Sonne jetzt so, wie sie vor 8 Minuten ausgesehen hat. Und wenn wir eine mehrere Millionen Lichtjahre entfernte Galaxie, die von der Erde aus nur wie ein einziger Stern aussieht, mit geeigneten extraterrestrischen Instrumenten wie das Spitzer- oder das Hubble Teleskop beobachten, so schauen wir entsprechend Millionen Jahre in die Vergangenheit.

Übrigens würden wir dann auch, anders als Newton meinte, die Auswirkungen der weggefallenen Gravitation der Sonne erst 8 Minuten später bemerken, weil sich auch die Gravitation nicht schneller als mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten kann, wie uns Einstein überzeugend klar gemacht hat.

Der Rekord ist ein Blick auf eine sehr ursprüngliche Galaxie, die ca. 800 Mio. Jahre nach dem Urknall entstanden ist. Das heißt wir sehen diese Galaxie heute so, wie sie vor rund 13 Milliarden Jahre ausgesehen hat. Denn aufgrund von Präzisionsmessungen durch das Hubble-Weltraumteleskop ist das Alter des Universum mit 13,75 Milliarden Jahren berechnet worden, ist also auch nicht unendlich alt.

Und noch etwas ist interessant: die Galaxien entfernen sich alle mit großer Geschwindigkeit weg von der Erde und weg von einander, etwa so, als wenn man auf einen schlaffen Luftballon einige Punkte eng nebeneinander malt. Wenn man ihn aufbläst, nehmen die Punkte immer weiteren Abstand voneinander ein. Verfolgt man die Fluchtlinie der Galaxien, so treffen sie sich alle in einem Punkt, was man als den Ursprung des Universums bezeichnen kann, dem viel zitierten Urknall, dem Big Bang.

Wir wissen mittlerweile sehr gut, wie sich das Universum entwickelt hat, wenn man gnädig die ersten Millionstel Billionstel Billionstel, genauer 10^{-43} , Sekunden außer Acht lässt. Denn das Problem ist genau dieser Anfang. Wir wissen bis heute nicht, was sich vom Urknall bis zu diesem Zeitpunkt getan hat. Immerhin muss der Beginn des Urknalls aus einem einzigen Punkt mit unendlicher Masse und unendlicher Dichte entstanden sein. Klingt verrückt. Ja. Also gehen wir erst mal wieder auf gesicherten Boden zurück. Die ersten gut 200.000 Jahre bestand das sich anfangs **mit millionenfacher Lichtgeschwindigkeit** aufblähende Universum aus einer dichten, lichtlosen Ursuppe, bevor es sich dann in Strahlung und Protonen aufteilte und transparent wurde, auch wenn es zu der Zeit wohl keinen geben konnte, der hätte sagen können: „Es werde Licht“ und es ward tatsächlich Licht. Keiner? Obwohl, das Alte Testament ist da anderer Meinung.

Moment, sagte ich millionenfache Lichtgeschwindigkeit? Ist die Grundlage von Einsteins spezieller Relativitätstheorie nicht, dass nichts, aber auch gar nichts schneller als das Licht sein kann? Korrekt, aber millionenfache Lichtgeschwindigkeit war nur möglich, weil in den ersten 10^{-43} Sekunden die Relativitätstheorie noch nicht existierte, so wenig wie irgendein anderes Naturgesetz. Auch diese Gesetze „bildeten“ sich erst kurz nach dem Urknall und dabei legten sich, recht willkürlich, die Anfangsvariablen fest, die seitdem unser Universum bestimmen. So die Masse und Ladung des Elektrons, Protons und

Neutrons, um nur einige der mehrere Dutzend unterschiedlichen im Universum existierenden Teilchen zu nennen, sowie die 4 Kräfte, die allein unser Universum beherrschen (Gravitation, elektromagnetische, schwache und starke Kraft, die in der Anfangszeit vereinigt waren). Seither gelten sie für das gesamte Universum.

Die Eigenschaft „Masse“ wird allen Elementarteilchen übertragen durch das sog. Higgs-Teilchen. In Zusammenhang mit dem CERN Beschleuniger ist Ihnen der Name sicher schon mal untergekommen. Das Higgs-Teilchen ist auch besser bekannt als das sog. Gottesteilchen. Denn wenn sich die Existenz dieses bisher nur theoretisch geforderten Teilchens dort am CERN durch das Aufeinanderprallen von Wasserstoffkernen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit nachweisen ließe, hätte man den entscheidenden letzten Baustein, um den Urknall zu verstehen. Dann, so erklärt sich der häretische Name „Gottesteilchen“, hätte man den Bauplan Gottes entschlüsselt, oder, für die Agnostiker unter uns, bewiesen, dass es keines Schöpfers bedurfte, um das Universum so aussehen zu lassen, wie es jetzt aussieht.

Wäre z.B. die Masse des Elektron auch nur eine Winzigkeit anders, so sähe auch unser Universum völlig anders aus und ganz andere Gesetze würden gelten. Z.B. könnte die Gravitation abstoßend statt anziehend wirken, so wie es ganz am Anfang des Universums war und die Ursache der Expansion des Universum ist. Dann würden die reifen Äpfel in den Himmel fliegen, statt auf den Boden zu fallen.

Es gibt einige Theorien, die durchaus plausibel fordern, dass es nicht nur unser eines, sondern nahezu unendlich viele Paralleluniversen geben müsste, die beim Urknall jeweils andere von allen nur denkbaren Anfangsvariablen mitbekommen haben.

Was ist jetzt aber mit der Ewigkeit? Wird unser Universum wenigsten ewig existieren?

Das kann man eben noch nicht mit Sicherheit sagen. Es hängt zum großen Teil von der Gesamtmasse des Universum ab, und die lässt sich leider nicht genau bestimmen, einfach deshalb, weil es neben der sichtbaren Materie noch viel mehr dunkle, also unsichtbare Materie gibt, und zu allem Überfluss dazu noch dunkle Energie, die ja nach Einsteins berühmten Satz $E=mc^2$ auch als Masse beschrieben werden kann. Ist die Masse größer als ein bestimmter Grenzwert, schnurrt das Universum irgendwann wieder zusammen, weil die Anziehungskraft der Massen aufeinander entsprechend groß ist, um letztlich wieder in einem Punkt mit unendlicher Dichte und Masse zu enden, dem möglichen Ausgangspunkt eines erneuten Urknalls. Ist die Gesamtmasse des Universums dagegen geringer als dieser Grenzwert, so dehnt sich das Universum immer weiter aus. Im Universum wäre dann irgendwann die gesamte Masse gleichmäßig verteilt, ohne Strukturen. Es wäre kalt und leer und würde zeitlos existieren.

Hiermit könnte ich meinen Vortrag beruhigt schließen, der Kreis hätte sich geschlossen. Nur, da wäre noch eine Kleinigkeit: Auch die Zeit ist relativ.

Der Glaube an eine für alle Menschen gültige "universelle, absolute Zeit" hat Einstein widerlegt. Jeder Mensch, jedes Teilchen, trägt sein eigenes Zeitmaß mit sich herum. Zeit ist relativ. Zeit ist von der Bewegung und der Gravitation abhängig.

Ohne Bewegung, Kraft oder Masse hätten wir eine flache Raumzeit, vorstellbar wie ein straff gespanntes Gummituch. Legen wir eine schwere Kugel darauf, so verursacht sie eine Delle, krümmt also unsere Raumzeit. Diese Delle können wir im Modell als Gravitation ansehen, die verursacht, dass eine vorbeifliegende Kugel, die selber das Gummituch, wenn auch geringer, verformt, durch die Delle mehr oder weniger stark von ihrem geraden Weg abgelenkt wird. Dass diese Delle in der Raumzeit auch die Zeit beeinflusst, kann man experimentell nachweisen. Gravitation verlangsamt die Zeit (der Weg durch die Delle ist ja länger als der gerade Weg).

Auf Meereshöhe tickt eine identische Uhr langsamer als auf einem hohen Berg, wo die Gravitation geringer ist wegen des größeren Abstands zum Erdmittelpunkt. Der Zwillingbruder auf dem Berggipfel würde also rascher altern als sein Bruder, der auf Meereshöhe lebt, wenn auch nur um den Bruchteil einer Sekunde.

Auch die Bewegung einer Masse verursacht eine solche zusätzliche Delle in der Raumzeit, weshalb die Uhr eines Raumfahrers in einer schnellen Rakete langsamer tickt als die identische auf der Erde. Für den Raumfahrer vergeht also die Zeit langsamer relativ zu den auf der Erde zurück Gebliebenen. Er kehrte nach einem Jahr seiner Bordzeit zur Erde zurück und fände alle seine Freunde als Greise oder gar tot vor. Das ist leicht zu verstehen, da die Bewegungsenergie nach dem Einsteinschen Äquivalenzprinzip von Masse und Energie die Gesamtmasse, damit die Gravitation, damit die „Delle“ in der Raumzeit vergrößert.

Auch dieser Einfluss der Bewegung auf die Zeit wurde gemessen und für wahr befunden.

Übrigens: Jeden Tag, den Sie ihr Navigationssystem nutzen, können Sie Einstein danken. Denn dieser relativistische Effekt ist bei den in großer Höhe fliegenden Navigationssatelliten so groß, dass nach wenigen Tagen die Ortsbestimmung um einige Kilometer daneben liegen würde, wenn der abweichende Gang der Uhren zwischen ihrem Auto am Boden und den Satelliten im Himmel nicht immer wieder synchronisiert werden bzw. in die Laufzeit des Signals gleich mit einberechnet werden würde.

So genial Einstein bei seiner Relativitätstheorie war, in einem Punkt war er engstirnig. Sein Leben lang hat er gegen die Quantentheorie gekämpft. Ein Photon, also ein Lichtteilchen, ist z.B. ein solches Quant. Er wollte nicht akzeptieren, dass die Welt nicht genau berechenbar ist, sondern dass durch die Quantentheorie der Zufall in die Welt trat, weil sie postuliert, dass das Verhalten der kleinsten Bausteine der Materie nur in Wahrscheinlichkeiten angegeben werden kann. Nicht etwa, weil wir so schlecht rechnen können, sondern als immanente Eigenschaft der Quanten.

Daher kommt sein berühmter Satz „Gott würfeln nicht“. Heute wissen wir, er würfeln eben doch, zumindest auf quantenmechanischer Ebene.

Es spricht quantenmechanisch nichts dagegen, dass ein Fluss bergauf fließen kann. Die Wahrscheinlichkeit, dass wir das beobachten können, ist jedoch extrem gering. Dazu müssten wir wohl länger leben, als das Universum bereits existiert.

Der seit vielen Jahrzehnten dauernde Versuch, die Relativitätstheorie und die Quantentheorie in Einklang zu bringen, brachte keine sinnvolle Lösung. Was soll man auch mit solchen abstrusen Lösungen anfangen, die sich bei der Annahme ergeben, dass beide Theorien gleichzeitig gelten, nämlich eine Wahrscheinlichkeit von Unendlich.

Wahrscheinlichkeit 0 heißt „garantiert nicht möglich“, Wahrscheinlichkeit 1 ist bereits 100% sicher, aber was bedeutet dann „unendlich sicher“? Es könnte also nur eine der beiden gleichzeitig gelten, entweder die Relativitätstheorie ODER die Quantentheorie, ein harter Schlag für beide Lager.

Erst in den Achtzigern wurde eine Theorie vorgestellt, die sogenannte Stringtheorie, die die Relativitätstheorie und die Quantentheorie miteinander nicht nur widerspruchsfrei vereint, sondern sie sogar beide zwingend fordert. In aller Kürze. Sie postuliert, dass die kleinsten unteilbaren Bestandteile der Elementarteilchen als Grundlage der Materie, unseres Planeten, unseres Körpers und Geistes, winzigste schwingende eindimensionale Saiten sind. Je nachdem wie fest sie gespannt sind ändert sich die Schwingungsfrequenz und damit ihre Energie. Daraus ergeben sich die unterschiedlichen Eigenschaften der Elementarteilchen.

Ist das nicht ein eleganter Gedanke, dass das ganze Universum aus schwingenden Saiten besteht, die ganze Welt also voller Musik ist?