

## **DIE ZUKUNFT DES UNIVERSUMS**

### **Artikel**

Eingetragen von:

Geschrieben am: 23.01.2009 18:36:04

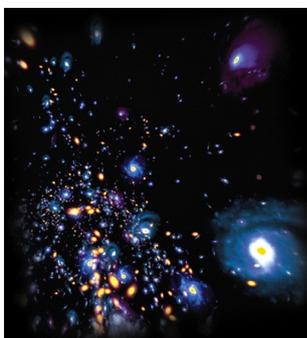
#### **Von Reptomaniac**

Schon immer machten sich die Menschen Gedanken darüber, wie sich das Universum in Zukunft entwickeln wird. Wird es ewig bestehen oder wird eines Tages enden?

In früheren Zeiten, als die Erde noch gleichbedeutend mit der Welt war und das Ende der Erde dem Weltuntergang gleichgesetzt wurde, war die Beschäftigung mit solchen Fragen noch eine Domäne der Mythologien und Religionen. Inzwischen sucht die Wissenschaft Antworten darauf und Forscher machen sich ihre Gedanken über das Schicksal des Kosmos in weit entfernter Zukunft.

Wird sich das Universum auf ewig ausdehnen, wird seine Expansion eines Tages zum Stillstand kommen oder wird es sogar einmal wieder in sich zusammenstürzen und ein neuer Urknall stattfinden? Derzeit erscheint die letzte Möglichkeit, die als "Big Crunch" bezeichnet wird, ziemlich ausgeschlossen, denn seit der Entdeckung der Dunklen Energie deutet alles darauf hin, dass sich der Kosmos sogar beschleunigt ausdehnt. Damit stehen auch die Chancen für einen Stillstand der Expansion nicht gerade gut. Nach heutiger Erkenntnis wird sich die Ausdehnung des Universums bis in alle Ewigkeit fortsetzen. Was bedeutet dies für die Sterne, Planeten und uns? In unvorstellbaren Zeiträumen werden Ereignisse stattfinden, die das Universum verändern werden.

Das Ende unsere Erde kommt in kosmischen Maßstäben gesehen in ziemlich kurzer Zeit, etwa in 4,5 Milliarden Jahren. Dann nämlich hat unsere Sonne ihren Vorrat an Wasserstoff aufgebraucht und bläht sich zu einem Roten Riesen auf. Ihre Oberfläche wird fast bis zur Erdbahn reichen (vielleicht auch darüber hinaus und unseren Planeten verschlingen), alle Meere und die Atmosphäre verdampfen, die Oberfläche der Erde schmilzt und ein Leben wird dann nicht mehr möglich sein. Nach ihrer Rote-Riesen-Phase wird die Sonne in sich zu einem Weißen Zwerg zusammenstürzen und im Laufe der Äonen erkalten.



Im Laufe der nächsten Billionen Jahre verschmelzen die Galaxien zu riesigen Materieansammlungen. Die meisten Sterne haben sich in Weiße Zwerge verwandelt und erkalten, andere sind als Supernova explodiert. Nur noch Rote Zwergsterne leuchten, die letzte Möglichkeit für Leben im Universum, da sie in ihrem Endstadium ähnlich hell wie unsere Sonne strahlen. Aber auch die Ära der Roten Zwergsterne endet nach etwa 100 Billionen Jahren.

Die folgende Zeit wird als "Epoche der Degeneration" bezeichnet. Das Brennmaterial der Sterne, Wasserstoff und Helium, ist aufgebraucht, nur noch Braune Zwerge - Objekte mit zuwenig Masse, um das stellare Feuer zu entzünden - besitzen davon Vorräte. Ab und zu kollidieren zwei Braune Zwerge, daraus bildet sich ein Roter Zwerg. In der Zeit zwischen 100 Billionen und 100 Trilliarden Jahren entstehen so in jeder Galaxie zwischen 10 bis 100 Roter Zwergsterne. Etwa alle Billion Jahre kollidieren zwei Weiße Zwerge und vergehen in einer Supernova. Zur gleichen Zeit lösen sich die riesigen Galaxien auf. Die erloschenen Sterne fallen entweder in schwarze Löcher oder schleudern sich gegenseitig bei nahen Begegnungen aus den Milchstraßen heraus.

Von nun an gibt es zwei Möglichkeiten, wie sich das Universum weiterentwickelt. Es hängt davon ab, ob das Proton stabil ist oder nicht. Manche Theorien besagen, dass es zwar sehr langlebig ( $10^{37}$  Jahre) ist, aber eines Tages doch zerfallen wird. Trifft dies zu, wird das Schicksal des Kosmos folgendermaßen aussehen: Die Epoche der Degeneration endet, alle Materie verwandelt sich in Elektronen, Positronen und Gammastrahlen, die einzigen massiven Objekte sind nur noch die Schwarzen Löcher. Aber auch sie existieren nicht ewig. Aufgrund der Hawking-Strahlung "verdampfen" sie im Laufe der Zeit und beenden ihr Dasein mit einem kurzen Lichtblitz, der das tote und dunkle All für einen Moment erleuchtet.

Alle Strukturen haben sich aufgelöst, es gibt nur noch Paare von sich gegenseitig umkreisenden Elektronen und Positronen, ihre Bahnen können größer sein, als unser heutiger Kosmos. Inzwischen hat sich das Universum um das 1040fache vergrößert. Im Laufe von  $10^{116}$  Jahren treffen die Teilchen aufeinander und zerstrahlen. Jetzt gibt es nur noch einige Neutrinos und Photonen mit riesigen Wellenlängen. Das Zeitalter der ewigen Nacht ist angebrochen.

Bis jetzt wurde allerdings noch kein Protonenzerfall beobachtet, d.h. sehr wahrscheinlich sind Protonen doch stabil. In diesem Fall nimmt die Geschichte einen anderen Verlauf. Noch lange Zeit nachdem die letzten Schwarzen Löcher zerstrahlt sind, treiben tote Planeten und erloschene Sterne durch die Weiten des Alls. In fast unendlichen Zeiträumen verwandelt sich deren Materie durch Kernzerfall oder durch Fusionsreaktionen allmählich in Kugeln aus Eisen. Das wird in einem Zeitraum von etwa  $10^{1500}$  (eine 1 mit 1500 Nullen!) Jahren geschehen. Aber damit ist das Ende immer noch nicht erreicht. Diese Eisenkugeln schrumpfen im Laufe der nächsten Äonen je nach Größe entweder zu Neutronensternen oder Schwarzen Löchern. Diese Epoche wird bis zu  $10^{1076}$  Jahre dauern. Danach werden sich auch diese letzten Schwarzen Löcher wieder auflösen und zerstrahlen.

Jetzt gibt es nur noch kosmischen Staub. Ab und zu wird er sich unter dem Einfluss der Schwerkraft zusammenballen und ein neues Schwarzes Loch entsteht, das wiederum eines Tages wieder vergeht. Und eines Tages gehen auch diese letzten Reste von Materie zur Neige. Danach wird nur noch ewige Kälte und Dunkelheit herrschen.

Vielleicht wird aber unser Universum in relativ kurzer Zeit ein weitaus dramatischeres Schicksal

erleiden. Manche Forscher glauben, dass die Dunkle Energie im Laufe der Zeit über alle Maßen anwächst (sog. Phantom-Energie) und sich so die Expansion des Raumes unvorstellbar beschleunigt. In diesem Fall wäre das Ende der Welt in ca. 30 bis 50 Milliarden Jahren zu erwarten. Dieses Szenario wird als "Big Rip" bezeichnet. Die Expansionsgeschwindigkeit des Universums übersteigt eines Tages alle Maße und der Raum wird buchstäblich auseinandergerissen. Zuerst lösen sich die Galaxienhaufen auf, dann die Galaxien, drei Monate vor dem Ende zerfallen die Sonnensysteme, 30 Minuten vor dem endgültigen Aus wird die Erde auseinander gerissen und schließlich werden zum Schluss sogar alle Atome zerfetzt.

Es gibt aber noch eine weitere Möglichkeit für die Zukunft, bzw. das Ende des Universums. Das hängt davon ab, ob das Vakuum seinen energetisch niedrigsten Zustand erreicht hat, d.h. ob es stabil ist. Die Dinge in der Natur streben danach, möglichst den niedrigsten Energiezustand zu erreichen. Z.B. wird eine Kugel von einer instabilen Lage auf einer Bergspitze (energetisch hoher Zustand) in eine stabile Lage im Tal (energetisch niedriger Zustand) rollen. Genauso könnte es beim Vakuum noch eine niedrigere stabile Form geben. Wir nehmen heute zwar an, dass das Vakuum stabil ist, aber dennoch könnte es noch nicht das echte Vakuum sein, sondern nur ein falsches. Dass es sich innerhalb der letzten Milliarden Jahre nicht verändert hat, muss nicht bedeuten, dass es stabil ist. Ebenso wie eine Kugel, die lange Zeit auf einer ebenen Tischplatte ruht und eines Tages angestoßen wird und über den Rand zu Boden fällt, könnte auch ein falsches Vakuum durch irgendein Ereignis sich in ein echtes verwandeln.

Vielleicht ist ein solches Ereignis, ohne dass wir es wissen, irgendwo im Universum schon aufgetreten. Die Physiker Sidney Coleman und Frank De Luccia haben sich mit dieser Frage beschäftigt und berechnet, was in so einem Fall geschehen würde: Irgendwo im Universum hat sich eine winzige Blase aus echtem Vakuum, die von dem falschen umgeben ist, gebildet. Sofort nach ihrer Entstehung wird sie sich mit einem Tempo, das sich bald der Lichtgeschwindigkeit nähert, ausdehnen und dabei einem immer größer werdenden Bereich des falschen Vakuums in sich aufnehmen und in echtes verwandeln. Die Energiedifferenz (ca. 1087 Joule pro  $\text{cm}^3$  Raum) konzentriert sich in der Wand der Blase, die sich mit ungeheurer Geschwindigkeit durch das Universum frisst, immer mehr anwächst und auf ihrem Weg alles vernichtet.

Falls sich eine solche Blase aus echtem Vakuum uns nähern sollte, würde die Vorwarnzeit nicht einmal drei Minuten betragen. Dann würden sich augenblicklich alle Elementarteilchen in ihrem Wesen und in ihren Wirkungen radikal verändern, die Protonen könnten schlagartig zerfallen, alle Materie wird vernichtet. Nach der Veröffentlichung der Arbeit der beiden Physiker wurde darüber diskutiert, ob so ein Ereignis auch unbeabsichtigt durch Experimente an Teilchenbeschleunigern (z.B. am LHC am CERN) ausgelöst werden könnte. Bei Zusammenstößen von Elementarteilchen mit hoher Energie innerhalb eines sehr kleinen Bereiches und innerhalb einer sehr kurzen Zeit könnten kurzfristig Bedingungen auftreten, die einen Vakuumzerfall ermöglichen. Und wäre erst einmal eine Blase aus echtem Vakuum geschaffen, würde sie sich augenblicklich ausdehnen, und sei sie auch nur mikroskopisch klein.

Nichts könnte das Ende der Welt, so wie wir sie kennen, aufhalten. Die Forscher Piet Hut und Martin Rees gaben zunächst Entwarnung, da die Energiemengen, die mit heutigen Beschleunigern erzeugt werden können, bei weitem nicht ausreichen. Jede Sekunde werden Atome unserer Atmosphäre von der kosmischen Strahlung von vielfach höherer Energie bombardiert, und das seit Milliarden von Jahren, ohne dass etwas passiert ist. In äußerst seltenen Fällen können aber zwei kosmische Strahlen frontal aufeinander prallen. Dabei können Energien freigesetzt werden, die die in heutigen Teilchenbeschleunigern erzeugten um ein Milliardenfaches

Übersteigen. Nach heutigem Erkenntnisstand nimmt man aber an, dass unser Vakuum seinen stabilsten Zustand erreicht hat und dass ein Vakuumzerfall sehr unwahrscheinlich ist.

Alle bisher vorgestellten Varianten setzen voraus, dass unser Universum auf natürlichem Weg entstanden ist und eine durch die Naturgesetze bestimmte kosmische Evolution durchläuft. Vielleicht ist unser Kosmos aber auch das Ergebnis eines Experimentes einer weit fortgeschrittenen Zivilisation aus einem anderen Universum. Japanische Wissenschaftler haben sich damit beschäftigt, was geschehen würde, wenn der umgekehrte Fall wie oben beschrieben eintreten würde, also wenn innerhalb des echten Vakuums eine Blase aus falschem entstehen würde.

Nach ihren Berechnungen würde sich das falsche Vakuum sehr schnell ausdehnen, das widerspricht aber der Annahme, dass die Region aus echtem Vakuum die aus falschem verdrängt und nicht umgekehrt. Aus der Sicht eines Beobachters außerhalb der Blase aus falschem Vakuum würde diese nicht anwachsen, sondern eher wie ein schwarzes Loch wirken, ein Beobachter innerhalb der Blase würde aber beobachten, wie sie sich immer mehr ausdehnt. Jetzt wäre ein Baby-Universum entstanden, das mit seinem Mutter-Universum noch kurze Zeit mit einem Wurmloch wie mit einer Nabelschnur verbunden ist. Aber schon bald würde das Wurmloch zerfallen und das Baby-Universum hätte sich "abgenabelt". Dann würde es keine Verbindung zu seinem Mutter-Universum mehr haben und seine eigene kosmische Entwicklung durchlaufen.

Manche Forscher nehmen an, dass auch unser Universum ein "Nachkomme" eines anderen Kosmos sein - ob auf natürlichem Weg entstanden oder als Ergebnis eines Experiments sei dahingestellt - und die Eigenschaften seines Mutter-Universums geerbt haben könnte. Vielleicht existiert so etwas wie ein kosmischer genetischer Code, d.h. Mutter-Universen geben ihre Eigenschaften an ihre Kind-Universen weiter.



Ganz anders sieht es aber aus, falls unser Universum eine Simulation ist oder von einem Gott (oder mehreren Göttern) erschaffen wurde. In beiden Fällen wären keinerlei Voraussagen mehr zu machen, wie das Schicksal unserer Welt aussehen könnte, denn wir wären der Willkür unserer Schöpfer vollkommen ausgeliefert. Aus unserer Sicht würde es keinen Unterschied machen, ob unser Kosmos als ein Programm auf einem Computer einer uns überlegenen Zivilisation läuft oder ob ein göttliches (oder dämonisches) Wesen dahintersteckt. Die Zukunft unserer Welt

könnte nämlich auch so aussehen, dass die hypothetischen, außerkosmischen Programmierer eines Tages ihres Spiels überdrüssig sind und unser Universum (und damit auch uns) einfach abschalten oder das ein Gott in seiner Willkür die Welt wieder im Nichts versinken lässt. Leider sind diese Möglichkeiten nicht ausgeschlossen und es bleibt nur noch die Hoffnung, dass es nicht dazu kommt.

**Reptomaniac, 23.01.2009**

Quellen:

Paul Davies - Die letzten drei Minuten

Bild der Wissenschaft

zeit.de

focus.de

wikipedia