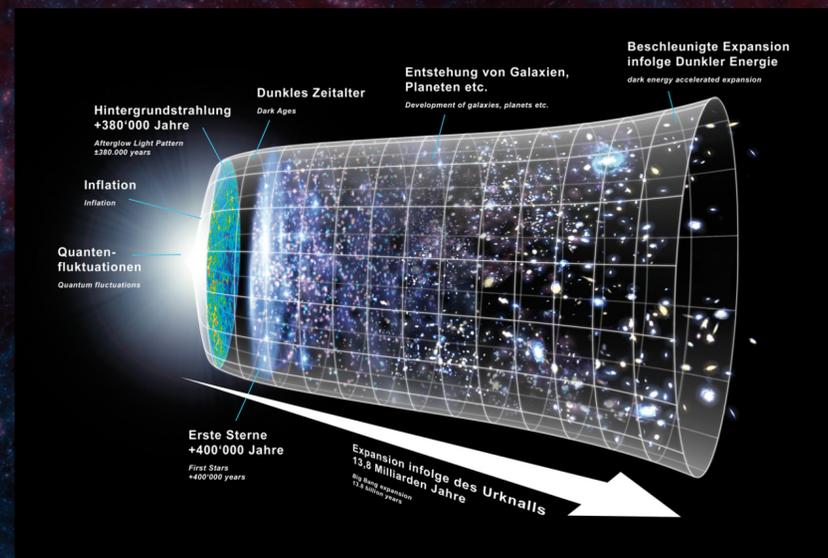


Urknall – die Evolution des Universums

Big Bang – the Evolution of the Universe



Expansion seit 13,8 Milliarden Jahren

Die meisten Astronomen sind sich einig, dass das Universum im Urknall entstanden ist und sich Raum, Zeit und Materie aus einem einzigen Punkt heraus entwickelten. Die Abbildung oben zeigt die Entwicklung des Universums über 13,8 Milliarden Jahre. Ganz links ist der früheste Moment dargestellt, den wir heute erforschen können, als eine Periode der «Inflation» einen Ausbruch exponentiellen Wachstums im Universum verursachte. Innerhalb Sekundenbruchteilen bildeten sich die bekannten Elementarteilchen, die sich zu Protonen und Neutronen, dann zu Atomkernen formten. Nach rund 300'000 Jahren war das Universum auf etwa 3'000 Grad Celsius abgekühlt. Nun konnten die Atomkerne Elektronen einfangen und Atome bilden. Das Universum füllte sich mit Wolken aus Wasserstoff und Helium, es bildeten sich Sterne und Galaxien. In den folgenden Milliarden Jahren verlangsamte sich die Expansion des Universums allmählich, da die Materie durch die Schwerkraft an sich selbst zog. In jüngster Zeit hat sich die Expansion wieder beschleunigt, da die abstoßenden Effekte der Dunklen Energie die Expansion des Universums dominieren.

13.8 billion years of development

Most astronomers agree that the universe was created in the Big Bang and that space, time and matter evolved from a single point. The illustration above shows the evolution of the universe over 13.8 billion years. The far left depicts the earliest moment we can now probe, when a period of "inflation" produced a burst of exponential growth in the universe. For the next several billion years, the expansion of the universe gradually slowed down as the matter in the universe pulled on itself via gravity. More recently, the expansion has begun to speed up again as the repulsive effects of dark energy have come to dominate the expansion of the universe. The afterglow light seen by the Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) was emitted about 375,000 years after inflation and has traversed the universe largely unimpeded since then. The conditions of earlier times are imprinted on this light; it also forms a backlight for later developments of the universe.

QR-Codes scannen und mehr zum Urknall und zur Entwicklung des Universums erfahren. Scan the QR code and learn more about the Big Bang and the evolution of the universe.



Die farbige Illustration im Hintergrund zeigt eine sehr detaillierte Simulation der großräumigen Struktur des Universums. Die Verteilung der dunklen Materie ist in Blau und die Gasverteilung in Orange dargestellt. Diese Simulation bezieht sich auf den aktuellen Zustand des Universums und ist auf einen massiven Galaxienhaufen zentriert. Die dargestellte Region hat einen Durchmesser von etwa 300 Millionen Lichtjahren.

The colorful illustration in the background shows a very detailed simulation of large scale structure in the Universe. The distribution of dark matter is shown in blue and the gas distribution in orange. This simulation is for the current state of the Universe and is centered on a massive galaxy cluster. The region shown is about 300 million light-years across.

Dunkle Materie und Dunkle Energie

Rund achtzig Prozent der Materie im Universum bestehen aus einem Stoff, den bisher noch niemand gesehen hat – aus Dunkler Materie. Insgesamt soll sie knapp 27% der Energiedichte im Weltall ausmachen, während die baryonische Materie, aus der alles uns Bekannte besteht, nur fünf Prozent beisteuert. Was hinter der Dunklen Materie steckt, versuchen Wissenschaftler mit verschiedenen Methoden herauszufinden.

Den weitaus grössten Anteil an der Gesamtdichte von Materie und Energie im Universum – nämlich rund 68 Prozent – macht ein Energiefeld aus, das den Kosmos beschleunigt auseinandertreibt: Dunkle Energie. Diese bisher rätselhafte Energieform wirkt der Schwerkraft der im Weltall enthaltenen Materie entgegen, welche die Expansion des Raumes bremst. Nach heutiger Kenntnis dominiert die Dunkle Energie, sodass sich das Universum auf ewige Zeit ausdehnen wird.

Das aus mehreren Daten zusammengesetzte Bild unten zeigt den Galaxienhaufen 1E 0657-56, der auch als «Bullet Cluster» bekannt ist. Dieser Haufen entstand aus der Kollision zweier grosser Galaxienhaufen. Heisses Gas – sichtbar gemacht im Röntgenstrahlungsbereich – leuchtet im Bild als pinkfarbene Bereiche, sie enthalten den grössten Anteil der gewöhnlichen Materie des Galaxienhaufens. Die bläulichen Regionen zeigen, wo die Astronomen die meiste Masse des Haufens finden. Aufgespürt hat man diese Massen dank des Gravitationslinseneffekts, welcher das Licht der weiter entfernten Objekte im Hintergrund ablenkt.

Dark Matter and Dark Energy

Around 80% of the matter in the universe consists of a substance that no one has seen yet – dark matter. In total, it is said to account for almost 27% of the energy density in the universe, while baryonic matter, which makes up everything we know, only contributes five percent. Scientists are trying to find out what lies behind dark matter using various methods.

By far the largest proportion of the total density of matter and energy in the universe – around 68% – is accounted for by an energy field that is accelerating the cosmos apart: Dark energy. This mysterious form of energy counteracts the gravity of the matter contained in the universe that tries to slow down the expansion of space. According to current knowledge, dark energy dominates, with the result that the universe will continue to expand forever.

The image below, composed of multiple data, shows the galaxy cluster 1E 0657-56, also known as the "bullet cluster".



This cluster was formed after the collision of two large clusters of galaxies. Hot gas – made visible by X-ray observations – glows in the image in pink; these areas contain most of the ordinary matter in the galaxy cluster. The blue regions show where astronomers found most of the cluster's mass. This mass was detected thanks to the gravitational lensing effect, which deflects the light from the more distant objects in the background.

Gedankenexperiment mit Ballon

Um sich die Ausdehnung des Universums zu veranschaulichen, ist das Bild eines Luftballons, der aufgeblasen wird, tatsächlich ein gutes. Hier muss man sich das Universum als die Oberfläche des Ballons vorstellen. Punkte, welche man auf den Ballon malt, repräsentieren Galaxien mit ihren Milliarden von Sternen, Planeten und Gaswolken.

Es ist wichtig, im Kopf zu behalten, dass nur die Ballonoberfläche das Universum darstellt (wobei eine räumliche Dimension nicht gezeigt wird) – das Balloninnere hat in dieser Analogie keine Bedeutung. Während der Ballon beim Aufblasen immer grösser wird, verlagern sich die Distanzen zwischen den Punkten – und dies umso schneller je weiter die Punkte voneinander entfernt sind.

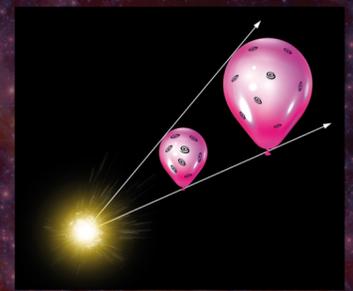
Versucht man sich dieses Vorgehen jetzt rückwärts in der Zeit vorzustellen, so schrumpft der Ballon immer weiter und die Punkte nähern sich einander. Dies passiert überall. Geht man weit genug in der Zeit zurück, so können sich die Punkte/Galaxien beliebig nähern. Man trifft dann auf den Urknall, und zwar überall. Das bedeutet: Der Urknall ist nicht an einem Ort passiert, sondern an allen Orten!

Thought experiment with balloon

To visualise the expansion of the universe, the image of a balloon being blown up is actually a good one. Here you have to imagine the universe as the surface of the balloon. Dots that you paint on the balloon represent galaxies with their billions of stars, planets and gas clouds.

It is important to keep in mind that only the surface of the balloon represents the universe (not showing a spatial dimension) - the inside of the balloon has no meaning in this analogy. While the balloon gets bigger and bigger as it inflates, the distances between the points get longer – and the further apart the points are, the faster they move.

If we now try to imagine this process backwards in time, the balloon shrinks further and further and the points come closer together. This happens everywhere. If you go back far enough in time, the points/galaxies can approach each other at will. You then encounter the big bang, everywhere. This means: The big bang did not happen in one place, but in all places!



COSMIC
SWISS SPACE MUSEUM
VOYAGE