

Urknall-Hypothese

Entwicklung des Wissens in der Neuzeit

Seit Galileo Galilei 1609 den Jupiter betrachtete beobachteten Astronomen mit Teleskopen (Fernrohren) den Nachthimmel. Die Teleskope wurden seitdem immer weiter verbessert, so dass immer weiter entferntere Objekte sichtbar wurden.

So fand man im Laufe der Zeit heraus, dass außerhalb der Bahn des Jupiters noch weitere Planeten existieren - nämlich Uranus und Neptun und die Milchstraße aus ca. 100 Milliarden Sternen besteht. Es wurden auch weitere Galaxien entdeckt, die man vorher für Nebel hielt.

Die Entfernungen der Sterne von der Erde konnten ebenfalls immer genauer gemessen werden (Parallaxenmethode und Cepheiden-Methode).

Eine wichtige Möglichkeit für die Untersuchung von Sternen ist die Spektroskopie. Dabei wird das Licht der Sterne mit Hilfe von Spektrometern untersucht, die das Licht des jeweiligen Sterns in seine einzelnen Farben zerlegen können. Im frühen 19ten Jahrhundert hatte ein Forscher Namens Fraunhofer im Spektrum der Sonne entdeckt, dass es innerhalb der Farben schwarze Linien gibt – es fehlen also einzelne Farben. Solche Spektren werden Absorptionsspektren genannt. Durch die Arbeit des Forschers Bunsen konnten die fehlenden Farblinien erklärt werden. Er hatte mit Hilfe der Flammenfärbung herausgefunden, dass die Atome eines Elements ganz bestimmte Farben aussenden oder absorbieren können. Genau diese Farben fehlen im Sonnenspektrum. Das bedeutet, dass das Licht von der Sonne durch eine gasförmige Hülle der Sonne zu uns kommt. Diese Hülle wird Korona genannt – sie ist bei einer Sonnenfinsternis zu sehen. Mit Hilfe des Sonnenspektrums kann man also genau angeben, welche Elemente und wie viel auf der Sonne vorkommen. Außerdem kann man auch die Temperatur der Sonne bestimmen. Die Sonne strahlt nicht alle Farben gleich stark aus, sondern sie hat im gelben Bereich des Spektrums ein Maximum. Daraus lässt sich die Temperatur der Sonnenoberfläche berechnen (Wien'sches Verschiebungsgesetz).

Untersucht man die Spektren anderer Sterne, so stellt man fest, dass auch diese schwarze Linien beinhalten, also Absorptionsspektren sind. So kann man sehr genau die Zusammensetzung der Sterne bestimmen außerdem auch die Temperatur.

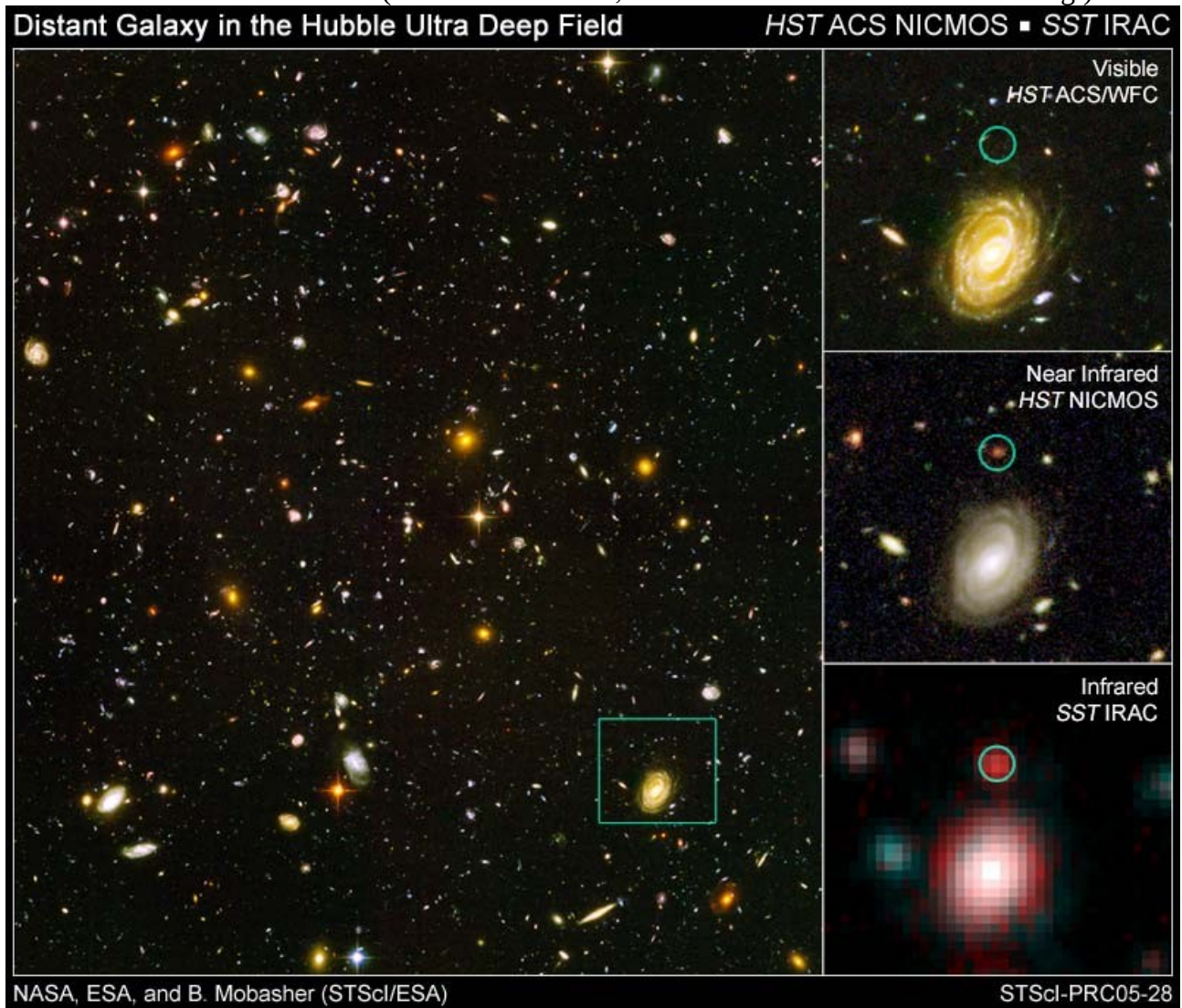
Im 20ten Jahrhundert wurde dann entdeckt, dass es im Universum noch viel mehr Galaxien gibt. Insgesamt hat man ca. 100 Milliarden entdeckt. Außerdem gelang es die Entfernungen dieser Galaxien zu bestimmen. Unsere Nachbargalaxis Andromeda hat einen Abstand von 2,3 Mio LJ.



Credit: T. Rector and B. Wólpa (NOAO/AURA/NSF)

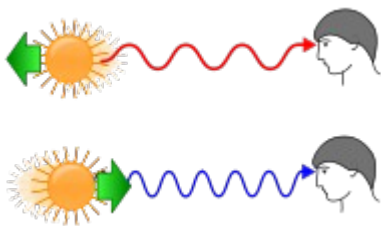
Andromeda Galaxie

Aber es gibt noch sehr viel weiter entfernte Galaxien – die am weitesten entfernten Galaxien sind ca. 13 Mrd. LJ von uns entfernt (1 LJ ist die Strecke, die das Licht in einem Jahr zurück legt).



Kleiner Himmelsausschnitt mit dem Hubble-Teleskop aufgenommen zeigt die große Anzahl der Galaxien. Es zeigt auch etwa 100 rote Galaxien, die sehr alt und weit weg sind (kleines Bild ganz rechts unten).

Das Licht dieser entfernten Galaxien war 13 Mrd. Jahre zu uns unterwegs. Da man solche Galaxien in allen Richtungen findet, hat unser Universum einen Durchmesser von etwa 26 Mrd. LJ. In den zwanziger Jahren des 20ten Jahrhunderts hat dann der Astronom Hubble die Spektren der Galaxien untersucht und festgestellt, dass die Absorptionslinien der Elemente zum roten Bereich des Spektrums verschoben sind. Das kann man mit dem Doppler-Effekt erklären, bei dem das Licht sich entfernender Objekte nach Rot verschoben wird.



Dopplereffekt bei Licht (Bild von Ales Tesovski).

Vergleich von einem normalen Spektrum (Sonne) mit einem nach Rot verschobenen Spektrum des Galaxienhaufens (Ansammlung mehrerer Galaxien) BAS111 :

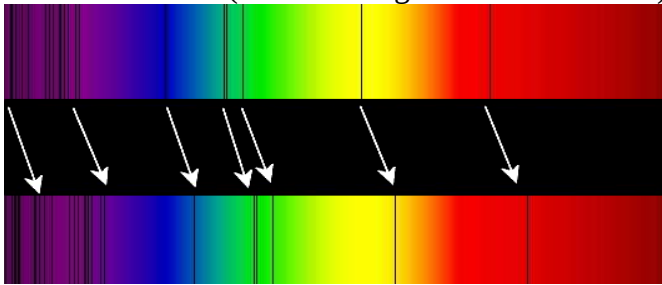


Bild von Georg Wiora

Aus der Rotverschiebung z kann man die Fluchtgeschwindigkeit der Galaxien berechnen:

Definition der Rotverschiebung z :
$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{\lambda_{\text{beobachtet}} - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{\lambda_{\text{beobachtet}}}{\lambda_0} - 1$$

mit λ_0 : ursprüngliche Wellenlänge.

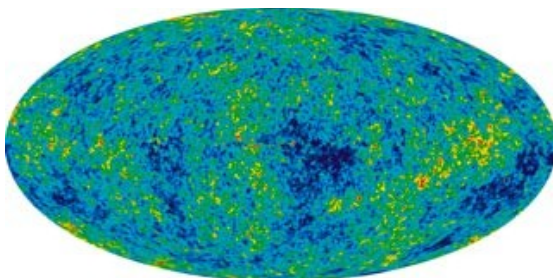
Für die Rotverschiebung einer sich entfernenden Galaxie gilt:

$$z = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} - 1$$

mit c : Lichtgeschwindigkeit und v : Fluchtgeschwindigkeit. Das kann man nach Gleichsetzung der beiden Gleichungen nach der Fluchtgeschwindigkeit v auflösen.

Es ergibt sich folgende Geschwindigkeitsverteilung: je weiter eine Galaxie von der Erde entfernt ist, desto größer ist ihre Geschwindigkeit. Die schnellsten Galaxien fliegen fast mit Lichtgeschwindigkeit von uns weg. Dabei ist es egal in welcher Richtung wir die Galaxien beobachten. Alle fliegen genau von uns weg. Nur einige nahe Galaxien bewegen sich wegen der Gravitation auf uns zu (Andromeda). Wenn alle Galaxien von uns weg fliegen, so können wir auch berechnen wo sie vor 13 Mrd. Jahren waren – sie waren alle hier bei uns. Sie befanden sich mit uns in einem Punkt und rasen seit dieser Zeit aus einander. Den Zeitpunkt des Starts nennt man Urknall (Big Bang). Der Ausgangs-Punkt hat kein Volumen, d. h. es gab auch keinen Raum. Auch die Zeit nahm damals ihren Anfang. Raum und Zeit begannen ihre Existenz also mit dem Urknall. Wir haben keinerlei Informationen über das davor.

Ein weiter Beweis ist das Hintergrundrauschen, dass die Wissenschaftler Wilson und Penzias 1964 entdeckten. Sie bemerkten ein Rauschen beim Betrieb einer Radioantenne. Zuerst dachten sie an eine Störung, doch dann bemerkten sie, dass das Rauschen aus allen Richtungen kam – also aus dem Weltraum. Die Erklärung dafür konnten sie aber nicht geben. Erst etwas später kam man darauf. Es handelt sich um die thermische Strahlung des Universums. Am Anfang (beim Urknall) war es sehr heiß. Heiße Körper senden Wärmestrahlung (Infrarot) aus. Die Wellenlänge hängt von der Temperatur des Körpers ab. Durch die Ausdehnung des Universums fand eine Abkühlung statt, die dazu führte, dass das Universum heute eine Temperatur von 2,725K hat. Die dazu gehörende Strahlung ist die gemessene Hintergrundstrahlung. Die Temperatur ist nicht überall gleich, denn es gab von Anfang an Schwankungen in der Dichte und der Temperatur (wie bei einer Explosion).

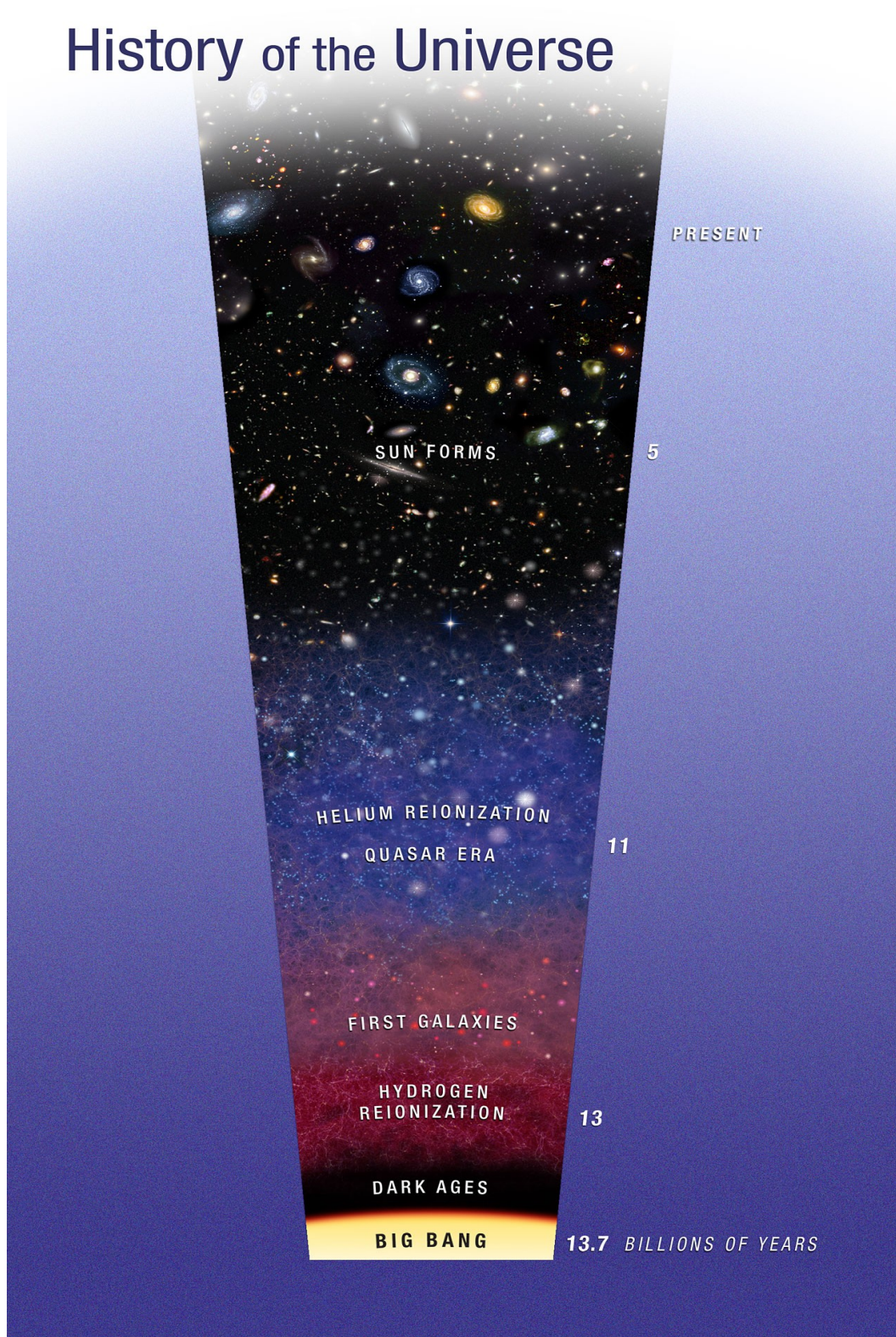


Kosmische Hintergrundstrahlung: WMAP der NASA
Quelle: <http://wmap.gsfc.nasa.gov/media/101080>

Man kann sie sogar mit dem Fernseher sehen, wenn man zwischen zwei Sendern das kriselige Bild betrachtet.

Zum Abschluss noch ein Bild, dass die Entwicklung des Universums bei Beachtung des heutigen Wissens (incl. Beweisen) darstellt:

History of the Universe



Credit:

[NASA](#), [ESA](#), and A. Feild ([STScI](#))