

Kapitel 1

Vom Big Bang bis heute mit Gravitation

1.1 Einleitung

Die Dynamik des Universums ist ein faszinierendes Gebiet der Forschung. Es ist auch für den Laien immer wieder spannend Neues über die Entwicklung unseres Universums zu erfahren. Die bisherigen Beschreibungen hatten zwei offene Fragen. Im Rahmen der klassischen Theorie gibt es eine physikalisch unrealistische Singularität und die äußerst schnelle anfängliche Expansion, die kosmische Inflation, wird oft mit einem empfindlichen Inflatonfeld modelliert (siehe Steinhardt (2011)). In diesem Buch werden beide Probleme im Rahmen eines Modells gelöst. Das Modell beruht einzig auf der fundamentalen Wechselwirkung Gravitation und auf der Quantenphysik sowie auf Ideen der Schleifenquantengravitation. Entsprechend benötigt es nur die drei fundamentalen Naturkonstanten Lichtgeschwindigkeit, Planck'sches Wirkungsquantum und Gravitationskonstante. Die Ergebnisse der Dynamik stimmen hervorragend mit Beobachtungen überein.

In Kapitel eins wird das Modell gut verständlich auf Deutsch präsentiert und Ergebnisse werden mit Beobachtungen verglichen. In Kapitel zwei wird das Modell auf Englisch detailliert sowie mit Zusatzüberlegungen vorgestellt und vorgerechnet.

1.2 Fluchtbewegung der Galaxien

Anfang des 20. Jahrhunderts hat Vesto Slipher *Rotverschiebungen* entfernter Galaxien gemessen (siehe Slipher (1917)). Genau genommen sprach man anfangs noch von Gasnebeln. Denn man konnte noch nicht entscheiden, ob ein Gasnebel innerhalb oder außerhalb der Milchstraße liegt.

Was heißt Rotverschiebung genau? Die Galaxien senden Licht bei bestimmten Wellenlängen λ aus. Diese Wellenlängen kennen wir, weil die atomaren Vorgänge beim Aussenden bekannt sind. Wenn das Licht hier ankommt, dann beobachten wir eine Wellenlängenveränderung $\Delta\lambda$. Interessant dabei ist, dass bei einer Galaxie der Quotient $z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ für alle Wellenlängen oder Farben gleich ist. Dieser Quotient heißt Rotverschiebung.

1.2.1 Erste Deutung: Radiale Bewegung im Raum

Diese Rotverschiebungen z verglich Carl Wirtz mit den Entferungen d der Galaxien. Genau genommen konnte er diese Entferungen nicht präzise messen und verwendete stattdessen Hinweise auf die Entferungen.

Und er *deutete* die Rotverschiebungen, ebenso wie Slipher, mit dem Dopplereffekt. Dann ergibt die Rotverschiebung z multipliziert mit der Lichtgeschwindigkeit c die *radiale Geschwindigkeit* $v = c \cdot z$. Wirtz stellte also fest, dass sich entfernte Galaxien radial von uns weg bewegen (siehe Wirtz (1922)). Auch bemerkte er im Rahmen statistischer Untersuchungen, dass dabei die Geschwindigkeit um so größer ist, je weiter die Galaxie von uns entfernt ist (siehe Wirtz (1924)).

1.2.2 Genaue Messung der Entfernung

Wirtz wusste noch nicht, ob die Sterne des Andromedanebels zur Milchstraße gehören. Erst Hubble konnte mit dem damals größten Teleskop *Entfernungen* zu Sternen der Milchstraße und

des Andromedanebels recht genau messen. Dabei stellte er fest, dass der Andromedanebel und die Milchstraße zwei unterschiedliche Sternsysteme, zwei eigene Galaxien, darstellen.

Mit seinem Teleskop untersuchte er weitere Galaxien. Dabei erkannte er, dass die Entfernung d proportional zur Rotverschiebung z ist. Diesen Zusammenhang nennt man heute Hubble-Gesetz (siehe Hubble (1929)). Wir konnten es mit einem Schulteleskop grob feststellen (siehe Carmesin (2012) oder Carmesin u. Carmesin (2014) und Abb. (1.1)).

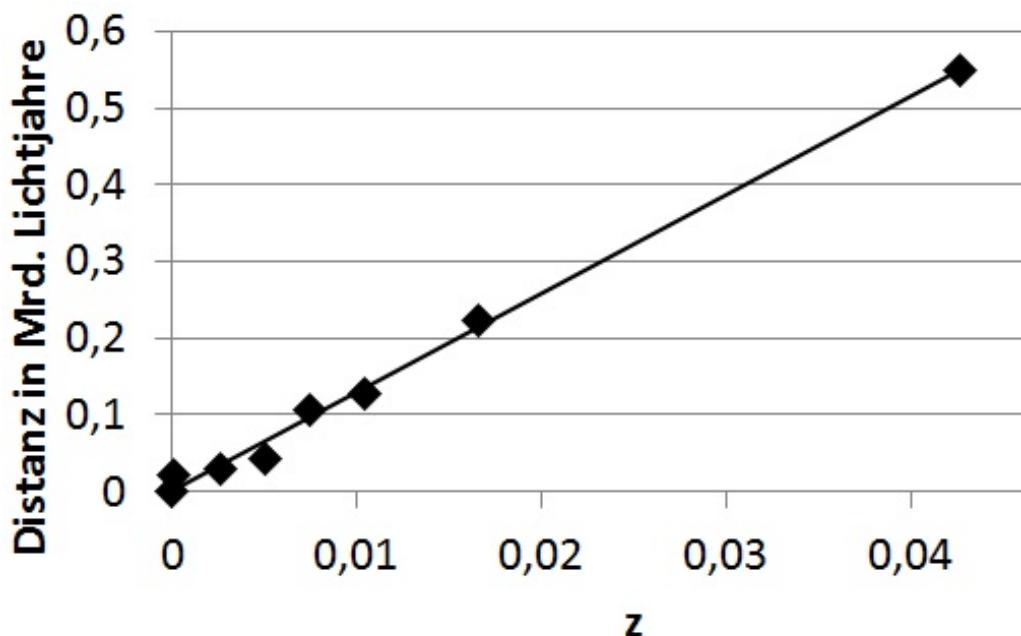


Abbildung 1.1: Hubble-Gesetz: Querachse: Rotverschiebung z , gemessen in der Schulsternwarte des Athenaeums Stade. Hochachse: Distanz d (siehe Carmesin (2012) oder Carmesin u. Carmesin (2014)).

Mit dem Hubble-Gesetz können wir ausrechnen, wann eine entfernte Galaxie hier war. Erstaunlicherweise stellen wir dabei fest, dass alle Galaxien vor ungefähr 14 Milliarden Jahren hier gewesen waren. Das Gleiche würde man von jedem Ort im Weltall aus feststellen. Natürlich gab es die Galaxien damals noch nicht, aber die Materie der Galaxien war vor ungefähr

14 Milliarden Jahren sehr dicht zusammen. Diese *große Verdichtung* ist wesentlich für unsere Vorstellung vom *Urknall* oder *Big Bang*. Den Kehrwert dieser Zeit nennt man auch *Hubble-Konstante* H_0 .

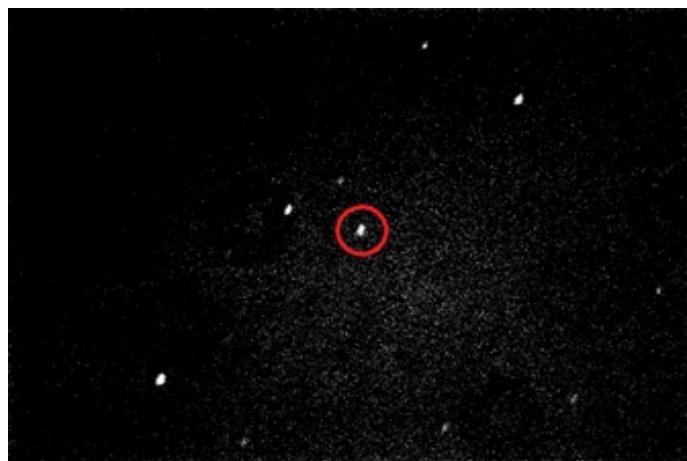


Abbildung 1.2: Quasar mit einer Rotverschiebung von $z = 3,9$.
Foto: Schulsternwarte des Athenaeums Stade.

1.2.3 Unstimmigkeit wegen zu hoher Geschwindigkeit

Heute sind wir in der Lage auch sehr entfernte Galaxien oder sehr helle Kerne von Galaxien zu beobachten. Ein Beispiel für einen solchen Kern einer Galaxie ist der Quasar mit der Bezeichnung APM 08279+5255, siehe Abb. (1.2). Er hat eine Rotverschiebung von $z = 3,9$. Entsprechend unserer Deutung mit dem Dopplereffekt würde er sich mit der 3,9-fachen Lichtgeschwindigkeit von uns entfernen. Das geht aber nicht, weil sich im Rahmen der anerkannten Relativitätstheorie kein Objekt mit einer größeren Geschwindigkeit als der Lichtgeschwindigkeit von uns weg bewegen kann. Wir brauchen also eine bessere Deutung. Dazu überlegen wir uns zuerst, wie man eine Deutung oder ein Modell entwickelt.