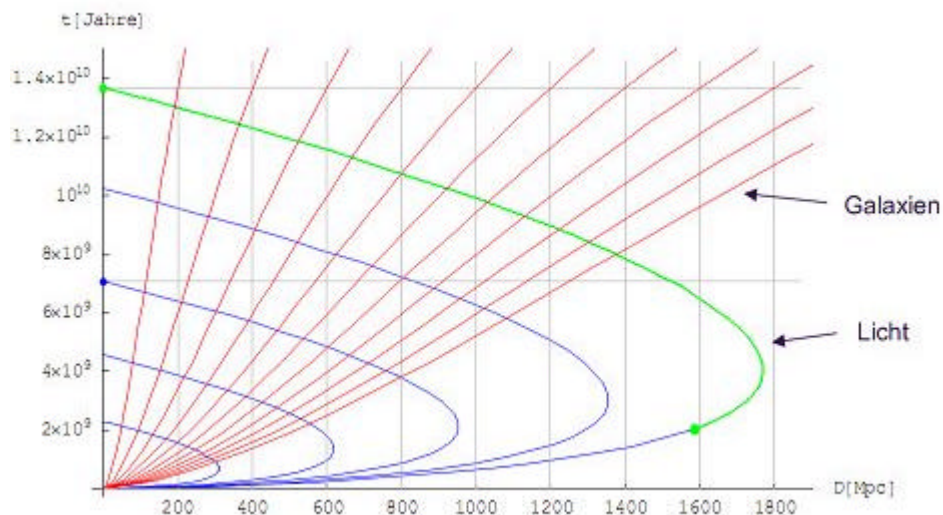


Lösungen der Kosmologie-Aufgaben

1. Vor zehn Milliarden Jahren hatte diese Galaxie eine Entfernung von etwa **300 Mpc**. Eine Entfernung von 600 Mpc hatte sie zur Zeit $t = 10$ **Milliarden Jahre**, d.h. vor etwa 3.7 Milliarden Jahren.
2. $a(2 \times 10^9 \text{ Jahre}) = 0.24$,
 $a(1.2 \times 10^{10} \text{ Jahre}) = 0.89$.
3. Hubble-Konstante: $H_0 = 71$ **(km/s)/Mpc**.
Die Einheit (km/s)/Mpc kann gelesen werden als „km/s Fluchtgeschwindigkeit *pro* Mpc Entfernung“. Die Anwendung des Hubble-Gesetzes reduziert sich dann auf eine Schlussrechnung.
4. $v_0 = H_0 \times 400 \text{ Mpc} = 400 \times 71 \text{ km/s} = 28400 \text{ km/s}$.
5. Nein, denn das Hubble-Gesetz gilt nur für Entfernungsskalen, für die die lokalen Eigenbewegungen vernachlässigbar sind. Lokale Eigengeschwindigkeiten sind typischerweise in einer Größenordnung bis 1000 km/s. Nach dem Hubble-Gesetz ist die Fluchtgeschwindigkeit erst bei $1000/71 \text{ Mpc} = 14 \text{ Mpc}$ von dieser Größenordnung. Das Hubble-Gesetz gilt bei 100 Mpc Entfernung ($v_0 = 7100 \text{ km/s}$) schon recht gut. (Die Andromeda-Galaxie ist hingegen lediglich ca. 2.2 Millionen Lichtjahre = 0.7 Mpc entfernt).
6. Es wäre $v_{\text{Neptun}} = H_0 \times 4.5 \times 10^9 \text{ km (Neptun)} = 10^{-5} \text{ m/s} = 340 \text{ m/Jahr}$.
7. $v_0 = H_0 \times 10000 \text{ Mpc} = 10000 \times 71 \text{ km/s} = 710000 \text{ km/s} = 2.4 c$.
Kein Widerspruch zur Relativitätstheorie, da v_0 zwar die zeitliche Änderungsrate einer Entfernung, aber nicht im eigentlichen Sinn eine „Geschwindigkeit“ ist (obwohl sie „Fluchtgeschwindigkeit“ genannt wird).
8. Weil sich die Indizes $_0$ auf „heute“ beziehen, das heute empfangene Licht aber früher ausgesandt wurde.
9. Die Weltlinie:



Danke, Gruppe 2!

Kein Widerspruch zur speziellen Relativitätstheorie.

10. Die sinnvollste Antwort auf die Frage, wie weit wir ins Universum hinausblicken können, ist **1800 Mpc**. Der kosmologische Ereignishorizont ist die Menge aller Weltlinien von Lichtsignalen, die heute bei uns eintreffen (im Diagramm, das ja nur einer Richtung entspricht, daher das Gebiet zwischen der t-Achse und der betreffenden Weltlinie). „Wie groß“ das Universum ist, wissen wir nicht. Das ist nach heutigem Stand unbeobachtbar.
11. Konstruieren!

12. Supernova vom Typ IA:

http://www.mpa-garching.mpg.de/HIGHLIGHT/2002/highlight0212_d.html

<http://en.wikipedia.org/wiki/Supernova>

http://en.wikipedia.org/wiki/Type_Ia_supernova

Typ IA Supernovae sind Weiße Sterne, die Masse von einem Begleiter beziehen, bis sie die Chandasekhar-Grenze 1.38 Sonnenmassen (ab der der Fermidruck der Elektronen die Stabilität nicht mehr aufrechterhalten kann) erreichen. Die folgende Explosion ist für alle diese Objekte ähnlich hell, daher sind sie näherungsweise Standardkerzen. (Kleine Unterschiede ergeben sich vor allem aus der unterschiedlichen Metallizität in verschiedenen Epochen).

13. Für die räumlichen Strukturen siehe

<http://homepage.univie.ac.at/franz.embacher/Rel/groessenordnungen.html>

Rückmeldungen zu den Gruppenarbeiten im Wiki:

(Diese Rückmeldungen verstehen sich als Verbesserungstipps zu den *bestehenden* Texten im Wiki.)

Gruppe 2:

Aufgabe 10: Man kann den kosmologischen Horizont direkt im Diagramm „sehen“!
(Siehe das Diagramm von Gruppe 5!)

Gruppe 3:

Aufgabe 6: Größenordnungsfehler: 10^{-5} m/s, nicht 1 m/s!

Aufgabe 10: Die verwendete Formel tut so, als bliebe die Galaxie Abell 1835 IR 1916 immer am gleichen Ort! Was bedeutet die Größe „Entfernung der Galaxie ...“ genau? Die heutige? Die damalige? Tatsächlich kann die Frage leichter (und korrekter) aus dem Raumzeit-Diagramm beantwortet werden.

Gruppe 6:

Aufgabe 5: Einheit von H_0 stimmt nicht!

Aufgabe 9: „Inertialsystem des Photons“ ... gibt's nicht!

Alle Gruppen:

Aufgabe 13: Ist eine schülerInnengerechte, narrative Formulierung möglich?