

# Bestimmung der Hubble-Konstante

## Astronomisches Praktikum

Leonard Burtscher

27. November 2003

### 1 Einleitung

Edwin Powell Hubble veränderte im Jahre 1926 unser Weltbild, indem er nachwies, dass wir uns in einer von vielen einander teilweise recht ähnlichen Galaxien befinden. Kurz darauf entdeckte er den heute nach ihm benannten Zusammenhang (*Hubble-Effekt*) zwischen der Entfernung dieser Galaxien und ihrer spektroskopischen Rotverschiebung. Die Rotverschiebung wird gemeinhin durch den optischen Dopplereffekt erklärt, was allerdings nicht korrekt ist, da wir freilich nicht im Mittelpunkt des Universums stehen und alle Galaxien sich von uns wegbewegen. Vielmehr dehnt sich der Raum als Ganzes aus und bewirkt dadurch eine Vergrößerung der Längenskala – und damit eine Rotverschiebung der in ihm befindlichen Photonen.

Dieser Zusammenhang wird in der Formel  $v = H_0 r$  ausgedrückt. Darin ist  $v$  die Geschwindigkeit, die ein sich radial von uns entfernendes Objekt mit derselben Rotverschiebung hätte,  $r$  ist der Abstand des Objektes zu uns,  $H_0$  ist der *Hubble-Parameter* oder die *Hubble-Konstante*. Die Hubble-Konstante ist allerdings keineswegs konstant,  $H_0$  ist daher als Hubble-Konstante zu unserer heutigen Zeit zu verstehen.

Traditionellerweise werden die Geschwindigkeit in  $\frac{km}{s}$  und die Entfernungen in  $MPc$  ( $1Pc = 3.09 \cdot 10^{18} cm$ ) angegeben. Für die Hubble-Konstante ergibt sich damit die Einheit  $\frac{km}{s \cdot MPc}$ . In SI-Einheiten ergibt das  $\frac{1}{s}$  und wirft sogleich die Frage auf, was der Kehrwert der Hubble-Konstante für eine Zeit angibt. Dabei handelt es sich um das Weltalter, also der Zeit, die seit dem Urknall verstrichen ist, wenn die Hubble-Konstante seit diesem Zeitpunkt konstant gewesen wäre, was sie, wie oben erwähnt, zwar nicht war. Dieser Wert gibt aber dennoch eine brauchbare Näherung für das Alter des Universums an.

In diesem Versuch ging es darum, die Hubble-Konstante nach der Methode von Edwin Hubble näherungsweise zu bestimmen.

## 2 Methode

Die „Fluchtgeschwindigkeit“ der Galaxien ist spektroskopisch relativ einfach und vor allem sehr genau anhand der Verschiebung bekannter Spektrallinien bestimmbar. Schwierig ist dagegen die Entfernungsmessung bei kosmologischen Abständen. Auf die zahlreichen Methoden zur Entfernungsbestimmung soll hier nicht näher eingegangen werden. Hubble verwendete eine sehr grobe Näherung, um die Entfernung der Galaxien zu bestimmen. Er nahm an, alle Galaxien seien in etwa gleich groß und bestimmte damit anhand der Referenzgalaxie NGC 224 (Andromeda-Galaxie) den Abstand der anderen Galaxien. Die Entfernung von NGC 224 war Hubble bekannt (allerdings falsch).

## 3 Durchführung

Eine Liste mit 35 zu untersuchenden Galaxien wurde vom Betreuer vorgegeben. Um den scheinbaren Durchmesser dieser Galaxien zu bestimmen, wurden DSS-Aufnahmen der gesuchten Galaxien, die jeweils ein  $20' \times 20'$  großes Feld zeigten, ausgedruckt und die Größe der Galaxie  $d$  mit dem Lineal vermessen.

Der scheinbare Durchmesser auf dem Ausdruck der Andromedagalaxie (NGC 224, scheinbarer Durchmesser:  $178'$ ), die auf einem derart kleinen Himmelsausschnitt freilich nicht sichtbar wäre, wurde mit  $1513mm$  vorgegeben. Anhand der bekannten Entfernung von  $0.770Mpc$  konnten daher die Entfernungen der anderen Galaxien über die folgende Beziehung bestimmt werden.

$$r = \frac{0.770Mpc * 1513mm}{d} \quad (1)$$

Die Fluchtgeschwindigkeiten der Galaxien wurden in einem astronomischen Katalog nachgeschlagen.

## 4 Auswertung

Für die Auswertung wurde mit *Mathematica* ein Plot der „Fluchtgeschwindigkeiten“ in Abhängigkeit der radialen Entfernung von der Erde erstellt. Zwei Werte wurden in der Auswertung nicht berücksichtigt, da ihre Abstände sehr stark vom vernünftigerweise zu erwartenden abwichen.

Die Steigung der Least-Squares-Fit-Geraden ergibt sich zu  $49.5 \frac{km}{s \cdot Mpc}$ , das Weltalter damit zu  $2.00 \cdot 10^{10}$  Jahren.

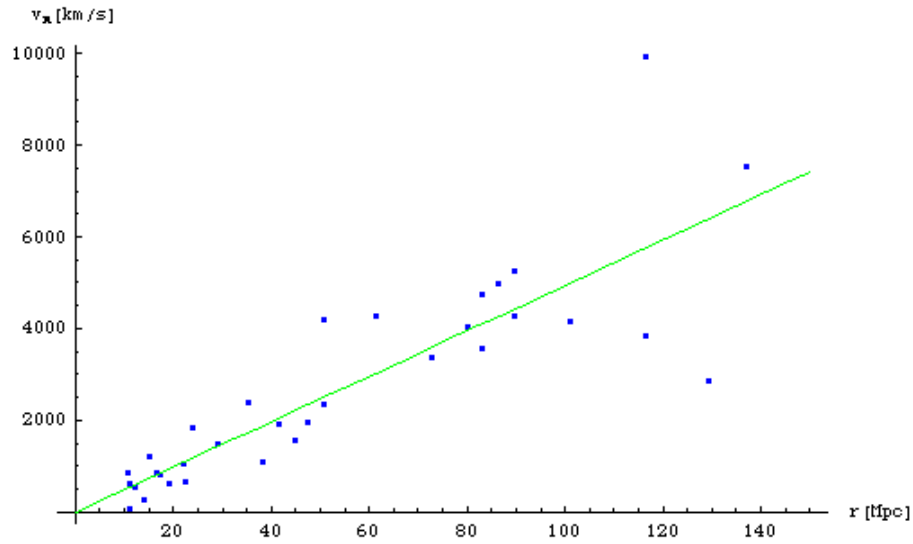


Abbildung 1: „Fluchtgeschwindigkeit“ der Galaxien in Abhängigkeit der radialen Entfernung von der Erde (blaue Punkte). Die Steigung des Least-Squares-Fit (grün) ist die gesuchte Hubble-Konstante  $H_0$ .

## 5 Bewertung

Der best bestimmte Wert der Hubble-Konstante stammt vom WMAP-Satelliten der NASA, der  $H_0$  zu  $71 \frac{km}{s \cdot Mpc}$  und das Weltalter zu  $1.37 \cdot 10^{10}$  Jahren bestimmte. In Anbetracht der recht groben Näherung bei unserem Versuch, die in der Annahme bestand, alle Galaxien seien gleich groß, ist eine Abweichung von ca. 30% zu verstehen.