



Zum Mond mit Apollo

Aus Anlaß der ersten bemannten Mondlandung vor dreißig Jahren sollen hier zwei kleine Fragen behandelt werden, die mit dem Mond und den Apollo-Missionen in Verbindung stehen.

Aufgabe 1: Der dramaturgisch höchst wirkungsvoll inszenierte Kinofilm »Apollo 13«¹ beschreibt die dritte Mondlandemission, die wegen der Explosion eines Sauerstofftanks die drei Astronauten fast das Leben gekostet hätte. Der Hauptdarsteller, Tom Hanks, deckt in zwei aufeinander abgestimmten Filmszenen zunächst vom Erdbo-



¹ Apollo 13, Film von Ron Howard, Universal City Studios, 1995, ausgezeichnet mit zwei Oscars.

den aus mit seinem Daumen den Mond ab (siehe die Sequenz links), dann, später, deckt er aus der Mondumlaufbahn gleichermaßen die Erde ab (siehe die Sequenz rechts).

Aufgabe 1: Wenn der scheinbare Durchmesser seines Daumens jeweils $d_D = 0{,}5$ beträgt, die Distanz zwischen Erde und Mond $r = 384\,400$ km und ihre Durchmesser $d_E = 12\,378$ km und $d_M = 3476$ km, ist dann die Darstellung der Größe von Tom Hanks' Daumen im Verhältnis zu Erde und Mond in »Apollo 13« mit der Realität verträglich?

Die oben abgedruckte Bildsequenz zeigt den Aufgang der zu zwei Dritteln beleuchteten Erde über dem Mondhorizont aus der Perspektive der Astronauten an Bord der Kommandoeinheit »Columbia« während der Apollo-11-Mission. Die Bilder wurden in kurzem zeitlichen Abstand hintereinander aufgenommen und zeigen ein Gebiet von Mare Smythii am Ostrand des Mondes bei den Koordinaten 85° östliche Länge und 3° nördliche Breite.

Aufgabe 2: Welche Belichtungszeit muß aus der Mondumlaufbahn beim Photographieren

der Erde in Anwendung gebracht werden, wenn mit derselben Kameraausrüstung der Mond von der Erde aus fotografiert mit einer Zehntelsekunde Verschlusszeit richtig belichtet erscheint? Die Albedos von Erde und Mond betragen $A_E = 0.39$ und $A_M = 0.067$.

Aufgabe 3: Die Beleuchtung durch den Mond reicht wohl gerade nicht zum bequemen Zeitungslesen auf der Erde in einer klaren Vollmondnacht. Wäre es den Astronauten auf dem Mond aber umgekehrt möglich gewesen, bei Beleuchtung durch die Zweidrittelerde bequem Zeitung zu lesen? Man beachte, daß bei diesem Vergleich auch die scheinbaren Flächen von Erde und Mond eine Rolle spielen.



Axel M. Quetz

Lösung der Aufgabe aus dem April-Heft

Eine Reihe von Lesern hielt unseren Bericht »Gammastrahlenblitz im Feldstecher sichtbar!« im April-Heft für einen Aprilscherz, wie zahlreiche Anfragen belegen. Mitnichten! Das von der Automatenkamera ROTSE-1 aufgezeichnete optische Aufleuchten am Ort des Gamma Ray Bursts war tatsächlich so hell, wie berichtet (Abb. 1).

Aufgabe 1: a) Bei der Rotverschiebung $z = 1.6$ ergibt sich mit Gleichung 1 die Quellendistanz zu:

$$r_e = 0.2922 c/H_0,$$

also ca. 30% der Hubble-Distanz. **b)** Bei $H_0 = 50$ km s^{-1}/Mpc ist $r_e = 1.75$ Gpc und **c)** bei $H_0 = 100$ km s^{-1}/Mpc folgt $r_e = 0.87$ Gpc.

Zusatzaufgabe 1: Die erste Ableitung von r_e nach z lautet:

$$\frac{dr_e}{dz} = 2 \frac{c}{H_0} \left(-(1+z)^{-2} + \frac{3}{2}(1+z)^{-5/2} \right).$$

Nach Nullsetzen läßt sich der rechte Term nach der Rotverschiebung auflösen: $z = 5/4$. An dieser Stelle ist dann $r_e = r_{e,\text{max}} = 0.2963 c/H_0$.

Zusatzaufgabe 2: Die Taylor-Reihe lautet in diesem Fall:

$$f(z) = f(0) + \sum_{i=1}^{\infty} [z^i f^{(i)}(0)/i!].$$

Nach Einsetzen findet man für die nullte Ordnung $f(0) = 0$ und somit:

$$r_e(z) = z c/H_0 - 5/4 z^2 c/H_0 + \dots$$

Bricht man nun nach der ersten Ordnung ab,



Abb. 1: Aufnahmeserie des optischen Aufleuchtens am Ort von GRB 990123 am 23. Januar 1999 um 9:47:18.30, 47:43.50, 48:08.79, 51:37.51, 54:22.79 und 57:08.06 UT, jeweils in der Bildmitte.

so folgt die lineare Entfernungsgleichung $r_e = z c/H_0$.

Aufgabe 2: Die absolute Helligkeit des optischen GRB-Ereignisses ist zu ermitteln mit $M_{\text{GRB}} = m_{\text{GRB}} + 5 \text{ mag } \lg(r_M/r_{\text{GRB}})$. Bei $h = 0.5$ ergibt sich der unglaubliche Wert: $M_{\text{GRB}} = -32.3$ mag und bei $h = 1$ der nicht minder erstaunliche Wert: $M_{\text{GRB}} = -30.7$ mag.

Aufgabe 3: Aus dem Entfernungsmodul folgt über die angegebene Beziehung $L \propto m^{-2}$ die Gleichung für die gesuchte Leuchtkraft zu: $L_{\text{GRB}} = \text{dex}[(M_{\text{GRB}} - M_{\odot})/-2.5 \text{ mag}]$. Für $h = 0.5$ folgt: $L_{\text{GRB}} = 6.92 \cdot 10^{14} L_{\odot}$, für $h = 1$ folgt: $L_{\text{GRB}} = 1.69 \cdot 10^{14} L_{\odot}$ – welch immense Leuchtkraft.

Axel M. Quetz