

Physikaufgabe 189

[Home](#) | [Startseite](#) | [Impressum](#) | [Kontakt](#) | [Gästebuch](#)

Aufgabe: Beweisen Sie, daß sich das Weltall irgendwann nicht mehr weiter ausdehnen kann.

Beweis: Nehmen wir an, das Weltall sei ein Schwarzes Loch. Dann gilt zwischen Schwarzschildradius R_s und Masse M die Beziehung

$$R_s = \frac{2GM}{c^2},$$

wobei G die Gravitationskonstante ist und c die Lichtgeschwindigkeit. Umgeformt erhalten wir

$$\frac{1}{2}c^2 = \frac{GM}{R_s},$$

und multipliziert mit der Masse M des Antiuniversums gilt

$$\frac{1}{2}Mc^2 = \frac{GM^2}{R_s}.$$

Das Universum wird also tatsächlich von der derselben Masse des Antiuniversums angezogen, die es selbst besitzt, was im dynamischen Fall $v < c$ zu einer Rotationsbewegung führen muß.

In dieser Gleichung steht auf der linken Seite die kinetische Energie T des Universums und auf der rechten die potentielle U mit dem Produkt aus beiden Massen,

$$T = \frac{1}{2}Mc^2 = \frac{GM^2}{R_s} = -U,$$

die in der Summe die Gesamtenergie E ergeben:

$$T + U = E = 0.$$

Da das Universum ebenso wie das Antiuniversum einen harmonischen Oszillator darstellt, folgt aus dem Virialsatz für harmonische Schwingungen die Gleichheit von kinetischer und potentieller Energie:

$$T = U = \frac{1}{2}E.$$

Man kann nun grundsätzlich 3 Fälle unterscheiden. Den stationären Fall $v = c$ haben wir oben abgehandelt. Der Fall $v < c$ führt, solange das All noch nicht Lichtgeschwindigkeit erreicht hat, wegen

$$\frac{1}{2}Mv^2 = \frac{GM^2}{R_s} \frac{v^2}{c^2} < \frac{1}{2}Mc^2$$

bzw.

$$-U \frac{v^2}{c^2} < T$$

zu einer positiven Energie,

Physikaufgabe 189

$$0 < T + U \frac{v^2}{c^2} < T + U = E,$$

die auch gänzlich ohne dunkle Energie zur Expansion des Alls führen muß.¹ Die potentielle Energie ist aufgrund des Faktors v^2/c^2 noch zu gering, um die kinetische Energie zu kompensieren. Aber dieser Fall wird mit Sicherheit irgendwann eintreten, und dann ist die Expansion zu Ende. Ein unendlich sich ausdehnendes Universum ist demnach gänzlich ausgeschlossen.

Der dritte Fall $v > c$, d.h.

$$\frac{1}{2} Mv^2 = \frac{GM^2}{R_s} \frac{v^2}{c^2} > \frac{1}{2} Mc^2$$

würde wegen

$$-U \frac{v^2}{c^2} > T$$

zu einer negativen Energie führen, was in der Realität nicht beobachtet wird:

$$0 > T + U \frac{v^2}{c^2} > T + U = E.$$

Wenn also das Weltall Lichtgeschwindigkeit erreicht hat, verschwindet seine Energie, nicht jedoch die kinetische und potentielle Energie, die im Umkehrpunkt gleich groß sind. Der Zerfall des Schwarzen Lochs erfolgt schließlich durch Hawking-Strahlung. Wenn die Masse kleiner wird, nimmt die kinetische und damit auch die potentielle Energie ab, und der Schwarzschildradius schrumpft. Da Energie jedoch nicht verlorengehen kann, taucht sie im Antiuniversum wieder auf. Da wir zu diesem Antiuniversum keinerlei Zugang haben, sehen wir diese dunkle Energie auch nicht, sie bleibt unseren Blicken für immer entzogen.

Man kann daher das Antiuniversum keinesfalls negieren, es ist zum Verständnis der kosmischen Abläufe unentbehrlich, und es erklärt auch, warum Universum und Antiuniversum quantenmechanisch verschränkt sind und folglich die Bellsche Ungleichung erfüllen müssen. Konkret bedeutet das, daß Universum und Antiuniversum nicht räumlich voneinander getrennt sind, sondern nach dem Superpositionsprinzip als zwei Welten übereinanderliegen. In einem deterministischen System läßt sich allerdings auch ein lokal-realistisches Modell mit Verletzung der Bellschen Ungleichung konstruieren. Da man Superdeterminismus nicht absolut ausschließen kann, muß man nur den Zeitpunkt, zu dem die Vorbestimmung stattgefunden hat, immer weiter vorverlegen. Er liegt derzeit bei 7,8 Milliarden Jahren.² Um den Beweis zu erbringen, wären allerdings 13,8 Milliarden Jahre nötig, mithin wäre eine Aufzeichnung zum Zeitpunkt des Urknalls

¹ Man braucht sich bei einem harmonischen Oszillator nicht die Frage vorlegen, woher die Energie kommt, welche für die Schwingungen sorgt. Sie kommt aus der Energieerhaltung.

² Dominik Rauch, Johannes Handsteiner, Armin Hochrainer, Jason Gallicchio, Andrew S. Friedman, Calvin Leung, Bo Liu, Lukas Bulla, Sebastian Ecker, Fabian Steinlechner, Rupert Ursin, Beili Hu, David Leon, Chris Benn, Adriano Ghedina, Massimo Cecconi, Alan H. Guth, David I. Kaiser, Thomas Scheidl, and Anton Zeilinger *Cosmic Bell Test Using Random Measurement Settings from High-Redshift Quasars*; Phys. Rev. Lett. **121**, 080403

Physikaufgabe 189

erforderlich. Da man so weit entfernte Objekte aber nicht sehen kann, da das Licht erst sehr viel später entstanden ist, wird man sich mit diesem Beweis schwertun

qed