

## Physikaufgabe 66

---

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

**Aufgabe:** Erläutern Sie am Werdegang des Universums, warum eine intergalaktische Raumfahrt äußerst kritisch gesehen werden muß.

**Lösung:** Wir verwenden zur Beantwortung dieser Frage die beiden in einer früheren Aufgabe hergeleiteten Wirkungs- oder Drehimpulserhaltungssätze

$$sp = \hbar \quad \text{und} \quad Et = \hbar$$

und die relativistischen Weg- und Impulsrelationen

$$s = \sqrt{c^2 t^2 - |\vec{r}|^2} \quad \text{und} \quad p = \sqrt{\frac{E^2}{c^2} - |\vec{p}|^2},$$

wobei

$$|\vec{r}| = vt \quad \text{und} \quad |\vec{p}| = mv$$

die geometrischen, dreidimensionalen Raum- und Impulsgrößen sind. Zu Beginn des Universums gilt dann wegen  $t \rightarrow 0$  der Grenzwert

$$E = \hbar \lim_{t \rightarrow 0} \frac{1}{t} = \infty,$$

und aus  $|\vec{r}| \rightarrow 0$  folgt der Grenzwert

$$s = \sqrt{c^2 - v^2} \lim_{t \rightarrow 0} t = 0,$$

also

$$p = \hbar \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{s} = \infty.$$

Da  $p$  nicht größer werden kann als sein Maximalwert  $p = E/c$ , muß  $|\vec{p}| = 0$  sein, und da auch die erzeugte Masse  $m \neq 0$  ist, folgt aus  $|\vec{p}| = mv$ , daß die Geschwindigkeit des Universums zu Beginn gleich null sein muß.

Am Ende des Universums hat die Raumausdehnung Lichtgeschwindigkeit erreicht.<sup>1</sup> Das erkennen wir daran, daß wegen  $E \rightarrow 0$  die Zeit ihren oberen Grenzwert

$$t = \hbar \lim_{E \rightarrow 0} \frac{1}{E} = \infty$$

---

<sup>1</sup> Die Galaxien bewegen sich also immer schneller von uns weg, bis sie Lichtgeschwindigkeit erreicht haben.

## Physikaufgabe 66

---

erreicht hat und alle Masse komplett in einem Schwarzen Loch verschwunden ist,<sup>2</sup> d.h. aus  $|\vec{p}| \rightarrow 0$  folgt wegen  $m = |\vec{p}|/v = E/c^2$  der Grenzwert

$$p = \sqrt{c^2 - v^2} \lim_{m \rightarrow 0} m = 0,$$

also

$$s = \hbar \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p} = \infty.$$

Der obere Grenzwert der Zeit ist die maximal mögliche Eigenzeit  $\tau$ . Der obere Grenzwert des vierdimensionalen Raums ist dann  $s = c\tau$ . Es handelt sich dabei um den Weg des zurückgelegten Lichts seit dem Urknall. Weil am Ende des Universums  $p = 0$  gilt, was äquivalent zu

$$\frac{E^2}{c^2} = m^2 v^2$$

ist, kann die Masse erst wieder zurückgewonnen werden, wenn  $v = c$  ist, denn erst dann ist die Bedingung für einen kausalen Neuanfang, nämlich

$$E^2 = m^2 c^4 \quad \text{bzw.} \quad E = mc^2,$$

aus Gründen der Wirkungs- und Drehimpulserhaltung gegeben. Gleichzeitig bricht der Raum wegen

$$s = \lim_{v \rightarrow c} \sqrt{c^2 t^2 - v^2 t^2} = 0$$

zusammen. Diese Naturgesetze können nicht verletzt werden, auch nicht während des Urknalls. Das heißt, es ist also keineswegs so, daß die Lichtgeschwindigkeit nicht angenommen werden könnte, sie kann lediglich nicht überschritten werden, denn wenn sie erreicht wird, passiert unweigerlich ein neuer Urknall, d.h. eine Konversion von Raum und Zeit in Energie und Impuls, denn beide Größen sind paarweise zueinander reziprok.

Für Zeitreisen bedeutet das, daß eine einmal erreichte Geschwindigkeit  $v$  nie mehr unterschritten werden kann, auch nicht durch Abbremsen, denn das würde bedeuten, daß man in die Vergangenheit zurückzukehren könnte. Man könnte dann auch die Kausalität rückgängig machen. Es ist zwar möglich, in die Zukunft zu reisen, aber das kehrt die Kausalität nicht um – sonst wäre es ja theoretisch möglich, auch bis zum Urknall zurückzukehren. Das braucht man indes gar nicht, denn der Urknall kommt ganz von selber auf uns zu. Wir sehen auch stets das vergangene, nie das gegenwärtige Weltall. Ob sich nach dem nächsten Urknall das gesamte Weltgeschehen noch einmal identisch abspielen oder nach endlich vielen Variationen wiederholen

---

<sup>2</sup> Die Masse ist also nicht in der Singularität des Schwarzen Lochs konzentriert, sondern es gibt sie schlicht nicht mehr, sie wurde gegen reziproke Zeit eingetauscht.

## Physikaufgabe 66

---

wird, läßt sich derzeit noch nicht sagen, aber denkbar wäre es. Das wäre für diejenigen, die ein glückliches Leben geführt haben, eine gute Nachricht, für alle anderen eher eine schlechte.

Auf jeden Fall können wir unser Raumschiff zu irgendeinem Zeitpunkt abbremsen, auf einen Wert, den wir nicht weiter erhöhen wollen. Egal, wo wir dann im Universum angekommen sind, es wird in der Zukunft liegen. Besuchen wir dabei noch einmal die Erde, sind auf dieser unter Umständen Jahrtausende vergangen. Unsere Verwandten werden wir dann nicht mehr antreffen, weil sie längst gestorben sind, und es ist sogar wahrscheinlich, daß in einem solchen Zeitraum ein Meteorit eingeschlagen ist und alles Leben auf Erden ausgelöscht hat. Wer sich zu einem solchen Experiment bereiterklärt, kann höchstens auf fremdes Leben hoffen, welches sich zum Zeitpunkt seiner Ankunft zur höchsten Blüte entfaltet hat. Planeten, die wir heute als erdähnlich wahrnehmen, sind es zu diesem Zeitpunkt vermutlich nicht mehr – oder wir erreichen sie nicht mehr bei Lebzeiten, weil wir nicht genügend „Gas“ gegeben haben.