

Physikaufgabe 100

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

Aufgabe: Beweisen Sie, daß Zeitreisen in die Vergangenheit zwar prinzipiell möglich sind, aber nicht das gewünschte Ergebnis bringen.

Beweis: Das Ende der Ausdehnung des Weltalls ist erreicht, wenn alle Galaxien sich gegenseitig mit Lichtgeschwindigkeit radial voneinander entfernen. Da Galaxien, die am weitesten von uns entfernt sind, sich auch am schnellsten von uns wegbewegen, haben diese eher Lichtgeschwindigkeit erreicht als die uns nähergelegenen. Erst wenn der Andromeda-Nebel, die uns am nächsten gelegene Galaxie, sich mit Lichtgeschwindigkeit von uns entfernt, hat das Universum seine Ausdehnung langsam abgeschlossen. Dabei wird der Andromeda-Nebel kleiner und kleiner und verschwindet sozusagen als letzter hinter einer unsichtbaren Wand, die das Ende unseres sichtbaren Weltalls markiert. Wenn das geschieht, ist allerdings unser Sonnensystem gar nicht mehr vorhanden, weil unsere Sonne ihr Leben wie jeder Stern entweder als Supernova, als Neutronenstern, Schwarzes Loch oder Weißer Zwerg beschließt. Objekte, die sich radial mit Lichtgeschwindigkeit bewegen, altern nicht, für sie bleibt die Zeit aus irdischer Sicht stehen. Umgekehrt vergeht für den Raumfahrer die Zeit auf Erden rasend schnell. Würden beide Objekte, Raumschiff und Planet, einfach aneinander vorbeifliegen, gäbe es keinen Unterschied, wer sich zu wem bewegt, weil beide sich mit konstanter Geschwindigkeit aufeinander zubewegen. Der Effekt unterschiedlichen Alterns tritt nur dann auf, wenn ein Objekt relativ zum andern beschleunigt werden muß. Zwar mögen sie sich auch dann noch mit derselben Relativgeschwindigkeit aufeinander zubewegen, jedoch wurde einem der beiden Energie bzw. Impuls zugeführt, so daß sich ihr gemeinsamer Schwerpunkt verschoben hat. Dabei kann die mit nahezu Lichtgeschwindigkeit von der Erde wegfliegende Rakete eine Masse annehmen, die die Masse der Erde bedeutend übertrifft. Der Schwerpunkt verlagert sich damit von der Nähe des Erdmittelpunkts fast in den Mittelpunkt der Rakete, und die Welt dreht sich sozusagen um das mit Lichtgeschwindigkeit fliegende Raumschiff. Der Schwerpunkt des Alls ist also dort, wo etwas bis auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt wurde, und das ist exakt unser optischer Horizont. Da wir uns auf der Erde noch nicht mit Lichtgeschwindigkeit relativ zu unserem optischen Horizont bewegen, wird sich das All noch so lange weiter ausdehnen, bis dieser Zeitpunkt irgendwann erreicht ist. Danach wird die Radialgeschwindigkeit des Alls einfrieren bzw. null werden, und alles, was wir dann noch sehen, wird in azimuthaler Richtung liegen. Wenn der Schwerpunkt des Universums aber im optischen Horizont sitzt, und zwar für das gesamte Universum, muß die Azimutalgeschwindigkeit Lichtgeschwindigkeit angenommen haben, denn der Drehimpuls des Alls ist konstant. Die radiale räumliche Ausdehnung, die soeben noch maximal war, kann dann nicht mehr wahrgenommen werden, weil alles Licht sich nur noch in azimuthaler Richtung ausbreitet, und das mit Lichtgeschwindigkeit. Weil sich das Universum just zu diesem Zeitpunkt neu auszuweiten beginnt,¹ muß die räumliche Ausdehnung in azimuthaler Richtung aus Gründen der Drehimpulserhaltung zu diesem Zeitpunkt gleich Null sein. Die Azimutal-Richtung wird im Zeitpunkt des sogenannten Urknalls zur Radialrichtung, bis sich das neue Universum erneut mit Lichtgeschwindigkeit ausdehnt. Dieser Prozeß ist beliebig oft wiederholbar, weil die Zeit bei jedem Urknall neu beginnt und der Blick in das alte Universum verwehrt ist.

¹ Welches zum Zeitpunkt des Urknalls ausschließlich aus Materie besteht, aber noch nicht aus Strahlung

Physikaufgabe 100

Zerlegen wir nun einen beliebigen Punkt auf dem „Äquator“ des Universums in bezug zu seinem Massenschwerpunkt in eine Radial- und Azimutal-Komponente. Der Radialkomponente weisen wir das Symbol r zu, der Azimutal-Komponente das Symbol $r\varphi$. Dann setzen sich der Ortsvektor, die Radial- und Azimutal-Geschwindigkeit aus folgenden Variablen zusammen:

$$r = 2R \sin \frac{\omega t}{2}, \quad \varphi = \frac{\omega t}{2},$$
$$\dot{r} = \omega R \cos \frac{\omega t}{2}, \quad \dot{\varphi} = \frac{\omega}{2},$$

wobei $c = \omega R$ die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Universums mit Lichtgeschwindigkeit ist. Aus Normierungsgründen dreht sich das Weltall nur mit halber Kreisfrequenz ω und erreicht nur den halben Durchmesser R .² Mit den Geschwindigkeitskomponenten

$$v_r = \dot{r} = \omega R \cos \frac{\omega t}{2}, \quad v_\varphi = r\dot{\varphi} = \omega R \sin \frac{\omega t}{2}$$

ergeben sich damit folgende Anfangs- und Randwerte:

$$v_r(0) = \omega R, \quad v_r(T/2) = 0, \quad v_r(T) = -\omega R,$$
$$v_\varphi(0) = 0, \quad v_\varphi(T/2) = \omega R, \quad v_\varphi(T) = 0.$$

Nach einer vollen Periode kommt also das Licht von hinten, und nach einer halben Periode kehrt sich die Ausdehnung um und wird zur Kontraktion. Für die konstante Bahngeschwindigkeit c gilt nach dem Satz des Pythagoras

$$c = \sqrt{v_r^2 + v_\varphi^2} = \omega R = \frac{2\pi R}{T}.$$

Die Ortskoordinaten eines fliehenden Objekts, beispielsweise einer Galaxie, lauten damit

$$x(t) = r \cos \frac{\omega t}{2} = 2R \sin \frac{\omega t}{2} \cos \frac{\omega t}{2} = R \sin \omega t,$$
$$y(t) = r \sin \frac{\omega t}{2} = 2R \sin^2 \frac{\omega t}{2} = R(1 - \cos \omega t).$$

Dies ergibt als Bahnkurve einen Kreis, dessen Mittelpunkt in Ausbreitungsrichtung im Abstand des Radius liegt:

$$x^2 + (y - R)^2 = R^2.$$

Man muß sich diesen Kreis räumlich als Orthodrome auf einer Kugeloberfläche vorstellen, wobei alle Orthodromen durch einen gemeinsamen Nullpunkt laufen, welchen wir Singularität nennen. Dieser definiert zugleich Anfangs- und Endpunkt der Bewegung. Lediglich kurz vor und nach dem Urknall kommen sich diese Orthodromen so nahe, daß relativistische Ef-

² Bedingt durch die Schwierigkeit, einen vierdimensionalen Sachverhalt dreidimensional darzustellen

Physikaufgabe 100

fekte vernachlässigbar sind, d.h. es tritt absolute Gleichzeitigkeit ein. Da die allgemeine Bahnbewegung jedoch in beliebiger Raumrichtung erfolgen kann, hat das All den Durchmesser $D = 2R$. Der y -Wert liegt demnach im Intervall $y \in [0, D]$, wohingegen der x -Wert absolut gesehen nicht größer werden kann als der Radius, d.h. $|x| \leq R$.

Die Geschwindigkeitskomponenten sind demnach gegeben durch

$$\dot{x}(t) = \omega R \cos \omega t, \quad \dot{y}(t) = \omega R \sin \omega t.$$

Insgesamt ergibt sich daraus die konstante Ausbreitungsgeschwindigkeit

$$c = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} = \omega R,$$

die wir bereits in unsere Annahme gesteckt haben. Mit den zweiten zeitlichen Ableitungen

$$\ddot{x}(t) = -\omega^2 R \sin \omega t, \quad \ddot{y}(t) = \omega^2 R \cos \omega t$$

sollte sich das Weltall theoretisch mit konstanter Beschleunigung ausdehnen:

$$a = \sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2} = \omega^2 R = \omega c = \frac{c^2}{R}$$

Sei m die Masse einer fliehenden Galaxie. Dann wäre auch die Kraftwirkung auf diese Galaxie zu jedem Zeitpunkt konstant:

$$F = ma = \frac{mc^2}{R} = \frac{2E}{D}.$$

Im dreidimensionalen Raum würden sich Zentrifugalkraft und Gravitation gegenseitig aufheben, wenn man das All als sogenanntes rotierendes Bezugssystem annimmt, in dem Scheinkräfte auftreten. Dann würde sich alles in gleichförmig konstanter Bewegung befinden. Statt dessen muß aber wegen $\dot{a} = 0$ gelten:

$$a = \frac{dF}{dm} = \text{const} \quad \text{bzw.} \quad v = at \neq \text{const}.$$

Die Kraft im All ist also eine Funktion der Masse und die Geschwindigkeit nimmt linear mit der Zeit zu.³ Mit der Notation

$$\vec{r} = r\vec{e}_r, \quad \vec{v} = \vec{v}_r + \vec{v}_\varphi = v_r\vec{e}_r + v_\varphi\vec{e}_\varphi$$

lautet der Massendrehimpuls einer Galaxie im System der Singularität

$$\vec{L}_m = m\vec{r} \times \vec{v} = mrv_\varphi\vec{e}_r \times \vec{e}_\varphi = 2m\omega R^2 \sin^2 \frac{\omega t}{2} \vec{e}_z = J \cdot \frac{\omega}{2} \vec{e}_z,$$

³ d.h. daß sich die Überlegungen der Speziellen Relativitätstheorie erübrigen

Physikaufgabe 100

wobei

$$J = mD^2 \sin^2 \frac{\omega t}{2}$$

das Trägheitsmoment dieser Galaxie ist, welches zeitabhängig zunimmt. Der Strahlungsdrehimpuls ist wegen

$$p_r = m\dot{r} = m\omega R \sin \frac{\omega t}{2} = p \sin \frac{\omega t}{2},$$

$$p_\varphi = mr\dot{\varphi} = -m\omega R \cos \frac{\omega t}{2} = -p \cos \frac{\omega t}{2}$$

gegeben durch

$$\vec{L}_p = r\vec{e}_r \times p_\varphi \vec{e}_\varphi = pD \cos^2 \frac{\omega t}{2} \vec{e}_z.$$

Daraus folgt ein Gesamtdrehimpuls von

$$\vec{L} = \vec{L}_m + \vec{L}_p = D \left(mc \sin^2 \frac{\omega t}{2} + p \cos^2 \frac{\omega t}{2} \right) \vec{e}_z = mD^2 \frac{\omega}{2} \vec{e}_z = pD \vec{e}_z.$$

Da ein beschleunigtes System Masse durch Strahlung verliert und diese beiden Energieformen ineinander konvertierbar sind, bleibt auch der Gesamtdrehimpuls des Universums trotz seiner Ausdehnung konstant und ist gleich dem Produkt aus Strahlungsimpuls und Durchmesser.

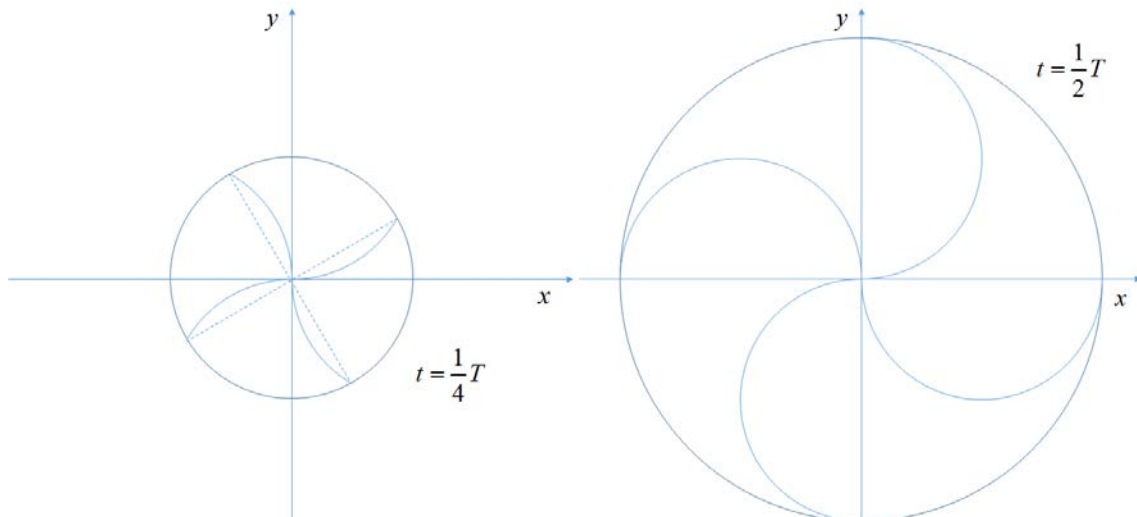


Abbildung 1. Ausdehnung des Universums nach einem Viertel des Weltalters (links) und nach einem halben Weltalter (rechts)

Das Weltall besteht also am Ende seiner Ausdehnung ausschließlich aus Strahlung, am Anfang nur aus Masse. Dazwischen findet der Urknall statt. Im Umkehrpunkt, d.h. bei seiner größten Ausdehnung, sind Masse- und Strahlungsanteile gleich groß. Eine größere Ausdehnung als seinen Durchmesser kann das All nicht annehmen, da das begrenzende Element der Schwarzschildradius ist. Danach zieht es sich wieder in seine Singularität zurück. Wenn der

Physikaufgabe 100

Ortsradius singularär ist, schwankt der reziproke Impulsradius maximal und umgekehrt. Selbiges gilt für den Zeitradius. Wenn dieser scharf ist, ist die Schwankung des reziproken Energieradius maximal. Beides stellt eine ideale Voraussetzung für den Urknall dar.

In den Abbildungen 1 und 2 sind jeweils zwei paarweise orthogonale Weltlinien zu unterschiedlichen Zeiten im Lebenszyklus des Alls dargestellt. Der berandende Kreis gibt die jeweilige zu dieser Zeit vorherrschende Ausdehnung des Alls an, die zwischen dem Schwarzschildradius und der Singularität liegt.⁴

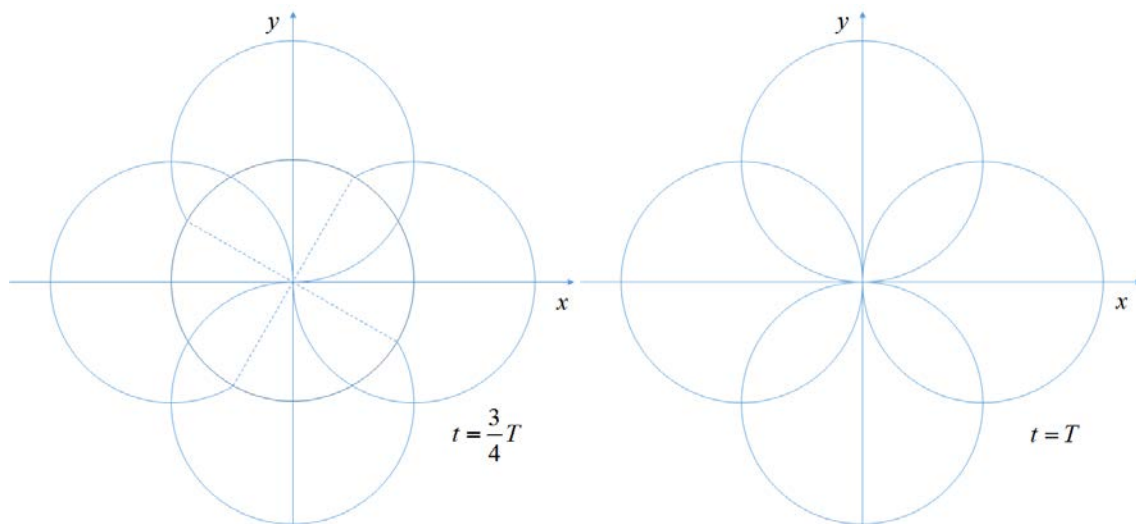


Abbildung 2. Ausdehnung des Universums nach drei Viertel des Weltalters (links) und nach einem vollen Weltalter (rechts)

Laut den Aussagen der Speziellen Relativitätstheorie kann man zwar in die Zukunft reisen, nicht jedoch in die Vergangenheit. Beziehen wir aber den Umstand ein, daß das Universum aus einer Singularität hervorgegangen ist und ein neues Universum unmittelbar anschließt, so können wir auf dem Umweg über die Zukunft auch in unsere eigene Vergangenheit reisen. Stellen wir uns dazu vor, wir würden uns in ein Raumschiff setzen, welches in radialer Richtung auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt wird. Dabei würde die Komponente in azimuthaler Richtung allmählich verschwinden und wir flögen somit direkt in den nächsten Urknall hinein. Dabei stellt sich nicht die Frage, ob wir das überleben würden, sondern wir haben vielmehr der Tatsache Rechnung zu tragen, daß sämtliche Weltlinien gleichzeitig in die Singularität münden. Da wir uns die Weltlinien als stetige und damit durchgängige Trajektorien in der vierdimensionalen Raumzeit vorzustellen haben, fängt unsere eigene Vergangenheit wieder von vorne an. Wir tauchen als Objekte in der Raumzeit erst wieder auf, wenn all jene Teilchen, die uns als Lebewesen ausmachen, wieder am gleichen Ort der Raumzeit versammelt sind, an dem wir dereinst geboren wurden.

Nicht vorstellbar ist, daß wir uns an früherer Stelle zu einem früheren Zeitpunkt wieder materialisieren können, denn das würde einen Kausalitätsverstoß bedeuten. Bei einer solchen Art

⁴ Im Falle einer Singularität muß man annehmen, daß das Weltall einen Schwarzschildradius besitzt, über den keine Information hinausgelangen kann, da sich das Licht im vierdimensionalen Raum-Zeit-Kontinuum nicht linear ausbreiten kann, sondern auf gekrümmten Bahnen läuft. Wir sehen in der Dopplerverschiebung stets nur den Radialteil der Bewegung.

Physikaufgabe 100

von Zeitreisen könnten wir beispielsweise in unserer eigenen Vergangenheit erscheinen und unsere Eltern daran hindern, daß wir gezeugt werden. Dann hätten wir aber die Zeitreise niemals unternehmen können. Wenn unserem heutigen ein gänzlich anderes Universum folgen würde, so wüßten wir auf dieser Zeitreise gar nicht, wo wir hinfliegen müßten. Wir könnten auch nicht darauf hoffen, irgendwo im Weltall materialisiert zu werden, denn das könnte auch im Zentrum eines Sterns geschehen, was katastrophal für uns wäre. Es bleibt also nur die Schlußfolgerung übrig, daß Zeitreisen in die Vergangenheit prinzipiell zwar möglich sind, aber nicht zum gewünschten Ergebnis führen, nämlich unser Geschick vorherbestimmen zu können,

qed