

Physikaufgabe 187

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

Aufgabe: Beweisen Sie, daß es den Urknall nicht gibt.

Lösung: Wer hat sich nicht schon einmal die Frage gestellt: „Warum dehnt sich das Weltall aus?“ Die Antwort ist recht einfach, wenn man eine Kombination aus zwei Schwarzen Löchern zugrunde legt, die zusammen wieder ein Schwarzes Loch ergeben. Sei

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

der Schwarzschildradius des gesamten Universums, wobei M die Gesamtmasse, G die Gravitationskonstante und c die Lichtgeschwindigkeit ist. Mit den Massen m_1 und m_2 sind die Schwarzschildradien des sichtbaren bzw. unsichtbaren Teils des Universums gegeben durch

$$r_1 = \frac{2Gm_1}{c^2} \quad \text{bzw.} \quad r_2 = \frac{2Gm_2}{c^2}.$$

Dabei ist die Masse des gesamten Universums $M = m_1 + m_2$ die Summe der Massen der beiden Singularitäten, womit sich auch die Schwarzschildradien beider Universen entsprechend addieren,

$$R_s = \frac{2GM}{c^2} = \frac{2G(m_1 + m_2)}{c^2} = \frac{2Gm_1}{c^2} + \frac{2Gm_2}{c^2} = r_1 + r_2,$$

und mit den Massen auch die Energien:

$$E = Mc^2 = m_1c^2 + m_2c^2 = E_1 + E_2.$$

Somit ist $E_1 = m_1c^2$ die sichtbare und $E_2 = m_2c^2$ die dunkle Energie des Universums. Wegen

$$r_2 = R_s - r_1 = \frac{2GM}{c^2} - \frac{2Gm_1}{c^2} = \frac{2G(M - m_1)}{c^2}$$

geht der Radius r_2 gegen Null, wenn die Masse des sichtbaren Universums m_1 gegen die Gesamtmasse M strebt. Auch im Falle

$$r_1 = R_s - r_2 = \frac{2GM}{c^2} - \frac{2Gm_2}{c^2} = \frac{2G(M - m_2)}{c^2}$$

existiert nur eine einzige Singularität, falls m_2 gegen die Gesamtmasse strebt. Eine einzelne Singularität ist wegen der Hawking-Strahlung jedoch instabil, sie zerfällt und verliert Masse. Da sich die beiden Singularitäten nur durch Hawking-Strahlung energetisch austauschen können, bleibt die Größe des Gesamtuniversums konstant:

$$R_s = \frac{2Gm_1}{c^2} + \frac{2G(M - m_1)}{c^2} = \frac{2GM}{c^2},$$

wobei die Größen der Teiluniversen variabel in einer einzigen Veränderlichen sind. Man könnte auch sagen, daß die Größe des sichtbaren Universums von der Größe des unsichtbaren abhängt, oder umgekehrt.

Physikaufgabe 187

Nun möge jede der beiden Teilsingularitäten ihre eigene Temperatur T besitzen, die nach der Hawking-Formel

$$T = \frac{\hbar c^3}{8\pi G m k}$$

nur von der Masse m abhängt. Hierbei ist k die Boltzmann-Konstante und \hbar das reduzierte Plancksche Wirkungsquantum. Die Temperaturen der beiden Teiluniversen gleichen sich aus, denn die Temperatur fließt stets vom heißeren Schwarzen Loch zum kälteren, allerdings nicht über die Strahlungstemperatur, die das Schwarze Loch erst gar nicht verlassen kann. Der Temperaturaustausch kann nur durch einen Massetransfer geschehen. Unterhalb der Lichtgeschwindigkeit können sich Schwarze Löcher einfach berühren, um Masse auszutauschen, im Bereich der Grenzgeschwindigkeit, d.h. an den Rändern des Universums, ist das nicht mehr möglich. Das erklärt, warum immer schwerere supermassereiche Schwarze Löcher entstehen, wenn jene zusammenstoßen. Selbst wenn es keine Massen auszutauschen gäbe, weil die beiden Schwarzen Löcher gleiche Masse haben und damit gleiche Temperatur, können sie sich immer noch anziehen, weil außerhalb eines Schwarzen Lochs eine Gravitationskraft herrscht, die im Innern nicht vorhanden ist. Wenn zwei Schwarze Löcher aneinander vorbeifliegen, befinden sie sich in einem rotierenden Bezugssystem, in dem Scheinkräfte auftreten. Die Gravitationskraft wirkt der Fliehkraft entgegen, denn die Summe beider Kräfte muß null sein. Mit wachsender Entfernung nimmt daher die Relativgeschwindigkeit ab, bis die kinetische Energie aufgebraucht ist und die potentielle Energie das Schwarze Loch wieder in Richtung des gemeinsamen Schwerpunkts beschleunigt. Für zwei gleich schwere Schwarze Löcher gilt $m_1 = m_2$ und damit $T_1 = T_2$. Dieser Zustand ist allerdings nicht stationär, da bei jeder Rotation Schwarzer Löcher Energie in Form von Gravitationswellen verlorenght, so daß sich die beiden Massen aufgrund der Energieverluste immer weiter annähern. Bei einer Temperatur

$$T_1 = \frac{\hbar c^3}{8\pi G m_1 k}$$

eines jeden einzelnen Schwarzen Lochs halbiert sich diese für das entstehende verschmolzene Schwarze Loch,

$$T = \frac{\hbar c^3}{8\pi G (m_1 + m_2) k} = \frac{1}{2} \frac{\hbar c^3}{8\pi G m_1 k} = \frac{1}{2} T_1,$$

wobei sich der Radius verdoppelt: $r = r_1 + r_2 = 2r_1$. Das ist auch der Grund, warum sich das Weltall durch Abkühlung ausdehnt.

Wir können nun die Frage beantworten, warum das All ein Schwarzes Loch ist. Die kritische Oberflächendichte des Universums

$$\sigma_c = \frac{M}{4\pi R_s^2}$$

ist nämlich wegen $r < R_s$ stets kleiner als die gewöhnliche Dichte

$$\sigma = \frac{m}{4\pi r^2}.$$

Physikaufgabe 187

Das erhellt daraus, daß durch Substitution von

$$c^2 = \frac{2GM}{R_S} = \frac{2Gm}{r}$$

im obigen Ausdruck die Bedingung für ein Schwarzes Loch erfüllt ist:

$$\sigma_c = \frac{1}{8\pi G} \frac{2GM}{R_S} \frac{1}{R_S} = \frac{1}{8\pi G} \frac{2Gm}{r} \frac{1}{R_S} = \frac{m}{4\pi r} \frac{1}{R_S} = \frac{m}{4\pi r^2} \frac{r}{R_S} = \sigma \frac{r}{R_S} < \sigma.$$

Nun wissen wir auch, warum das Weltall endlich ist. Wenn das Weltall nämlich unendlich wäre, also einen unendlich großen Radius r hätte, müßte die Dichte σ bei einer endlichen Masse M gegen Null gehen und eine kritische Dichte ließe sich erst gar nicht definieren,

$$M = 4\pi\sigma(r)r^2 = 4\pi\sigma_c R_S^2.$$

Außerdem würde die Gravitationskraft F nicht mehr von der Masse m abhängen, auf welche die Kraft wirkt, sondern nur noch vom Abstand:

$$F = -\frac{GMm}{r^2} = -\frac{1}{2} \frac{M}{r} \frac{2Gm}{r} = -\frac{1}{2} \frac{M}{r} c^2.$$

Die Aussage, daß Massen sich anziehen, wäre dadurch ad absurdum geführt. Die Materiebausteine hätten im übrigen einen derart großen Abstand voneinander, daß sie praktisch nicht mehr existieren würden. Umgekehrt würde die Dichte in der Singularität unendlich,

$$\sigma(r) = \sigma_c \frac{R_S^2}{r^2} = \frac{M}{4\pi r^2},$$

aber dieser Wert kann gar nicht angenommen werden, denn er gehört nicht zum Wertebereich des Raums und ist nicht im Sein enthalten.

Da die Masse des Universums auf seiner Oberfläche konzentriert ist, $m_1 = 4\pi\sigma_1 r_1^2$, ebenso wie die Masse des unsichtbaren Universums $m_2 = 4\pi\sigma_2 r_2^2$, folgt mit

$$m_1 = \frac{r_1 c^2}{2G} \quad \text{und} \quad m_2 = \frac{r_2 c^2}{2G}$$

nach Substitution

$$r_1 = \frac{c^2}{8\pi\sigma_1 G} \quad \text{bzw.} \quad r_2 = \frac{c^2}{8\pi\sigma_2 G}.$$

Daraus folgt durch Gleichsetzen

$$\sigma_1 r_1 = \sigma_2 r_2 = \frac{c^2}{8\pi G},$$

d.h. die Radien verhalten sich umgekehrt wie die Dichten:

Physikaufgabe 187

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}.$$

Je größer demnach die Dichte eines Schwarzen Lochs, desto kleiner ist sein Schwarzschildradius. Theoretisch wäre der Schwarzschildradius bei unendlicher Dichte gleich null, und bei unendlicher Ausdehnung des Alls würde die Dichte gegen Null gehen und der Schwarzschildradius würde gegen Unendlich streben. Ein unendlich ausgedehntes All hätte demnach unendliche Masse mit verschwindender Dichte. Folglich kann der Radius die Null nicht wirklich annehmen, sondern besitzt bestenfalls eine Unschärfe $\Delta r \Delta E = \hbar c$. Andernfalls müßte die Energie in der Singularität nahezu unendlich groß sein. Hieraus zweifelsfrei auf einen Urknall zu schließen, ist wohl nicht richtig, da auch ein extrem massereiches Schwarzes Loch durch Hawking-Strahlung zerfällt. Nun kann ein Proton auch nicht ins Innere des Schwarzen Lochs zerfallen, da im Inneren Vergangenheit herrscht und eine Reise in die Vergangenheit aufgrund der Relativitätstheorie für Materie nicht möglich ist. Was möglich ist, ist eine Reise von Antimaterie in die Vergangenheit und ein Zerfall von Materie in die Zukunft, sofern wir uns auf der Oberfläche des Schwarzen Lochs in der Gegenwart befinden (siehe Abb. 1). Da zudem der maximale Radius des Universums nicht überschritten werden kann und die Zeit dort endet, kann sie ebenso wie der Raum nur in einer neuen Punkt singularität wieder beginnen. Das alte Universum zerfällt und beginnt sich als Antimaterie in die Vergangenheit zu entwickeln, was nur durch eine Zeit-, Raum- und Ladungsspiegelung möglich ist, während sich das neue All als Materie wieder in die Zukunft begibt. Dazu muß die Antimaterie von der anderen Seite herkommen und den Schwarzschildradius bereits erreicht haben, was aber aus Symmetriegründen und aufgrund der Periodizität beider Universen gar nicht anders erfolgen kann. Bei Erreichen des Schwarzschildradius wird die Zeit zurück auf Null gesetzt, und der Raum beginnt sich als Punkt singularität ebenfalls neu auszudehnen. Es gilt die String-Erhaltung

$$\sigma_1 r_1 = \sigma_2 r_2 \quad \Leftrightarrow \quad 0 \cdot \infty = \infty \cdot 0,$$

denn das Produkt aus Länge und Flächendichte hat die Dimension einer Masse pro Längeneinheit. Aus Symmetrieüberlegungen, die sich aus der Speziellen Relativitätstheorie ergeben, ist zusätzlich das CPT-Theorem anwendbar. Das erklärt auch, warum die Wellenfunktion überall im Raum vorhanden ist und warum es verschränkte Zustände gibt. Das Universum kann nämlich im Welle-Teilchen-Dualismus auch als in einem Potentialkasten hin- und her laufende, am Schwarzschildradius reflektierte Materiewelle gedeutet werden.

Die in Abb. 1 dargestellten Kreise sind in dreidimensionaler Betrachtungsweise massebelegte Sphären, sprich Singularitäten. Aufgetragen ist der momentane Radius des Universums über der Zeit für beide Universen, was rotationssymmetrisch einem gekrümmten Lichtkegel entspricht. Den Punkt in der Kegelspitze, der auf dem gemeinsamen Rand des folgenden und des vorausgehenden Universums liegt,¹ nennen wir Punkt singularität, falls der Radius in positiver oder negativer Zeitrichtung größer wird. Die zur Kegelspitze senkrechte Grundfläche des Kegels bezeichnen wir mit Randsingularität, weil sie in positiver oder negativer Zeitrichtung kleiner wird. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich überwiegend um Materie oder Antimaterie handelt. In Abb. 1b ist der blaue Kreis Punkt singularität und der rote Randsingularität, in Abb. 1c, dem Antiuniversum, ist es genau umgekehrt, hier ist der blaue Kreis Randsingularität und

¹ Die wir zur Unterscheidung blau und rot eingefärbt haben

Physikaufgabe 187

der rote Punkt singularität, bis sich das Universum schließlich in Abb. 1d wiederholt. Die Punkt singularität ist also Randsingularität im darauffolgenden Universum, weil die Grundfläche ihres Kegels genau dort liegt, wo sich vordem die der Randsingularität befand. Universum und Antiuniversum wechseln einander ab, unabhängig davon, ob mehr Materie oder Antimaterie vorhanden ist, nur mit dem Unterschied, daß das Antiuniversum in der Zeit rückwärts läuft. Es können sowohl Materie als auch Antimaterie in der Zeit rückwärts laufen, wobei der Drehsinn beider Universen stets entgegengesetzt ist und es somit zu keiner zeitlichen Überlappung kommt. Was in der Vergangenheit liegt, kann nicht mit der Zukunft kollidieren, es sei denn in der Gegenwart zur Zeit $t = 0$, aber diese Zeit ist weder für Materie noch für Antimaterie jemals erreichbar, weil sie auf dem Schwarzschildrand liegt. Auf dem Schwarzschildradius kann sich Masse nur in Form von Strahlung befinden, nämlich als Photonen, die nach dem Zusammenprall ein Materie-Antimaterie-Paar bilden, wobei das Materie-Teilchen in die Zukunft, das Antimaterie-Teilchen in die Vergangenheit fällt, d.h. seine Zeit umkehrt.

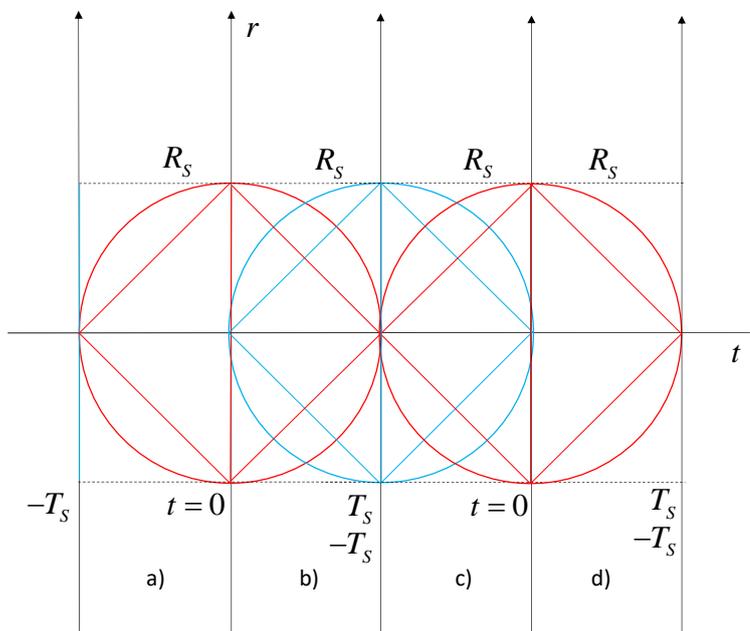


Abbildung 1. Die Schwarzschildradien von Universum b) bzw. d) und Antiuniversum a) bzw. c) ergeben zusammen einen Torus, wobei abwechselnd Materie oder Antimaterie überwiegt

Da die Grundfläche des Kegels der Punkt singularität bei maximaler Ausdehnung auf dem Schwarzschildradius des Universums liegt, kann sie nicht mehr größer werden, sondern verliert durch Hawking-Strahlung Masse, wodurch sie wieder kleiner wird. Auf dem Rand der Punkt singularität kehrt sich die Zeit für Materie um, da Materie nach der Speziellen Relativitätstheorie nicht in die Vergangenheit entweichen kann, sondern nur in die Zukunft. In die Vergangenheit kann nur Antimaterie entweichen, folglich fallen nach jedem Zusammenstoß zweier Photonen auf dem Schwarzschildradius mit anschließendem Zerfall in ein Proton und ein Antiproton nur die Antiprotonen ins Universum zurück und entziehen damit der Randsingularität Masse. Umgekehrt nimmt die Masse der auf dem Schwarzschildrand neu entstandenen Punkt singularität durch in die Zukunft entweichende Protonen des Vorgänger-Universums zu. Man muß sich dazu die Spitze des Kegels um 360° relativ zur Grundfläche gedreht vorstellen, und zwar so, daß sie von außen den Mittelpunkt der Grundfläche berührt, womit durch Überlagerung der beiden gegenläufigen Kegel ein Torus entsteht. Man kann sich die Kreisflächen beider

Physikaufgabe 187

Kegel gedanklich übereinandergelegt vorstellen, so daß sie sich scheinbar gegenseitig auslösen, denn die Kreisradien müssen sich in jeder Schnittebene zum Schwarzschildradius addieren, allerdings nur gedanklich, da die Gegenwart nur im Nullpunkt überbrückt werden kann.

Aufgrund der CPT-Transformation, die nur zur Zeit null stattfinden kann, können sich die Singularitäten aus Materie und Antimaterie auch niemals überlappen, sie stören sich gegenseitig nicht. Eine Achsenspiegelung an der Achse $t = T_s/2$ in Abb. 2 zeigt, daß sich beide Universen übereinanderlegen lassen, so daß sie sich gegenseitig annullieren würden, wenn die Zeitumkehr dies nicht verhindern würde. Lediglich zur Zeit $t = 0$ wäre eine Annullierung denkbar, aber auch das ist nicht möglich, weil der Schwarzschildradius aufgrund der dort herrschenden Lichtgeschwindigkeit weder von Materie noch Antimaterie jemals erreicht werden kann. Da die zeitliche Null aufgrund der unendlichen Raumkrümmung nicht erreicht werden kann, hat das Weltall auch keinen Anfang. Zum gedachten Beginn der Raumzeit enthält die Punktsingularität nämlich weder Materie noch Antimaterie, das gesamte Weltall ist zu diesem Zeitpunkt Randsingularität. Diese Randsingularität zerfällt durch Hawking-Strahlung, bis sie vollständig abgebaut ist, während sich zugleich auf ihrem Rand zahlreiche Punktsingularitäten bilden, die Zentren der späteren Galaxien. Das Verschluckt-werden von Sternen ist das, was wir gegenwärtig im Weltall wahrnehmen. Auch wenn uns der Blick ins Antiuniversum verwehrt ist, werden dort die Sterne von den Schwarzen Löchern ausgespuckt. Wir leben in einer Gegenwart, die sich nur in die Zukunft entwickeln kann, da die Entropie in unserem Universum zunimmt und das differentielle Wegelement positiv ist. Im Antiuniversum läuft die Zeit rückwärts, und der Anti-Raum expandiert und zieht sich zusammen genau wie das Universum, und das sogar synchron, bis nach Ablauf einer Weltzeit wieder der Anfang erreicht ist, der aufgrund der schier unendlichen Krümmung der Raumzeit zugleich ihr Ende ist. Die Gegenwart, in der wir leben, liegt irgendwo zwischen Zukunft und Vergangenheit, aber auch sie wird irgendwann wieder erreicht werden, d.h. das Universum verliert keine Information, die nicht ins Antiuniversum gelangt. Einen Urknall kann es nach der Allgemeinen Relativitätstheorie auf Basis der Theorie Schwarzer Löcher nicht geben, da sich Raum und Zeit jedesmal neu erfinden. Da der Urknall der Einsteinschen Gravitationstheorie widerspricht, wonach die Masse von der räumlichen Ausdehnung abhängig ist, setzt er Kräfte voraus, die in der Singularität gegen Unendlich gehen, und weicht der Frage aus, ob es negative Energien gibt, welche die positive Energie des Alls zu null machen. Da aus Erhaltungsgründen nichts vernichtet werden kann, entstehen auf dem Schwarzschildradius aufgrund der abnehmenden Randsingularität im gegenüberliegenden Universum sofort wieder Punktsingularitäten, für die die Zeit aufgrund der unendlichen Raumkrümmung neu beginnen muß. Es ist theoretisch nicht nur denkbar, sondern sogar äußerst wahrscheinlich, daß sich auf dem Schwarzschildradius mehrere, um nicht zu sagen, sehr viele Singularitäten bilden. Wenn man Abb. 1 ausschneidet, bei $t = T_s/2$ faltet und das Blatt so aufrollt, daß die Grundlinien der Kegel bei T_s und $-T_s$ mit der Ebene senkrecht zur Null übereinanderliegen, dann entsteht ein doppelter Spiralzylinder, dessen Enden, um eine gegenseitige Durchdringung zu ermöglichen, wie ein Möbiusband miteinander verklebt werden müßten, damit ein Wechsel vom einen in den anderen Zylinder mit Zeitumkehr möglich ist. Die Mantelflächen dieses Zylinders haben einen infinitesimalen Abstand voneinander und können an keiner Stelle miteinander wechselwirken, außer an der Klebnaht, dem Symmetriezentrum der Raum- und Zeitspiegelung. Somit können sich aufgrund der Gravitation, einem Zufallsgesetz, d.h. einer näherungsweise Gleichverteilung folgend, nur an dieser Klebnaht Schwarze Löcher ausbilden, die Zentren der späteren Galaxien.

Physikaufgabe 187

Auch das Vorzeichen der Ladung kehrt sich aufgrund der CPT-Invarianz² um, sonst könnte das Universum nicht schrumpfen. Im nächsten Universum, bei welchem, wie in Abb. 1c dargestellt, ein Prozeß der Kontraktion einsetzt, kehrt die Materie als Randsingularität, die in positiver Zeitrichtung schrumpft, aus der Vergangenheit in die Gegenwart ($t = 0$) zurück. Zeitgleich ist die Punktsingularität des Antiuniversums (Abb. 1b) zu einer Randsingularität geworden. In Abb. 1d beginnt der Prozeß der Expansion des Alls schließlich erneut, wobei nunmehr die Antimaterie in negativer Zeitrichtung abnimmt. Diese Abfolge von wechselweiser Expansion und Schrumpfung hat keinen Anfang und kein Ende. Somit kann die Welt zu keiner Zeit entstanden sein und es gibt auch keinen Urknall. Da die Materie nun einmal nicht in die Vergangenheit zurückkehren und damit ins Innere der Punktsingularität zurückfallen kann, ist eine Rückkehr in den Koordinatenursprung des Universums nur möglich, wenn sie aus der Vergangenheit auftaucht. Wir dürfen daher nicht suggerieren, daß Materie einfach von $t = T_S$ nach $t = 0$ zurückläuft. Da jedoch die Abbildungen 1c und 1a identisch sind, weil die Zeit in der Gegenwart immer wieder neu beginnt, gibt es den Sprung von T_S nach $-T_S$ nicht. Somit kann auch eine Randsingularität, die vollständig aus Antimaterie besteht, im Universum nur zeitumgekehrt schrumpfen. Es ist nach allgemeinem Dafürhalten anschaulich äußerst schwer verständlich, daß Zukunft und Vergangenheit im Zentrum einer Singularität identisch sind. Aus dieser fehlenden Eindeutigkeit wird ebenfalls klar, warum der Schwarzschildradius weder von Materie noch Antimaterie erreicht werden kann.

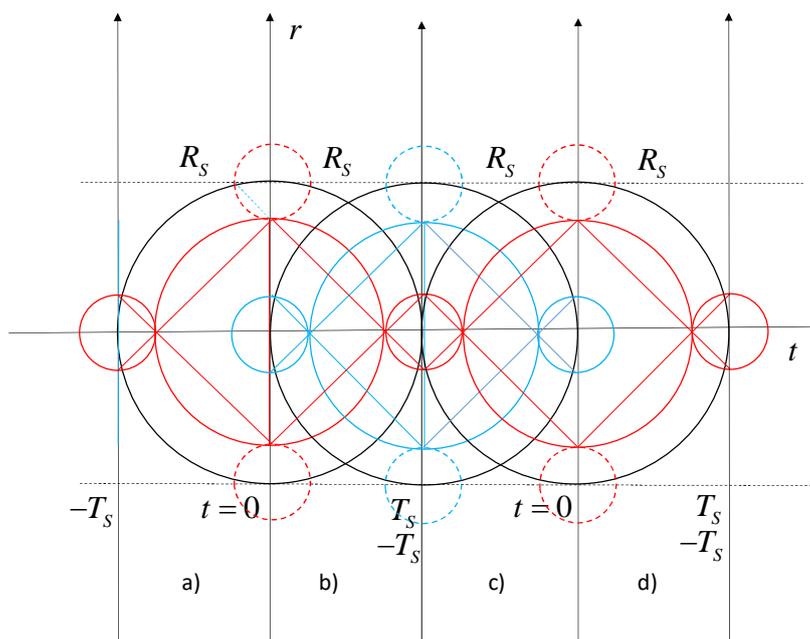


Abbildung 2. Materie (blau) kann sich nur in positiver Zeitrichtung bewegen, Antimaterie (rot) nur in negativer

Natürlich betrachten wir in Abb. 2 nur den Schnitt einer Ebene senkrecht zur Zeitachse mit einer Sphäre. Der Kreis dreht sich um die vertikale räumliche Achse und führt den Lichtkegel in sich zurück. In der Ebene $t = 0$ treffen folglich Materie und Antimaterie nur bis zu einem infinitesimalen Abstand aufeinander, weil zum einen die Kegelspitze keine Masse hat und zum anderen die Grundfläche eine echte Trennung von Materie und Antimaterie darstellt. Der Beginn der Raumzeit kann daher nur zwischen diesen gesetzt werden. Umgekehrt bedeuten die

² Lüders: *Math. Fysik. Medd. Kgl. Danske Akad. Ved.* Band 28, 1954, S. 5.

Physikaufgabe 187

Ebenen $t = T_s$ und $t = -T_s$ nicht, daß ein zeitlicher Abstand von $2T_s$ zwischen ihnen liegt, denn es gibt keinen Anfang und kein Ende der Raumzeit, sondern nur einen kontinuierlichen, immerwährenden Materieaustausch. Zu beachten ist auch, daß sich in der Massenbilanz stets eine Masse aus dem Universum und eine aus dem Antiuniversum zur Gesamtmasse addieren, auch wenn sie keinen direkten Kontakt miteinander haben. Nun braucht man nach dunkler Energie nicht mehr zu fragen.

Damit stellt sich vielmehr die Frage, wie wir ein Universum überhaupt definieren wollen. Wir nennen eine Singularität Universum, wenn sie in positiver Zeitrichtung aus Materie besteht, und Antiuniversum, wenn sie sich in negativer Zeitrichtung aus Antimaterie zusammensetzt. Die Zeit ist in beiden Universen die gleiche, nur mit einem unterschiedlichen Vorzeichen, d.h. gegenläufig. Man beachte, daß aufgrund der Natur der Schwarzen Löcher die Schwarzschildradien einander niemals berühren, da keine überlebende Materie oder Antimaterie ihr eigenes Universum verlassen kann.

Fassen wir zusammen: Wir leben in einem flachen Universum³ auf dem Rand eines temporär zunehmenden Ereignishorizonts, der sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitet. Das ist unsere Gegenwart. Dieselbe Gegenwart gibt es noch ein zweites Mal, in einem gespiegelten Paralleluniversum, jedoch laufen dort die Dinge umgekehrt in Richtung Vergangenheit, und die Entropie nimmt ab. Das haben wir grob skizziert in Abb. 3 dargestellt.

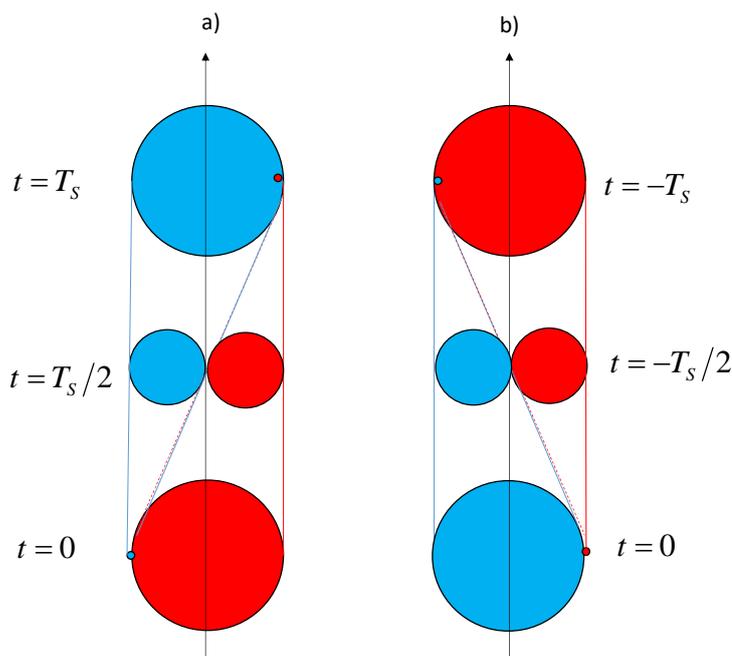


Abbildung 3. Im Anti-Universum b) kehren sich alle Verhältnisse um, und das Anti-Universum entsteht aus dem Universum neu

Wegen der Periodizität der Zeit, die der Endlichkeit des Raums entspricht, gilt für $t > T_s$ und $t < 0$ die Beziehung $t = t + n \cdot T_s$, wobei n eine ganze Zahl ist. Einige typische Beispiele sind in Tabelle 1 angegeben. Die Transformation führt zurück ins Intervall $t \in [0, T_s]$ mit $n = 0$.

³ Was man eben aufgrund der geringen Raumkrümmung als flach bezeichnen kann

Physikaufgabe 187

n	t	$t + nT_S$	n	t	$t + nT_S$
-1	T_S	0	1	0	T_S
-1	$5T_S/4$	$T_S/4$	1	$-T_S/4$	$3T_S/4$
-1	$3T_S/2$	$T_S/2$	1	$-T_S/2$	$T_S/2$
-1	$7T_S/4$	$3T_S/4$	1	$-3T_S/4$	$T_S/4$
-1	$2T_S$	T_S	1	$-T_S$	0

Tabelle 1. Rücktransformation bei Über- oder Unterschreitung des Zeitintervalls

Wenn also die Punktsingularität in die Zukunft läuft und die Randsingularität in die Vergangenheit, addieren sich die Zeiten unter Verwendung der obigen Transformationsgleichungen wie folgt:

$$\begin{aligned}
 0 + 0 &= 0 + T_S = T_S, \\
 T_S/4 + (-T_S/4) &= T_S/4 + 3T_S/4 = T_S, \\
 T_S/2 + (-T_S/2) &= T_S/2 + T_S/2 = T_S, \\
 3T_S/4 + (-3T_S/4) &= 3T_S/4 + T_S/4 = T_S, \\
 T_S + (-T_S) &= T_S + 0 = T_S.
 \end{aligned}$$

Das läßt erkennen, was Zeit eigentlich ist, nämlich die Überlagerung unendlich vieler, sich überlagernder Zustände aus Materie und Antimaterie, wobei alle periodischen Terme $n \geq 1$ sich gegenseitig wegheben,

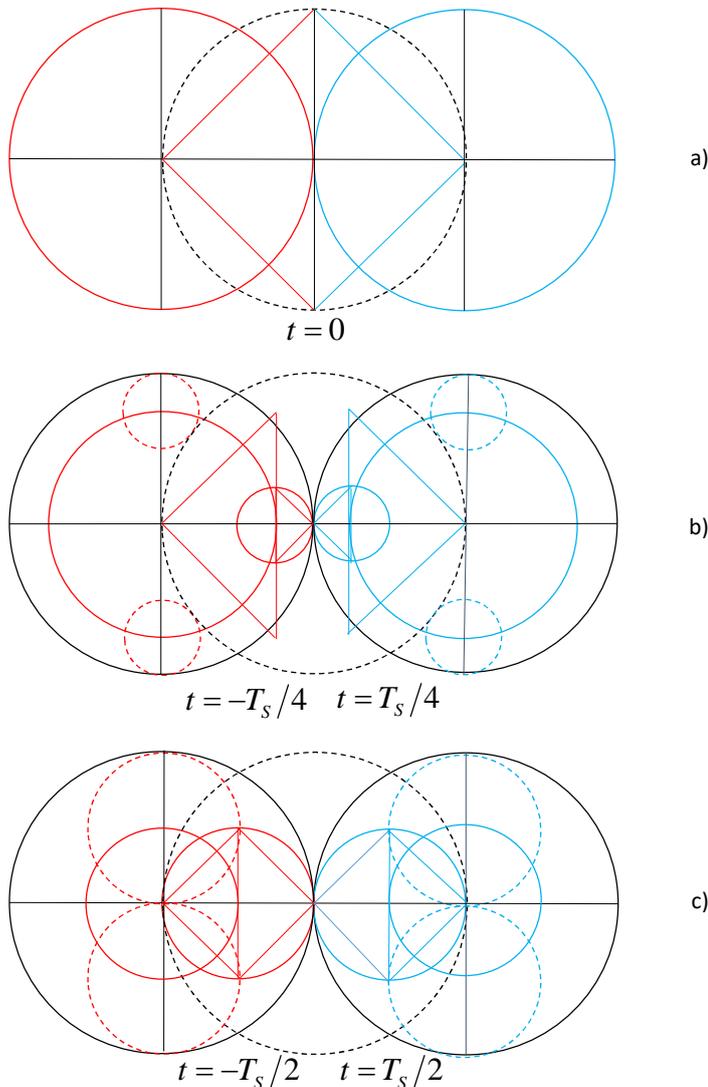
$$t = \frac{t + n \cdot T_S}{2} + \frac{t - n \cdot T_S}{2} = \frac{1}{2} \left(t + \sum_{i=1}^n T_i \right) + \frac{1}{2} \left(t - \sum_{i=1}^n T_i \right),$$

damit die Zeit durch wechselseitige Addition und Subtraktion von Vielfachen einer Periode nicht verändert wird. In Abb. 4 ist die zeitliche Entwicklung gemäß Abb. 1 noch einmal räumlich dargestellt, wobei die Achse die Lage des Schwerpunkts beider Universen angibt. In blauer Farbe ist die Materie dargestellt, in Rot die Antimaterie. Wir beginnen mit dem Zeitpunkt $t = 0$ in Abb. 3a. Das Weltall beginnt zu diesem Zeitpunkt seinen Lebensweg als Punktsingularität mit „unendlich“ kleinem Radius, während die Antimaterie ihren vollen Radius R_S einnimmt.

Das Weltall entsteht also nicht aus dem Nichts, sondern aus zerfallender Antimaterie, wenn man von einem materiellen Zustand am Ende des Vorgängeruniversums überhaupt sprechen will. Das Weltall kann nur expandieren, weil der Vergangenheitskegel abnimmt, d.h. weil die Antimaterie in der Zeit rückwärts läuft, nämlich zu negativen Zeiten hin von $t = 0$ zu $t = -T_S$. Da $t = -t$ ist, wenn man die Zeit umkehrt, berühren sich die beiden Singularitäten niemals, sonst würden sie zerstrahlen. Stattdessen zerfällt Hawking-Strahlung vom Rand der massereicheren Singularität in den zeitumgekehrten Raum und reichert dessen Masse nach entsprechender Ladungsumkehr an. Ein stabiler Zustand müßte demnach bei $t = T_S/2 = -T_S/2$ erreicht sein. Da die Zeitrichtung jedoch durch die Entropie vorgegeben ist, muß die Zeit und damit auch der Raum im materiellen Universum zunehmen, während sie im antimateriellen nur abnehmen kann. Auf diese Weise ist ein vollständiger Masseaustausch möglich, bis derselbe Prozeß mit umgekehrtem Vorzeichen von vorne beginnt. Erreicht das Antiuniversum den Zeitpunkt $t = T_S$, kehrt sich seine Ausbreitungsrichtung um und es läuft wieder der Zeit $t = 0$ entgegen, wobei es

Physikaufgabe 187

expandiert wie zuvor das materielle Universum. Umgekehrt zieht sich das materielle Universum wieder zusammen, wobei die Zeit diesmal zurückläuft, während die Entropie abnimmt. In der Summe beider Universen ändert sich die Entropie jedoch nicht, sie ist wie die Energie eine Konstante. Da uns der Einblick ins Paralleluniversum aufgrund der Relativität der Raumzeit verwehrt ist, läßt sich diese Theorie nicht in Strenge beweisen. Auf jeden Fall beantwortet sich mit ihr die Frage, was hinter dem Universum liegt, wenn dieses endlich ist. Wie wir gezeigt haben, bilden Universum und Antiuniversum eine geschlossene Einheit, so daß ein Austritt aus unserem Universum einen Eintritt ins Antiuniversum bedeutet, und wenn man fragt, was hinter dem Antiuniversum liegt, dann lautet die Antwort: das Universum. Ein sogenannter Urknall, der ein sich mit Überlichtgeschwindigkeit expandierendes Universum impliziert, hat in diesem Modell keinen Platz, denn an welcher Stelle und zu welchem Zeitpunkt sollte er wohl stattfinden, wenn die Masse kontinuierlich hin und her wechselt. Und mit welchem Recht wollten wir Antimaterie nicht als gleichwertig einstufen? Warum sollte sich die Natur ausgerechnet für Materie entschieden haben, und nicht für Antimaterie? Die Frage ist doch einzig, wie weit wir noch vom maximalen Schwarzschildradius entfernt sind; und warum wir den dunklen Anteil der Materie nicht sehen können, obwohl er, wenn auch unsichtbar, da ist, diese Frage stellt sich dann auch nicht mehr.



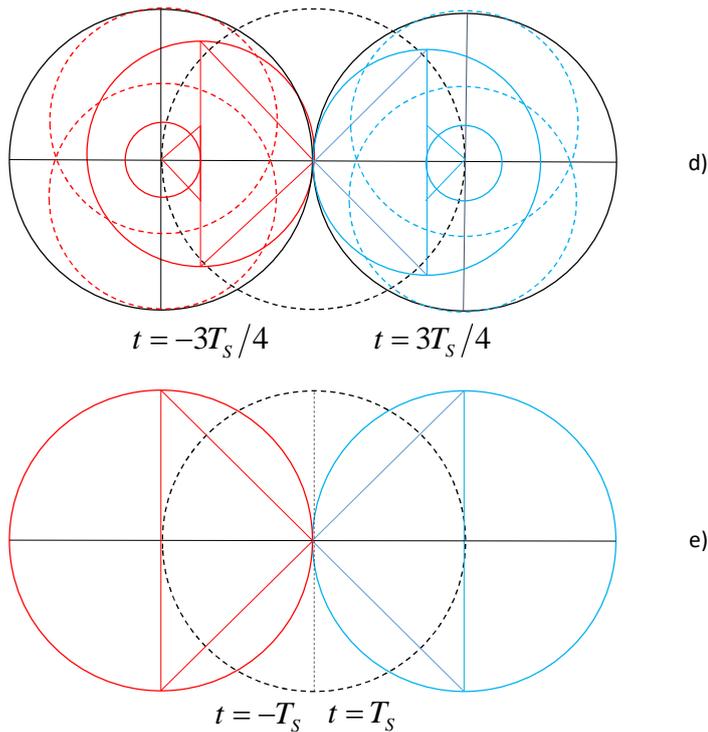


Abbildung 4. Die Achsspiegelungssymmetrie des Universums

In Abb. 4a sind die beiden Punktsingularitäten ebenso groß wie die entsprechenden Randsingularitäten. Die am Ort $\pm T_s/4$ auf dem Ereignishorizont zerfallenden Photoneneinzelteile (Abb. 4b) lassen die beiden Punktsingularitäten im gleichen Maße anwachsen, wie die Randsingularitäten abnehmen. In Abb. 4c, zur Zeit $\pm T_s/2$, sind alle vier Singularitäten gleich groß. Ihre Radien addieren sich in allen dargestellten Fällen a) bis e) zum Schwarzschildradius des Universums R_s . Dabei sind lediglich die Ausbreitungsrichtungen zwischen Materie und Antimaterie entgegengesetzt. Materieteilchen zerfallen in die positive Zeitrichtung und lassen das Universum anwachsen, Antimaterieteilchen in die negative, was ebenfalls zu einem Anwachsen des Antiuniversums führt. Nicht immer haben Punkt- und Randsingularität, als dreidimensionale Kugeln dargestellt, dieselbe Größe, ausgenommen für $t = 0$ und $t = \pm T_s$, wo sie das gesamte Universum bzw. Antiuniversum repräsentieren. Die Schnittlinien des Universums mit der Zeichenebene sind Kreise, so daß sich die Kugeln um die Senkrechte durch den in der Zeichnung dargestellten Berührungspunkt drehen. Wir haben diese Darstellung gewählt, weil sich sonst beide Universen vollständig überdecken würden, was nicht sehr anschaulich ist. Aus den Abbildungen 4a-e geht hervor, daß stets ein Schwarzes Loch aus Materie mit einem Schwarzen Loch aus Antimaterie so miteinander verschachtelt ist, daß sich hinsichtlich der Masse ein ganzes Universum ergibt. Diese beiden Teiluniversen liegen aufgrund der CPT-Invarianz um ein volles Weltalter auseinander. Wir verwenden daher in den Abbildungen Zeiten anstelle von Radien, weil letztere nur positive Werte annehmen können. Da kein Zeitwert doppelt angenommen werden darf, können sich Anfang und Ende der Zeit zwar beliebig nahekommen, aber eben nicht völlig gleich sein. Am Anfang und am Ende der Zeit liegt daher eine Singularität, die einmal winzig klein, das andere Mal nahezu unendlich groß sein kann. Da diese Singularität mit dem Schwarzschildradius identisch ist und dieser Schwarzschildradius als Ereignishorizont mit dem sich ausdehnenden oder zusammenziehenden All mitläuft, kann es auch keinen Urknall geben. Erreicht ein aus dem Universum stammendes Photon Lichtgeschwindigkeit, kollidiert es auf

Physikaufgabe 187

dem Ereignishorizont mit einem gegenseitig umlaufenden Photon des Antiuniversums und zerfällt anschließend in ein Materie-Antimaterie-Teilchen, welches nur in „sein“ Universum zurückfallen kann, weil es im falschen Universum sofort annihiliert würde.

Die Abbildung 4 zeigt die Evolution des Universums aus einer etwas anderen Perspektive, als es der Realität entspricht. Dargestellt ist eine Achsenspiegelung in einem Zeitraster von jeweils einer Viertelperiode. Gespiegelt wird an der Achse $t = 0$. Die Legende beginnt mit Abb. 4a, welche die Ausgangssituation darstellt: das Universum rechts, das Antiuniversum links. In Abb. 4b hat sich das Universum bereits um ein Viertel zusammengezogen, in Abb. 4c sind alle vier Teiluniversen gleich groß, und in Abb. 4d steigt die Punktsingularität zur Randsingularität auf, so daß es aussieht, als wäre die eine in der anderen eingeschlossen. In Abb. 4e schließlich haben sich beide Universen wieder zu voller Größe entwickelt, während die Punktsingularitäten im Innern ganz verschwunden sind. Das Universum ist zum Antiuniversum geworden, das Antiuniversum zum Universum, womit der gesamte Prozeß von neuem einsetzen kann, nur diesmal in umgekehrter Richtung.

In der Tat gäbe es einen gewaltigen Urknall, wenn Materie und Antimaterie gleichzeitig mit voller Masse aufeinanderträfen. Da es diese Gleichzeitigkeit im Universum aber nicht gibt, sondern die Zeiten sich, wenn auch nur infinitesimal, voneinander unterscheiden, können Materie und Antimaterie niemals in Kontakt miteinander geraten. Eine echte Singularität, die nur aus einem einzelnen Punkt besteht, gibt es in der Physik nicht. Jegliche Energie ist auf (vierdimensionalen) Oberflächen angesiedelt, und diese Oberflächen des Universums sind nur mit Lichtgeschwindigkeit zu erreichen, also nicht von Materie. Es können demnach nur Photonen miteinander kollidieren, nicht aber Teilchen, und diese aus einer Kollision hervorgegangenen Teilchen können aufgrund ihrer Masse auch nicht auf dieser Oberfläche verbleiben, sondern müssen ins umgebende All ausweichen, weil Materie zur Zeit $t = 0$ und $t = \pm T_S$ nicht existieren kann. Materie gibt es nämlich nur zwischen

$$t \in [\varepsilon, T_S - \varepsilon] \quad \text{und} \quad t \in [-T_S + \varepsilon, -\varepsilon]$$

für infinitesimales $\varepsilon > 0$, d.h. in den offenen Intervallen $]0, T_S[$ und $]-T_S, 0[$. Warum das so ist, erfahren wir aus der Lorentz-Transformation. Betrachten wir dazu die Gleichungen

$$t = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left(t' + \frac{v}{c^2} x' \right), \quad x = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} (x' + vt')$$

die einen Zusammenhang zwischen den Koordinaten des ruhenden und des bewegten Systems herstellen. Aus diesen Gleichungen folgt durch Gleichsetzen

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t}{t' + \frac{v}{c^2} x'} = \frac{ct}{ct' + \frac{v}{c} x'} = \frac{x}{x' + vt'}$$

und mittels der Substitution $x' = ct'$ und Kürzung des Nenners im Ausdruck

Physikaufgabe 187

$$\frac{t}{t' + \frac{v}{c}t'} = \frac{x}{c\left(t' + \frac{v}{c}t'\right)}$$

die Identität $x = ct$. Aus der Rücktransformation

$$t' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left(t - \frac{v}{c^2} x \right), \quad x' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} (x - vt)$$

ergibt sich damit analog $x' = ct'$. Normiert auf den Schwarzschildradius heißt das:

$$\frac{t'}{T_s} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left(\frac{t}{T_s} - \frac{v}{c} \frac{x}{R_s} \right), \quad \frac{x'}{R_s} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left(\frac{x}{R_s} - \frac{v}{c} \frac{t}{T_s} \right).$$

Geht man davon aus, daß die feste Materie keiner Singularität entströmen und sich mit der Geschwindigkeit c radial in alle Richtungen ausdehnen kann, dann gilt für $t = T_s$ und $x = R_s$

$$\frac{t'}{T_s} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left(1 - \frac{v}{c} \right), \quad \frac{x'}{R_s} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left(1 - \frac{v}{c} \right).$$

Nach Umformung mittels der relativistischen Beschleunigung a ,

$$\frac{v}{c} = \frac{\frac{aT_s}{c}}{\sqrt{1 + \frac{a^2 T_s^2}{c^2}}},$$

folgt

$$\frac{t'}{T_s} = \sqrt{1 + \frac{a^2 T_s^2}{c^2}} - \frac{aT_s}{c}, \quad \frac{x'}{R_s} = \sqrt{1 + \frac{a^2 T_s^2}{c^2}} - \frac{aT_s}{c}.$$

Wenn v sich der Lichtgeschwindigkeit c annähert, muß der Term

$$\frac{aT_s}{c} = \frac{v}{c} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

sehr viel größer werden als 1. Dann ist

$$\frac{t'}{T_s} \approx \sqrt{\frac{a^2 T_s^2}{c^2}} - \frac{aT_s}{c} = 0, \quad \frac{x'}{R_s} \approx \sqrt{\frac{a^2 T_s^2}{c^2}} - \frac{aT_s}{c} = 0.$$

Da a mittels der Hubble-Konstanten oft fälschlicherweise aus der gegenwärtigen Größe des Alls berechnet wird,

Physikaufgabe 187

$$a = \frac{c}{T_S} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}}{4,354 \cdot 10^{17} \text{ s}} = \frac{30 \cdot 10^{-10} \text{ m}}{4,354 \text{ s}^2} = 6,9 \cdot 10^{-10} \text{ ms}^{-2},$$

liegt die Geschwindigkeit $v = Hr = at$ in der Größe der Lichtgeschwindigkeit. Mit der Hubble-Konstanten

$$H = 66,66 \frac{\text{km}}{\text{s Mpc}}$$

folgt $c = HR_S = aT_S$ und daraus die Beschleunigung des Weltalls,

$$a = H \frac{R_S}{T_S} = Hc = 66,66 \frac{\text{km}}{\text{s Mpc}} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1} = 66,66 \cdot \frac{3 \cdot 10^{11} \text{ ms}^{-2}}{3 \cdot 10^{22}} = 6,7 \cdot 10^{-10} \text{ ms}^{-2}.$$

Dabei spielt es keine Rolle, ob wir die aktuelle Größe des Alls durch das aktuelle Weltalter dividieren oder den Schwarzschildradius durch die Schwarzschildzeit. Da auf dem Schwarzschildradius $t' = x' = 0$ gelten muß, weil Raum und Zeit zusammenbrechen und wieder auf Null gesetzt werden, muß das wahre Weltalter und damit die wahre Ausdehnung des Raums um Größenordnungen über dem derzeitigen Werten liegen. Das All selbst hingegen, d.h. der leere Raum, dehnt sich nicht aus, da er bereits Lichtgeschwindigkeit besitzt: $v = c$. Das erkennt man, wenn man $x = ct$ in die obigen Gleichungen einsetzt, d.h. wenn der dreidimensionale Raum⁴ gleich seiner zeitlichen Koordinate ist.

Somit gelten in der Singularität für ein beschleunigt sich ausdehnendes All zum Anfangszeitpunkt wegen $v = 0$ in beiden Bezugssystemen gleiche Zeiten und gleiche Orte:

$$t' = t, \quad x' = x.$$

Erreicht das Weltall seine maximale Geschwindigkeit $v = c$, so liegen die Werte

$$t' = \infty \cdot \left(t - \frac{x}{c} \right), \quad x' = \infty \cdot (x - ct)$$

für einen Beobachter im bewegten System wegen der Strecke $x = ct$, die er im unbewegten System zurückgelegt hat, nach wie vor in der Singularität:

$$t' = 0, \quad x' = 0.$$

Ein Raumfahrer, der sich von uns aus gesehen so schnell wie das Licht bewegt, bewegt sich in seinem eigenen System so gut wie überhaupt nicht, solange er mit Lichtgeschwindigkeit reist. Erst, wenn er seine Geschwindigkeit auf Null reduziert, landet er dort, wo er sich nach unserem Dafürhalten befinden müßte.

Ein Beobachter auf der Erde kann jedoch seine Geschwindigkeit relativ zur Singularität nicht reduzieren. Er befindet sich allerdings auch nicht mehr in der Nähe des Urknalls wie oben im beschleunigungsfreien Fall aufgezeigt. Zwar besitzt seine engere Umgebung die gleiche Zeit wie er, bis er jedoch Lichtgeschwindigkeit erreicht hat – das hängt ganz von der Größe der Beschleunigung ab, mit der sich das All ausdehnt bzw. alle Materie von uns wegfliegt –, vergeht

⁴ Der Einfachheit halber eindimensional betrachtet

Physikaufgabe 187

unendlich viel Zeit. Es ist eben nicht so einfach, ein Raumschiff wie das All auf Lichtgeschwindigkeit zu bringen.

Die Zukunft des Universums endet somit in einem gewaltigen Verschmelzen supermassereicher Schwarzer Löcher. Wenn der Raum sehr klein wird, wird auch die Zeit entsprechend kurz, und sie wächst an, sobald sich auch der Raum wieder auszudehnen beginnt. Dazu muß es einen ausgesuchten Punkt geben, an dem sich die Zeit umkehrt, und diesen Umkehrpunkt nennen wir den Zeitnullpunkt, der periodisch wiederkehrt. Die Zeit kann jedoch genauso wie der Raum nicht völlig verschwinden, weil nach der Unschärferelation damit Energie und Impuls sehr groß werden müßten, und diese Energie ist es auch, die den Ereignishorizont erneut expandieren läßt, nur eben nicht in Bruchteilen von Sekunden, sondern mit Lichtgeschwindigkeit. Unser Universum kehrt also irgendwann wieder, doch die Erinnerung daran ist damit nicht gelöscht, auch wenn der Mensch glaubt, er würde nur einmal geboren. Dabei ist das nicht der Fall, denn einen absoluten Tod gibt es nicht und es kann ihn in einem endlichen Universum auch nicht geben. Auch wir kehren ewig wieder. Keine Philosophie der Welt kann zu einem anderen Ergebnis kommen, da man die Welt nicht einfach anhalten kann. Wo sollte sie denn sonst herkommen, wenn es sie nicht schon immer gegeben hat?⁵ Aus den Nichts kann sie nicht entsprungen sein, da es das Nichts nicht gibt.⁶

Damit ist bewiesen, daß es keinen Urknall gibt

qed

⁵ Was auch Einsteins Ansicht war

⁶ [Mathematikaufgabe 175 \(manfredhiebl.de\)](http://manfredhiebl.de)