

Physikaufgabe 52

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

Aufgabe: Erläutern Sie, warum die Entropie im sichtbaren Teil des Weltalls abnehmen muß.

Lösung: Bislang war man der Meinung, daß das Universum ein abgeschlossenes System sei, und es wurde behauptet, daß die Entropie im All deshalb zunehmen müsse. Wir postulieren nun, daß das All ein offenes System darstellt, und daß die Entropie darin abnimmt. Dazu verwenden wir folgende Definition: Als abgeschlossen bezeichnen wir ein System, das keine Energie oder Masse mit seiner Umgebung austauschen kann. Die Gesamtenergie eines abgeschlossenen Systems ist somit konstant. Vom Universum glaubte man bisher, daß seine Energie konstant sein müsse, denn womit sollte ein abgeschlossenes Raum-Zeit-Kontinuum Energie austauschen? Nun wissen wir aber, daß das Universum ein winziges Loch enthält, durch welches seine Energie periodisch entweichen und zurückkehren kann. Dieses Loch nennen wir Singularität, und in dieser Singularität ist die Raumkrümmung so stark, daß keine elektromagnetische Strahlung und damit auch keine potentielle Energie daraus entweichen kann – außer im Falle eines Urknalls. Umkehrt kann aber kinetische Energie und damit Masse in dieser Singularität jederzeit verschwinden, d.h. unser All kann demnach kein abgeschlossenes System sein, sondern es muß offen sein; und in einem offenen System wiederum muß die Entropie abnehmen, sonst könnte sie im reziproken Raum, in dem alle Masse komprimiert ist, nicht zunehmen. Es ist klar, daß gemäß der relativistischen Gesamtenergie

$$E^2 = E_{kin}^2 + E_{pot}^2 = m^2 c^4 + p^2 c^2$$

aus einem semipermeablen reziproken Raum, der mit dem sichtbaren Raum über eine Singularität verbunden ist, so lange keine Energie entweichen kann, solange nicht ein neuer Urknall passiert, bei dem alle potentielle Energie in kinetische umgewandelt wird. Auch wenn das sichtbare Universum als Ganzes kein abgeschlossenes System darstellt, sind in diesem Universum dennoch quasi-abgeschlossene Subsysteme, in denen die Entropie auch zunehmen kann, möglich. Ein System¹, das von der Sonne genausoviel Energie aufnimmt wie es ins All zurückstrahlt, und das daher in einem Strahlungsgleichgewicht mit seiner Umgebung steht, verliert netto keine Energie und gewinnt auch keine hinzu. Unter diesen Bedingungen nimmt in einem solchen System die Unordnung zu. Zunehmende Entropie bedeutet wachsende Komplexität, zunehmende Mannigfaltigkeit und steigende Temperatur. Umgekehrt ist abnehmende Entropie von zunehmender Einfachheit, aussterbender Vielfalt und sinkender Temperatur geprägt, das All mit anderen Worten vom sogenannten Wärmetod² bedroht. Eine bereits optisch zu erkennende Ungleichverteilung der Materie im Universum kann durch die lokal zunehmende Entropie von Stern- und Planetensystemen kompensiert werden. Das ändert allerdings nichts daran, daß die gesamte Entropie des Universums dennoch abnimmt, während sie im reziproken Raum umgekehrt stetig ansteigt, wie es in einem durch eine Singularität abgeschlossenen, semipermeablen Raum gar nicht anders sein kann. Daß sich das Universum, wie es kosmologische Modelle derzeit vorhersagen, unendlich ausdehnen soll, basiert auf Überlegungen, die den reziproken Raum nicht miteinbeziehen, und die von einer gleichförmig

¹ Wie beispielsweise die Erde

² Der Begriff Wärmetod ist meist nur mit Temperatúrausgleich vorbelegt, nicht immer mit Abkühlung (anschaulich der Tod der Wärme).

Physikaufgabe 52

im Universum verteilten Energie ausgehen. Wenn dem so wäre, könnte es niemals mehr zu einem weiteren Urknall kommen, womit unser Universum auch niemals hätte beginnen dürfen, da die Zeit wie die Energie eine Erhaltungsgröße ist. Wenn unter den im universellen Zustandsvektor

$$(E, t, \mathbf{x}, \mathbf{p})$$

enthaltenen Größen zwei Erhaltungsgrößen sind, nämlich Energie E und Impuls \mathbf{p} , so müssen die dazu reziproken und über die Heisenbergschen Unschärferelationen verknüpften Größen Ort \mathbf{x} und Zeit t ebenfalls Erhaltungsgrößen sein. Man kann sich das Universum vereinfacht wie eine Sanduhr vorstellen, deren Inhalt aufgrund der Gravitationskraft durch ein Nadelöhr in den unteren Teil (siehe Abb. 1) rieselt. Am Ende ist jeweils die obere Hälfte leer, die untere gefüllt. Der Urknall dreht dann die Sanduhr einfach um, wobei die Gravitation ihr Vorzeichen wechselt, wie wir es auch von einer Magnetfeldumpolung her kennen.

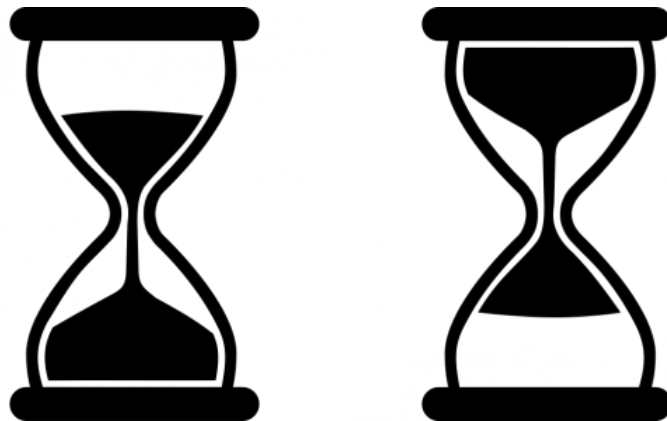


Abbildung 1. Raum und reziproker Raum am Beispiel einer Sanduhr, bei der die Richtung der Gravitation vertauscht wird, anstatt die Uhr umzukehren

Wir können die Sanduhren auch ebenerdig lagern und mit einer Flüssigkeit füllen (Abb. 2). Den schwappenden Inhalt setzen wir dann entsprechenden Gezeitenkräften aus.



Abbildung 2. Raum und reziproker Raum am Beispiel einer liegenden Sanduhr, die wechselnden Gezeitenkräften ausgesetzt ist.