

# Das Universum als schwarzes Loch

Gisèle Wendl

Um das Universum als schwarzes Loch erklären zu können verwende ich die vom Physiker Karl Schwarzschild zu Beginn des 20. Jahrhunderts entwickelte Formel über schwarze Löcher.

Ich nehme an, dass die Gravitationskraft unbegrenzte Reichweite hat.

Diese Theorie soll die empirische Messung der Hubble-Konstante bestätigen. Sie zeigt aber auch, dass sich das Universum früher weniger schnell ausgedehnt hat als heute.

Eine wesentliche Überlegung dieser Theorie ist, dass die mit zunehmender Distanz steigende Fluchtgeschwindigkeit von Galaxien keine wirkliche Geschwindigkeit ist, sondern Resultat einer durch Gravitation verursachten Rotverschiebung (Red-Shift) der Frequenz des hier gemessenen Lichts.

„Räumlich gesehen“ geht die Theorie davon aus, dass es sich bei unserem sichtbaren Universum um einen winzig kleinen Ausschnitt aus einem riesigen Kosmos handelt.

Zur Herleitung des durch Gravitation verursachten Red-Shifts vom Licht entfernter Galaxien, wird von einer Gravitationsquelle ausgegangen, die erst im Moment der Messung auf ein Photon einwirkt:

Die nach Einfluss der Gravitationskraft verbleibende Energie eines Photons, somit die Frequenz des Lichts, wird bestimmt durch die Masse des kugelförmigen Objekts, dessen Radius zwischen der Photonenquelle als Zentrum und unserer Messposition definiert ist.

Es ergibt sich daraus, je nach Massedichte, eine maximale mögliche Grösse dieses Objekts. Grösser als dieses Maximum kann es nicht werden, denn ab dann ist es ein schwarzes Loch: Die Masse des Objekts ist dann so gross, im Verhältnis zum Radius, dass kein Photon mehr draus entweichen kann.

Diese maximal mögliche Grösse ist eine Distanz. Für Licht, welches Raum durchquert, wird diese Distanz zur maximalen Zeitdauer seiner Existenz.

Die durchschnittliche **Massdichte des Universums** ist nach dieser Theorie die einzige Variable, welche die Ausdehnung **des Universums** bestimmt:

$$t = \sqrt{\frac{3}{8 * G * \pi * \delta}}$$

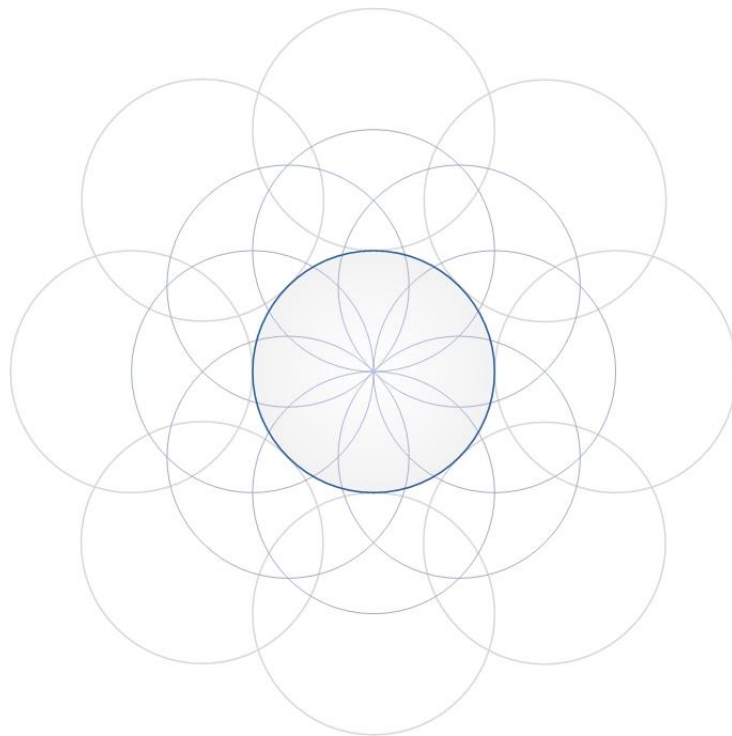
t = Zeit, G = Gravitationskonstante,  $\delta$  = Massedichte  
(Bemerkung: Hier ist die Ausdehnung als Zeit angegeben)

---

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>3</b>
1.1	Licht und die Zeitdimension.....	3
1.2	Erhaltung der Gesamtenergie.....	5
1.3	Das schwache schwarze Loch, das logische schwarze Loch (LBH, Logical black hole).6	
1.4	Kennzahlen des Universums.....	7
<b>2</b>	<b>Herleitung der Idee</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Photonen im geschlossenen Raum</b> .....	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Masse, Massedichte und Zeit</b> .....	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Die maximal sichtbare Distanz im geschlossenen Raum</b> .....	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Kosmologische Rotverschiebung, Red shift</b> .....	<b>16</b>
6.1	Die Verbindung zur Konstante mit Hubble .....	19
6.2	Die Messgrösse $z$ für die kosmologische Rotverschiebung .....	20

---



## **Einleitung**

Das Universum ist das größte Ding das wir in Sichtweite haben und wir werden nie sehen können, was dahinter ist. Es gibt eine „kosmische Zensur“ und unsere Wirklichkeit endet am Horizont unseres Universums.

Aber wir könnten wissen, was dort ist.

Das Universum ist aus meiner Sicht einer Insel der Zeit innerhalb der umgebenden Ewigkeit, ein mit Licht und Leben erfüllter Raum!

## **1 Zusammenfassung**

*Die Zusammenfassung enthält Ausdrücke und Formeln, welche im Detail später in diesem Dokument erklärt werden.*

Die Werte vieler aus der Wissenschaft der Zeit ums Jahr 2000 bekannten Größen des Universums passen zu den Werten, welche aus dieser Theorie dafür abgeleitet werden.

In dieser Theorie wird davon ausgegangen, dass das Universum wie ein schwarzes Loch funktioniert

Ein schwarzes Loch ist heisst, dass eine grosse Masse das Licht daran hindert weiter als zum Ereignishorizont des schwarzen Lochs zu gelangen. Dieses real existente Phänomen, das bei „gestorbenen“ Sternen und Zentren von Galaxien beobachtet wird ist eine primär mit Gravitation verbundene Erscheinung. Diese Erscheinung tritt in grosser Skalierung auf der Ebene des Universums ebenfalls auf. Hier werden die physikalischen und mathematischen Grundlagen dafür gezeigt.

### **1.1 Licht und die Zeitdimension**

Der Zusammenhang von Licht und Photonen ist derjenige, dass bei der Zerstrahlung von Masse typische Energiepakete erzeugt werden. Die Energie dieser Stücke, dieser Energiepakete, wird durch die zerstrahlte Masse definiert. In Form von Licht bestimmt diese Energie die Frequenz, bzw. Wellenlänge des Lichts. Licht ist ein Photonenstrahl.

Der Weg des Photons entlang von Emission zur Absorption, kann als Radius einer Kugel angesehen werden. Es ergibt sich ein diesem entlang Weg aufspannten, kugelförmigen Raum.

In der Existenz eines Photons gibt es nur 2 Ereignisse: Emission und Absorption - Licht kann in keinem anderen Kontext als im Kontext dieser 2 Ereignisse beobachtet werden. Da Photonen mit Lichtgeschwindigkeit unterwegs sind „altern“ sie nicht. Ein Photon ist bei seiner Absorption gleich alt wie bei seiner Emission.

Um Licht überhaupt erkennen zu können ist muss man für Lichtabsorption empfindlich sein. Vor der Absorption fand eine Emission statt. Dazwischen vergeht zwar Zeit – aber diese Zeit verändert nicht diejenige Information, welche das Licht zu uns transportiert – die Information repräsentiert den Zustand eines entfernten Systems zu einem vergangenen Zeitpunkt.

Die Gravitationskraft ist wirksam auf Photonen, auf Licht. Dabei ist von der beschriebenen 2-Ereignis-Existenz des Photons her abgeleitet auch nicht eine kontinuierliche Einwirkung einer Kraft vorstellbar. Wenn eine Kraft wirkt, dann sicher im Moment der Absorption.

Das ist der Moment, wenn die Gravitationskraft des Raumes, aus dem das Photon kommt, wirkt. Es ist ein einziger Moment also.

Die im Folgenden erklärte Formel über Photonen im geschlossenen Raum,

$$M' = \frac{c^3 * t}{2 * G},$$

widerspiegelt diesen "zeitlosen Aspekt" des Photons.

Dies, weil die Formel berücksichtigt, das genau im Moment t die wirksame Masse bekannt ist – und nicht in jedem Zeitpunkt.

Wäre der Einfluss der Gravitation eine kontinuierlich wirkende Kraft, welche auf das Photon, während seiner Reise durch den Raum, einwirkt, so müsste eine Integralfunktion zur Definition der Formel über Photonen im geschlossenen Raum verwendet werden:

$$M' = \int_{t_0}^t M * \frac{c^3 * \partial t}{2 * G} \quad M' = \text{Sum}(dM' [t_0 \rightarrow t] \text{ von } (0.5 * c^3 * dt) / G)$$

Die Integralfunktion über die „Zeit“ in der das Photon existierte kann nicht benutzt werden, denn das Photon kann nur im 2-Punkt-Raster "Emission/Absorption" gültig beschrieben werden.

Gravitation wirkt auf Photonen nicht so wie klassische "Leistung" oder "Arbeit", im Sinn der mechanischen, physikalischen, Definition von Arbeit oder Leistung. Dort wirkt bekanntlich eine Kraft auf ein Objekt während einer bestimmten Zeit ein. Gravitation wirkt auf das Photon im zweiten Moment der "Photonen-Existenz" – nur so gesehen kann man sagen, das Gravitation als Kraft auf das Photon einwirkt und somit auch auf jede durch das Photon übertragene Information aus der Vergangenheit. **Die innere Zeitachse eines Photons** ist nicht linear, nicht kontinuierlich; es ist ein System das aus 2 Punkten besteht.

## 1.2 Erhaltung der Gesamtenergie

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Formeln ist der Vergleich von

- der Masse des - fast leeren - Kosmos mit
- der Masse die benötigt wird, um die kinetische Energie eines Photons in potentielle Energie umzuwandeln, wie es in schwarzen Löchern erfolgt

Der sichtbare Raum des Kosmos, den wir unser Universum nennen, ist genau so gross, wie das Resultat aus diesem Vergleich. Sobald ein Photon zu einer Masse zugeordnet werden muss, welche ein schwarzes Loch bildet, ist es nicht mehr sichtbar. Versucht man nun die Grösse eines solchen „universumsgrossen“ schwarzen Lochs zu bestimmen, so sieht man, dass diese Grösse einzig von der durchschnittlichen Massedichte abhängt ist - in einem solchen Universum. Die so letztlich übrigbleibende Messgrösse, die verantwortlich ist für die Ausdehnung des Universums ist also die lokale Massedichte des Kosmos.

Wenn kinetische Energie des Lichts in potentielle Energie transformiert wird, so muss die Gesamtenergie erhalten bleiben. Diese erforderliche Erhaltung der Gesamtenergie kann mit der Formel

$$E = \frac{2 * c^4 * m}{c^2 - v^2} .$$

beschrieben und definiert werden.

Mit dieser Formel und mit  $E = m * c^2$  kann über gemessene Verschiebungen von bekannten, typischen Frequenzen des Lichts die sogenannte Redshift-Geschwindigkeit  $v$  eines astronomischen Objekts bestimmt werden.

Die Informationen dieses astronomischen Objekts werden also über Licht zu uns gebracht und die kinetische Energie dieser Photonen wird teilweise in potentielle Energie umgewandelt.

Dieser Energieverlust, welcher das Photon erfährt, resultiert in einer negativen Geschwindigkeit des beobachteten Objekts. Dies repräsentiert wiederum die entstandene potentielle Energie.

Diese Geschwindigkeit  $v$  ist aber nicht eine direkte Geschwindigkeitseigenschaft des beobachteten Objekts, es ist eine indirekte Eigenschaft.

Die gemessene Geschwindigkeit  $v$  des beobachteten Objekts, ist eine direkte Eigenschaft des Lichts und nicht des Objekts, das der Beobachter messen will.

### **1.3 Das schwache schwarze Loch, das logische schwarze Loch (LBH, Logical black hole)**

Ich verstehe das Universum analog einem schwarzen Loch, es ist wie eine fast transparente Kugel, mit sehr kleiner Massedichte, eine Kugel mit aktiver Gravitationskraft.

Man kann annehmen, dass Masse – über die „Grenzen“ des Universums hinweg – mehr oder weniger homogen verteilt ist. Die so konstante Massedichte bestimmt so:

- Die Fluchtgeschwindigkeit von astrophysikalischen Objekten (kosmologische Rotverschiebung, „red shift“)
- Die Masse des sichtbaren Universums
- Die maximal sichtbare Distanz des Universums
- Die Beziehung zwischen dem „red shift“ und der Distanz zu astrophysikalischen Objekten

## 1.4 Kennzahlen des Universums

Ist hier ein Vergleich zwischen den Kennzahlen des Universums entsprechend der LBH-Theorie und gemäss gegenwärtiger wissenschaftlicher Aussage.

LBH-Theorie, unter der Annahme einer Massedichte $\delta$ ( $\rho$ )	Kennzahlen aus aktueller wissenschaftlicher Literatur:
<p><b>Massedichte:</b> Die Massedichte ist die einzige Variable im System. Die angenommene Massedichte zur Berechnung der folgenden Kennzahlen ist leicht grösser als gegenwärtig angenommen: <math>\delta = 5.6E-24 \text{ g/m}^3</math></p>	<p>Massedichte <sup>1</sup>: Zwischen <math>\delta = 4.5E-24 \text{ g/m}^3</math> und <math>\delta = 1.8E-24 \text{ g/m}^3</math> 56%</p>
<p><b>Masse:</b> <math>1.14108E+56 \text{ g}</math></p>	<p>Masse: <math>0.604E+56</math> und <math>0.300E+56 \text{ g}</math> <sup>2</sup> 39% wäre die Masse gerechnet mit <math>\delta = 5.6E-24 \text{ g/m}^3</math> und einer angenommenen maximalen Sichtbarkeit von 13.4 Milliarden Lichtjahren: <math>0.46E+56 \text{ g}</math></p>
<p><b>Max. sichtbare Distanz:</b> 17.9097 Mia. Lichtjahre</p>	<p>Max. sichtbare Distanz: &lt; 13.4 Mia. Lichtjahre 75%</p>

LBH-Theorie, unter der Annahme einer Massedichte $\delta$ ( $\rho$ )	Kennzahlen aus aktueller wissenschaftlicher Literatur:
<p>Niedrigster Wert für <b>Hubbles Konstante</b> am Ende der sichtbaren Distanz:  54.32 Km/h/Mpc    85.5% von 73.35 Km/h/Mpc</p> <p>Wert der Hubble-Konstante dort wo das Universum die Hälfte seiner Masse erreicht:  63.52 Km/h/Mpc</p> <p>Maximaler Wert (hier)  <b>77.21 Km/h/Mpc</b>    121.6% von 73.35 Km/h/Mpc</p>	<p>Hubbles Konstante (H):  ~ <b>73.35 Km/h/Mpc</b></p>
<p><b>z</b>  z = 1 bei ~ 8.05 Mia. Lichtjahren  <b>z = 2 bei ~ 11.3</b> Mia. Lichtjahren  z &gt; 13 bei ~ 16.6 Mia. Lichtjahren</p>	<p><b>z</b>, klassisches Model ab <math>\lambda</math> und H = 73.35  z = 1 ~ 8.0 Mia. Lichtjahre 99%  <b>z = 2 ~ 10.8</b> Mia. Lichtjahre 96%  z &gt; 13 bei ~ 13.2 Mia. Lichtjahren 80%</p>



## 2 Herleitung der Idee

Dieses Modell des Universums basiert auf der Theorie über schwarze Löcher. Die Theorie wurde vom deutschen Astronom Karl Schwarzschild (1873-1916) entwickelt und ist noch heute gültig.

Der Radius eines schwarzen Lochs resultiert aus seiner Masse.

In einem schwarzen Loch, wird die kinetische Energie eines Photons total in potentielle Energie transformiert durch die Gravitationskraft des schwarzen Lochs.

Der Radius eines schwarzen Lochs wird mit der folgenden Formel definiert<sup>3</sup>:

$$r = \frac{2 * G * M}{c^2}$$

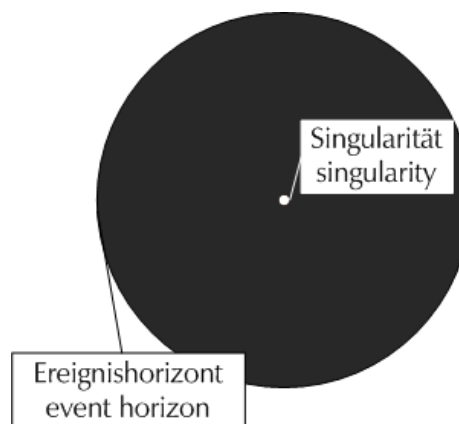
$G \approx 6,67 * 10^{-11} m^3 kg^{-1} s^{-2}$   
Gravitationskonstante

Die Formel zeigt eine generelle Beziehung zwischen der Distanz die Licht in Abhängigkeit der Masse eines schwarzen Lochs zurücklegen kann.

Wenn  $r = c * t$  gesetzt wird, so bezieht sich die Formel auf Zeit und Masse. In unserem Universum ist das sogenannte „Ende“ ungefähr 10 bis 20 Mia. Lichtjahre entfernt.

Diese „beschränkte Sichtbarkeit“ ist das Resultat dieser Beziehung zwischen Masse und Licht.

Ein schwarzes Loch wird oft so dargestellt:



Zur Definition eines Schwarzen Lochs ist nur das Verhältnis zwischen Masse und Radius ausschlaggebend:

$$\frac{M}{r} = \frac{c^2}{2 * G}$$

Auf der anderen Seite ist es so, dass die Masse eines kugelförmigen Raumes mit konstanter Massedichte im Kubik zunimmt, und nicht linear.

$M$  ist für die Grösse des Eventhorizonts verantwortlich. Innerhalb des Ereignishorizonts gilt die Beziehung

$$\frac{M}{r} < \frac{c^2}{2 * G} ,$$

Wenn nun mit linear steigendem Radius auch die Masse steigt, so steigt die Masse im Kubik und irgendwann ist die Beziehung dann gleich. Das ist am Ereignishorizont.

Die Masse, mit der gerechnet werden muss um die endgültige Absorptionsenergie eines Photons zu berechnen, ist die Masse der Kugel um die Emissionsquelle herum und mit Radius bis zum Beobachter - die Theorie geht davon aus, dass die in dieser Kugel befindliche Masse eine Dichte von  $\delta$  ( $\rho$ ,  $\text{g/m}^3$ ) hat.

Im nun Folgenden möchte ich aufzeigen, dass die beobachtete "Expansion des Universums" auf dieser von Schwarzschild entwickelten Formel beruht.

Die wenigen dafür erforderlichen und bereits existierenden Formeln können so angepasst werden, dass zur Berechnung der "Fluchtgeschwindigkeit" von entfernten Galaxien - der so genannten kosmologischen Rotverschiebung (*cosmological red shift*) - einzig die Massedichte des Universums benötigt wird.

Die Konstante von Hubble kann durch diese Theorie berechnet werden und ihr Wertebereich ist effektiv dort, wo wir unsere empirischen Messungen gemacht haben und davon ausgehen, dass das Universum zwischen 10 und 20 Mia. Lichtjahren gross ist.

### 3 Photonen im geschlossenen Raum

Die kinetische Energie  $E$  eines Photons ...

$$E = \frac{1}{2} * m * c^2$$

wird durch die Gravitation ...

$$G * \frac{M * m}{R},$$

... in potentielle Energie transformiert, und definiert so den geschlossenen Raum, aus dem kein Photon „entkommen“ kann.

$m$  ist die Masse welche der Energie  $E$  eines Photons entspricht.

Das ist eine Eigenschaft von schwarzen Löchern: Sobald die Gravitationskraft grösser ist als die Energie eines Photons kann es sich nicht weiter vom Zentrum des schwarzen Lochs entfernen. Es „verliert“ seine ganze Energie hinter dem Ereignishorizont des schwarzen Lochs.

Die kinetische Energie wird in potentielle Energie umgewandelt.

Nun kann man sich vorstellen, dass alles sichtbare Licht vom Zentrum einer Kugel ausgestrahlt wird. Als Radius dieser Kugel wird die Distanz zum Beobachter angenommen. Wie als ob es eine Kugel um das astronomische Objekt gibt, welche die Nasenspitze berührt.

Es ist wie eine riesige fast transparente Kugel mit einem leuchtenden Zentrum.

Wesentlich an dieser neuen Idee ist, dass die Transformation der kinetischen Energie in potentielle Energie genau im Moment der Beobachtung erfolgt. Die dabei wirksame Masse setzt sich zusammen aus der Masse des astronomischen Objektes und aller weiteren Objekte innerhalb dieser Kugel. Theoretisch ist die Wirkung unabhängig von der Verteilung der weiteren Objekte in dieser Riesenkugel.

$$\frac{1}{2} * m * c^2 = G * \frac{M * m}{R}$$

$$\frac{1}{2} * c^2 = G * \frac{M}{R}$$

$$R = G * \frac{2 * M}{c^2}$$

Bemerkung:  $R$  ist der Radius zum Ereignishorizont

$$G \approx 6.67 * 10^{-11} m^3 kg^{-1} s^{-2}$$

Gravitationskonstante

Der Radius  $R$  einer solchen Kugel kann als Produkt von Zeit und Lichtgeschwindigkeit ausgelegt werden.

Die Transformation der Formel von Schwarzschild mit der Zeit als Funktion auf den Radius sieht dann so aus:

$$R: R = c * t, \text{ ist}$$
$$\frac{1}{2} * m * c^2 = G * \frac{M' * m}{c * t}$$

$m$  kann aus der Formel eliminiert werden und nach Multiplikation mit  $c$ , sodass  $c$  nur noch auf einer Seite der Formel steht erhalte ich die erste, abgeleitete Formel:

### Erste Formel

$$\frac{1}{2} * c^3 = G * \frac{M'}{t}$$

Diese Formel gilt für ein geschlossenes System in welchem Masse und Zeit voneinander vollständig abhängig sind.

Ein System aus Masse-Zeit kann keine grössere sichtbare Vergangenheit aufweisen als die innere Grösse dieses Systems. Sein Radius bestimmt die längst mögliche Zeit  $t$ , die im System drin beobachtet werden kann.

$$t = \frac{2 * G * M'}{c^3}$$

UND

$$M' = \frac{c^3 * t}{2 * G}$$

Auch kann ein System aus Masse-Zeit nicht von aussen beobachtet werden, wenn es die Bedingungen dieser Formel erfüllt.

## 4 Masse, Massedichte und Zeit

### 2<sup>te</sup> Formel:

Masse wiederum ist abhängig von der Dichte  $\rho$  und dem Raum.  
Die Masse einer Kugel berechnet sich nach dieser Formel:

$$M = \frac{4}{3} * \pi * r^3 * \rho$$

Mit der Zeit  $t$  wiederum statt  $r$  als Variable ergibt sich:  $M = \frac{4}{3} * \pi * (t * c)^3 * \rho$

Ich erhalte so ein 2<sup>tes</sup> Paar Formeln:

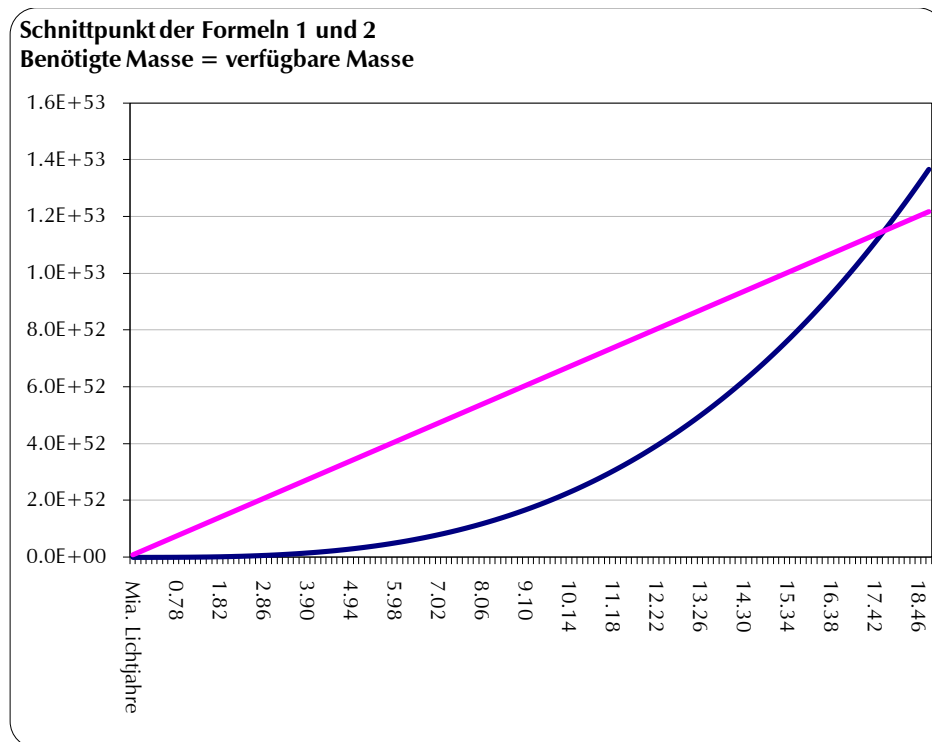
$$M = \frac{4}{3} * \pi * (t * c)^3 * \rho$$

UND (nach Zeit  $t$  aufgelöst)

$$t = \frac{1}{c} * \sqrt[3]{\frac{\frac{3}{4} * M}{\rho * \pi}}$$

## 5 Die maximal sichtbare Distanz im geschlossenen Raum

Aus den Formeln aus den vorangehenden beiden Kapiteln lassen sich Funktionsgrafiken<sup>4</sup> zeichnen. Gemeinsam an den Grafiken ist die Dichte  $\rho$ , hier nehme ich eine Dichte  $\rho$  des Universums an von  $\delta = 5.52E-24g/m^3$ :



Vertikal (y-Achse): Masse in Gramm

Horizontal (x-Achse): Distanz in Milliarden Lichtjahren (LY).

Die Line in **Magenta** repräsentiert die benötigte Masse um die kinetische Energie elektromagnetischer Strahlung in potentielle Energie umzuwandeln (Formel 1).

Die **dunkelblaue** Kurve zeigt die Masse des Universums mit einer Dichte von  $\delta = 5.52E-24g/m^3$  (Formel 2).

Die maximal sichtbare Distanz ist dort wo sich die beiden Kurven scheiden - die maximal sichtbare Distanz von Raum mit Dichte  $\rho$ , in Zeit  $t$  ausgedrückt ist so:

$$t = \sqrt{\frac{3}{8 * G * \pi * \delta}}$$

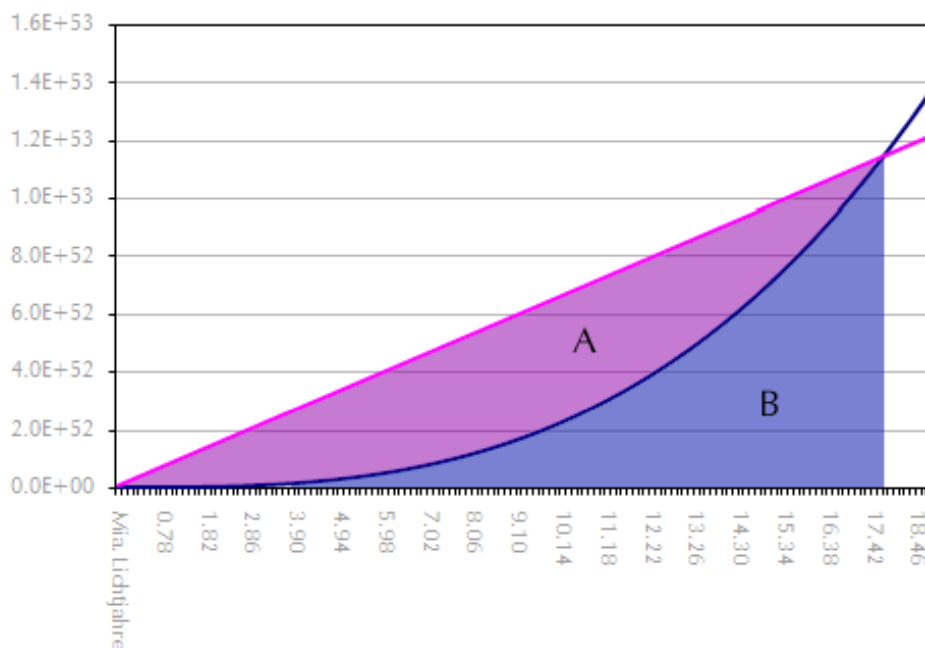
## Weitere Zahlenbeispiele mit rho, maximaler Sichtbarkeit und Masse

$\delta, \rho$ (g/m <sup>3</sup> )	maximale Sichtbarkeit (Mia LY)	Masse (g)
1.0E-23	13.4023	8.53881E+55
9.5E-24	13.7507	8.76121E+55
8.0E-24	14.9842	9.54662E+55
<b>5.52E-24</b>	<b>18.07</b>	<b>1.15525E+56</b>
4.5E-24	19.9799	1.27307E+56
2.3E-24	27.9464	1.78061E+56

### Eine weitere Beobachtung

Die Oberflächen der Formen **A** und **B** sind immer gleich gross:

Schnittpunkt der Formeln 1 und 2  
Benötigte Masse = verfügbare Masse



### Eine erste Schlussfolgerung

Die Massedichte  $\delta$  ( $\rho$ ) des Universums ist weit über seine Sichtbarkeit hinaus konstant.

### Definition von Universum und Kosmos

Das Wort „**Kosmos**“ definiert der gesamte - hinter der Sichtbarkeit vorhandene und unschätzbar weite – Raum, im Sinne eines übergeordneten Ganzen.

Das „**Universum**“ definiert den sichtbaren Raum.

## 6 Kosmologische Rotverschiebung, Red shift

Wie kann nun der Expansionseffekt des Universums erklärt werden?

Man beobachtet eine mit zunehmender Distanz zunehmende Fluchtgeschwindigkeit von astronomischen Objekten. Diese Fluchtgeschwindigkeit wird abgeleitet vom der Verschiebung des Frequenzbereichs von Licht in energieärmere Frequenzen, gelbes Licht kann so z.B. zu rotem Licht werden. Das beobachtete Phänomen wird deshalb kosmologische Rotverschiebung, auf Englisch „cosmological red shift“ genannt.

Der Grund für eine solche Rotverschiebung ist aber nicht zwingend eine wirkliche Fluchtgeschwindigkeit. Rotverschiebung ist auch das Resultat der Einwirkung von Gravitationskraft auf Licht:

In gleicher Weise wie in einem schwarzen Loch nimmt das Gravitationsfeld die Energie des Photons auf, bis zum Extrem, wo die Energie des Photons am Ereignishorizont total umgewandelt wird in potentielle Energie.

Wichtig dabei ist, dass die totale Energie des beobachteten, geschlossenen Raum-Masse-Systems konstant bleibt. Mit der Formel zur Beschreibung der totalen Energie eines solchen Systems (1) und der Formel über die Beziehung zwischen Masse und Energie von Einstein (2) lässt sich der in potentielle Energie umgewandelte Gesamtanteil eines Photons berechnen, wenn ein Gravitationsfeld einwirkt, das kleiner oder gleich gross ist wie dasjenige eines schwarzen Lochs. Daraus ergibt sich die Rotverschiebung anhand jener eine Fluchtgeschwindigkeit abgeleitet werden könnte.



Weil ein Photon seine Geschwindigkeit nicht ändern kann, wird also schlussendlich sein Energieverlust über eine tiefere Frequenz beobachtet.

Die Massdichte des Systems, welches das Photon beobachtbar macht, ist verantwortlich für dessen Energietransformation.

Die Tatsache, dass Masse existiert, scheint allein verantwortlich zu sein für die Existenz von Gravitationsenergie.

Aus der vorhergehenden Grafik lässt sich ableiten, dass einem Photon mit zunehmender Distanz immer mehr Energie fehlt.

Es ist

$$(1) E = \frac{m \cdot c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad E = mc^2 / ((1 - v^2/c^2)^{1/2})$$

(Relativité restreint, Energie totale, P. 184)

und

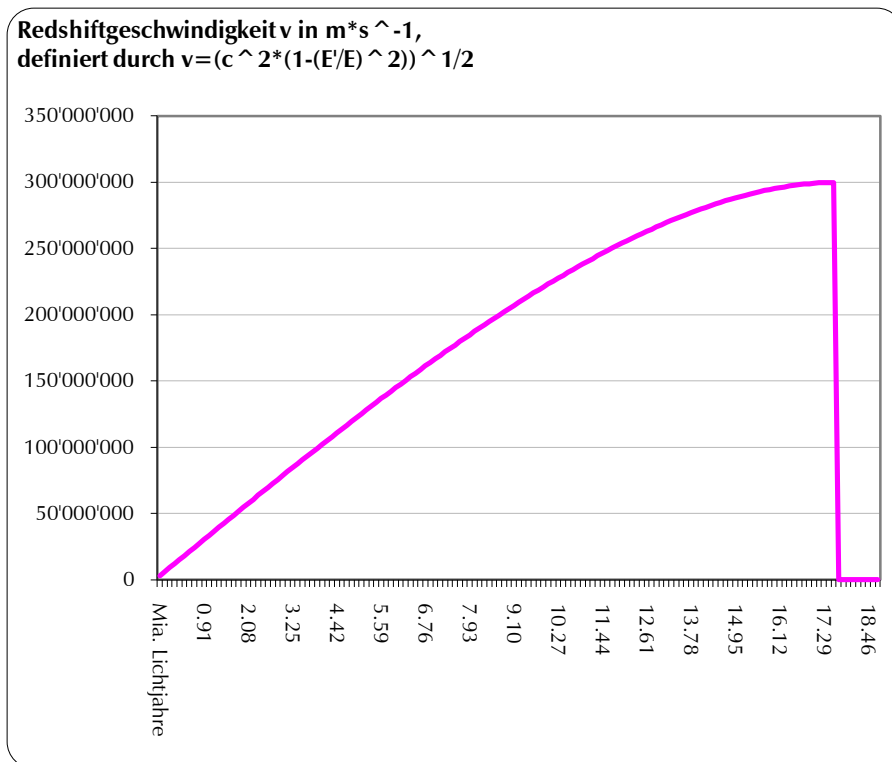
$$(2) E' = m' \cdot c^2 \Rightarrow m' = \frac{E'}{c^2} \quad E' = m'c^2 \Rightarrow m' = E'/c^2$$

(Relativité restreint, Energie de masse, Energie au repos), P. 184)

$m$  aus der Formel (1) wird ersetzt durch  $m'$  aus (2) und als  $\frac{E'}{c^2}$  dargestellt.

$E'$  repräsentiert somit die Energie des Photons am Anfang, bei seiner Emission. In Abhängigkeit der Geschwindigkeit seiner Quelle verändert sich  $E$ , die beobachtete Energie des Photons, dessen Quelle sich hier mit der Geschwindigkeit  $v$  entfernt.

Anschliessend wird das Formelsystem nach der Geschwindigkeit  $v$  aufgelöst. Das ergibt eine Grafik für diese Geschwindigkeit in Abhängigkeit der Distanz in Lichtjahren:



Das Verhältnis  $E'/E$  wird aus der Grafik 1 entnommen.

Die einzelnen Schritte zur Umwandlung der Formel (1) zur Funktion auf  $v$ , der scheinbaren Fluchtgeschwindigkeit.

1.  $E = (E'/c^2) \cdot c^2 / ((1 - v^2/c^2)^{1/2})$
2.  $E = E' / ((1 - v^2/c^2)^{1/2})$
3.  $E/E' = 1 / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$
4.  $E/E' = 1 / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$
5.  $E'/E = (1 - v^2/c^2)^{1/2}$
6.  $(E'/E)^2 = 1 - v^2/c^2$
7.  $1 - (E'/E)^2 = v^2/c^2$  und am wir kommen zu:

$$v = \sqrt{c^2 \cdot \left(1 - \frac{E'^2}{E^2}\right)}$$

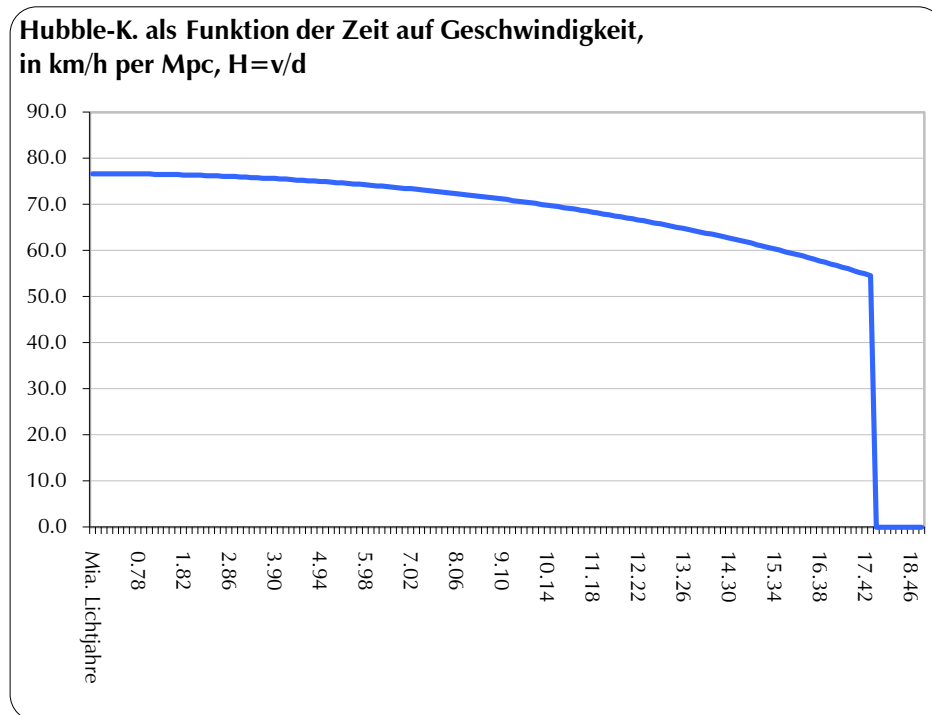
$$v = (c^2 \cdot (1 - (E'/E)^2))^{1/2}$$

In diesem Beispiel wurde wiederum die Dichte  $\rho = 5.52E-24 \text{ g/m}^3$  angenommen

- ⇒ Maximale Distanz für Licht (Sichtbarkeit): 18.07 Mia. Lichtjahre
- ⇒ Masse:  $1.15525E+56 \text{ g}$

## 6.1 Die Verbindung zur Konstante mit Hubble

Ist diese soeben beschriebene Fluchtgeschwindigkeit bekannt, ergibt sich eine Funktion für die Hubblekonstante ( $\sim 73 \text{ Km/h / Mpc}$ ) in Abhängigkeit der Zeit. Es ist jedoch kein konstanter Wert:



So wie die Hubblekonstante die Beschleunigung astronomischer Objekte in Abhängigkeit zur Distanz ausdrückt wird dies auch von dieser Darstellung gemacht – jedoch ist es besser hier direkt nur noch von der Funktion auf die „Hubblebeschleunigung“ zu sprechen – kurz die „Hubblebeschleunigung“.

Die Unterschiede der so erhaltenen Werte weichen bis zu  $\pm 20\%$  von der heute als Konstante definierten Funktion ab.

Am Ende der Sichtbarkeit beträgt der Wert:  
54.50 Km/h/Mpc, das entspricht einer Differenz von  $-25.3\%$ ;

bei halber Masse des Universums:  
63.21 Km/h/Mpc  $-13.4\%$  Differenz

am Anfang, in unserer direkten astronomischen Umgebung:  
76.65 Km/h/Mpc  $+5\%$  Differenz.

Die so definierte Hubblebeschleunigung divergiert jedoch nur um  $\pm 5\%$  bis zu einer Distanz von 9.5 Mia. Lichtjahren.

## 6.2 Die Messgröße z für die kosmologische Rotverschiebung

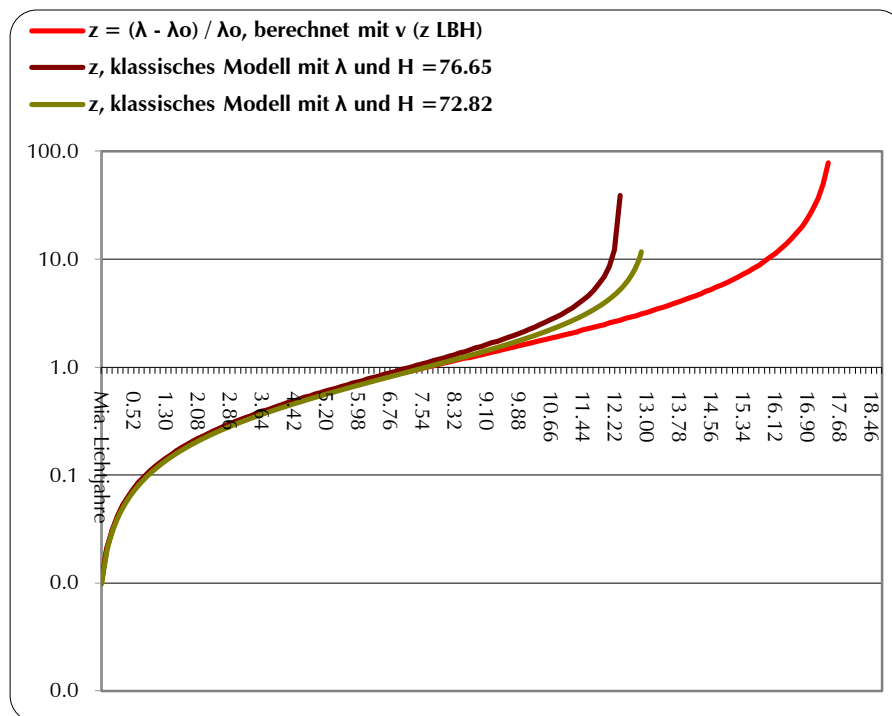
Die Wellenlänge  $\lambda$  des Lichts eines sich entfernenden Objekts wird wie folgt berechnet:

$$v = c - (c \cdot \lambda_0 / \lambda)$$

$$\lambda = (c \cdot \lambda_0) / (c - v)$$

$\lambda_0$ : Initiale Wellenlänge

z, die Messgröße, die oft verwendet wird um den "red shift" anzugeben, ist  $\lambda_0 / \lambda$



Wiederum mit  $\rho = 5.52 \text{ g/m}^3$  erreichen wir einen Initialwert für die Hubblebeschleunigung von 76.65 Km/h/Mpc

- wenn  $z = 0.9985$  ist die Hubblebeschleunigung bei 72.729 Km/h/Mpc
- wenn  $z = 1.7$  ist die Hubblebeschleunigung bei 69.64 Km/h/Mpc

Das würde bedeuten, dass uns im Vergleich zur klassischen Rechnung astronomische Objekte bis zu  $z=0.9$ ,  $z=1$  ein wenig näher rücken – unter der Annahme die offizielle Hubblekonstante sei bei  $\sim 73.2$ .

Für  $\rho = 5.52 \text{ g/m}^3$  ist  $z=13.66$  ist bei  $\sim 16.77$  Mia. Lichtjahren

Nach  $z=1$  wird die Welt allmählich bis zu 25% "gedehnt", im Vergleich zum aktuellen wissenschaftlichen Stand. Aber bis  $z=1$  bleibt fast alles unverändert.

## Referenzliste

---

<sup>1</sup> Werte aus

Guth, Alan H. The Inflationary Universe. New York: Addison Wesley, 1997: 22.

<sup>2</sup> <http://curious.astro.cornell.edu/question.php?number=342>

<sup>3</sup> Black holes aren't black - after Hawking they shine!

<http://library.thinkquest.org/C007571/>

<sup>4</sup> Graph from the Excel-File, Sheet 2

<sup>5</sup> "Formulaires et Tables – Mathématique, Physique, Chimie", 1985, Editions du Tricorne, Genève, CH, ISBN 2-8293-0057