Elektromagnetische Wellen und Materie im Gravitationsfeld eines Schwarzen Loches

Manuel Goessling – manuel@goessling.info
www.Manuel.Goessling.info

Abstrakt:
Vergleicht man den Umfang-Weg und den Durchmesser-Weg in der Nähe eines Schwarzen Loches, zeigt sich, dass der Umfang-Weg kürzer, bzw. schneller ist als der Durchmesser-Weg. Daraus folgt:
Licht und Materie umkreisen Schwarze Löcher und können den Ereignishorizont nicht erreichen.

Vergleich von zwei möglichen Wegen:

Nach der QED und dem Fermatschen Prinzip[1] nimmt Licht den Weg der kürzesten Laufzeit. Es sollen zwei Wege von A nach B untersucht werden. A und B liegen gegenüber auf einem Kreis mit dem Radius r.

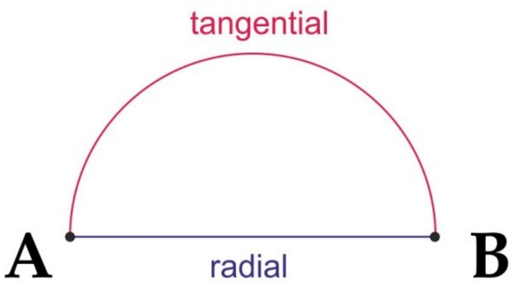

Abb. 1: Lichtlaufwege

Radialer Durchmesser-Weg:	Tangentialer Umfang-Weg:
Weg 1 ist der Durchmesser des Kreises. Die Lichtlaufzeit für den Durchmesser-Weg beträgt: $$t_{radial} = \frac{2 * r}{c_{radial}}$$	Weg 2 ist der halbe Umfang des Kreises. Die Lichtlaufzeit für den Umfang-Weg beträgt: $$t_{tangential} = \frac{\pi * r}{c_{tangential}}$$

Kommt dem Licht eine Raumkrümmung in die Quere verlängert sich die Laufzeit. Es wird mit der Shapiro-Verzögerung[2] für die Lichtgeschwindigkeit c gerechnet.

[1] https://de.wikipedia.org/wiki/Fermatsches_Prinzip
[2] Siehe https://de.wikipedia.org/wiki/Shapiro-Verz%C3%B6gerung oder Anhang A

Die Lichtgeschwindigkeit für den Durchmesser-Weg ist die radiale Shapiro-Geschwindigkeit. $$c_{radial} = c * (1 - \frac{r_s}{r})$$ $$r_s = \frac{2 * G * M}{c^2}$$ G ist die Gravitationskonstante M ist die Masse des Schwarzen Lochs C ist die Lichtgeschwindigkeit r ist der Abstand zum Mittelpunkt des Schwarzen Lochs $$t_{radial} = \frac{2 * r}{c * (1 - \frac{r_s}{r})}$$	Die Lichtgeschwindigkeit für den Umfang-Weg ist die tangentiale Shapiro-Geschwindigkeit. $$c_{tangential} = c * \sqrt{(1 - \frac{r_s}{r})}$$ $$r_s = \frac{2 * G * M}{c^2}$$ G ist die Gravitationskonstante M ist die Masse des Schwarzen Lochs C ist die Lichtgeschwindigkeit r ist der Abstand zum Mittelpunkt des Schwarzen Lochs $$t_{tangential} = \frac{\pi * r}{c * \sqrt{(1 - \frac{r_s}{r})}}$$

Vergleicht man grafisch die Laufzeiten des Lichtes für beide Wege erhält man folgende Kurven:

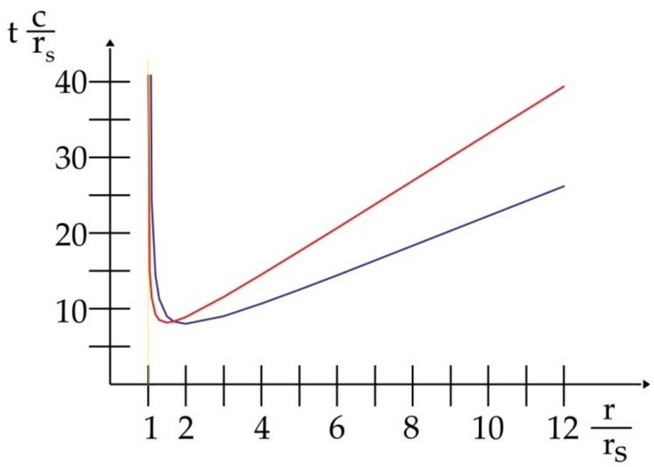

Abb.2: Lichtlaufzeit; blau: Durchmesser-Weg; rot: Umfang-Weg

Für $\frac{r}{r_s} \leq \frac{1}{1-\frac{4}{\pi^2}} = 1{,}68147$ ist die Laufzeit des Lichts für den Umfang (rot) kleiner als die Laufzeit für den Durchmesser (blau).

Bei starken Raumkrümmungen ist der Umfang-Weg kürzer als der Durchmesser - Weg. Die elektromagnetische Welle wird nicht von dem Schwarzen Loch geschluckt. Sie umkreist das Schwarze Loch auf einer Kreisbahn mit dem Radius $1 < \frac{r}{r_s} \leq 1{,}68147$. Das Minimum des Umfang-Weges liegt bei $\frac{r}{r_s} = 1{,}5$.

Das Gleiche gilt für Materie die aus einer elektromagnetischen Welle besteht.[3]

Der Poynting-Vektor der elektromagnetischen Welle wird das Schwarze Loch umkreisen.

[3] http://www.manuel.goessling.info/Gravitation%20Manuel%20Goessling%202020.pdf

Anhang A: Shapiro Verzögerung

Aus Sicht eines entfernten Beobachters wird die Lichtgeschwindigkeit nahe einer großen Masse geringer. Es wird unterschieden zwischen der tangentialen Geschwindigkeit (Kreisbahn um die Masse) und der radialen Geschwindigkeit (in Richtung der Masse).
Man stelle sich einen Gravitationstrichter vor. Ein kreisrunder Aufkleber auf der Trichteroberfläche symbolisiert die Geschwindigkeiten im Trichter. Schaut man von oben in den Gravitationstrichter erscheint der kreisrunde Aufkleber oval. Der Durchmesser zum Zentrum symbolisiert die Geschwindigkeit zum Zentrum (radiale Geschwindigkeit). Der größere Durchmesser symbolisiert die tangentiale Geschwindigkeit.

Tangentiale Geschwindigkeit:
Bei der tangentialen Bewegung bleibt die Raumkrümmung konstant, da sich der Abstand zur Masse nicht verändert. Je stärker die Raumkrümmung ist, umso langsamer vergeht die Zeit[4].

$$\Delta t_{tangential} = \Delta t_0 * \sqrt{1 - \frac{r_S}{r}}$$

Die beobachtete Lichtgeschwindigkeit nimmt im gleichen Verhältnis ab:

$$\frac{c_{tangential}}{c} = \frac{\Delta t_{tangential}}{\Delta t_0} = \sqrt{1 - \frac{r_S}{r}}$$

$$c_{tangential} = c\sqrt{1 - \frac{r_S}{r}}$$

Radiale Geschwindigkeit:
Bei der radialen Bewegung muss die Zeitveränderung und die Längenkontraktion[5] berücksichtigt werden.

Je stärker die Raumkrümmung, umso kleiner werden die Längen und umso langsamer vergeht die Zeit.

$$\lambda_{radial} = \lambda_0 * \sqrt{1 - \frac{r_S}{r}}$$

$$\Delta t_{radial} = \Delta t_0 * \sqrt{1 - \frac{r_S}{r}}$$

Die Lichtgeschwindigkeit nimmt im gleichen Verhältnis ab:

$$\frac{c_{radial}}{c} = \frac{\lambda_{radial}}{\lambda_0} * \frac{\Delta t_{radial}}{\Delta t_0} = 1 - \frac{r_S}{r}$$

$$c_{radial} = c * (1 - \frac{r_S}{r})$$

---

[4] https://de.wikipedia.org/wiki/Zeitdilatation#Zeitdilatation_durch_Gravitation
[5] https://de.wikipedia.org/wiki/Rotverschiebung#Gravitative_Rot-_und_Blauverschiebung